

Plan de acción para la transición hacia la acuicultura circular

<https://aza4ice.interreg-euro-med.eu>



Table of Contents

Resumen ejecutivo.....	3
1. Introducción.....	4
2. Contexto.....	5
3. Funciones y responsabilidades de los actores.....	7
5. Marco legal, regulatorio y de licencias actual.....	18
5.1 Lecciones aprendidas para los actores.....	18
5.2 Marco regulatorio en la región andaluza.....	20
5.3 Soluciones comunes propuestas en AZA4ICE.....	23
6. Estado actual de las empresas acuícolas (aportaciones de D2.2.1 – herramienta de autoevaluación BLUEfasma).....	24
7. Visión para la acuicultura circular en la Bahía de Cádiz.....	27
8. Potencial de los resultados del C-AZA.....	30
9. Acciones propuestas.....	31
9.1 Acciones e intervenciones.....	31
9.2 Actores responsables.....	37
9.3 Cronograma.....	37
9.4 Aspectos financieros y recursos de financiación.....	38
10. Seguimiento y Evaluación.....	40
10.1 Indicadores de progreso.....	40
10.2 Seguimiento y ajustes.....	42
11. Conclusión.....	42
Referencias.....	43



AZA4ICE

Interreg
Euro-MED



Co-funded by
the European Union

Resumen ejecutivo

Este Plan de Acción representa un marco estratégico para facilitar la transición hacia una acuicultura circular y eco-intensiva en Andalucía, posicionando a este sector como un actor clave para el desarrollo de la Estrategia Andaluza de Economía Azul (EA2) y de los objetivos regionales en materia de acuicultura sostenible. El Plan, basado en principios de bioeconomía circular, aborda un enfoque integral e inclusivo de la acuicultura considerando la sostenibilidad ambiental, la diversificación y competitividad económica, el impulso a la tecnología y el fomento de la cohesión social en zonas costeras y áreas protegidas.

El Plan de Acción analiza las necesidades, retos y oportunidades regionales vinculados a la acuicultura circular en Andalucía y especialmente en la Bahía de Cádiz. Además, analiza el marco normativo regional y revisa el estado actual en la adopción de prácticas circulares por parte del sector. Como resultado, se presenta una estrategia estructurada en torno a cinco pilares interconectados y orientados a apoyar la transición hacia modelos productivos circulares, resilientes y compatibles con los ecosistemas, mejorar la viabilidad económica y la competitividad de las empresas acuícolas, acelerar la innovación y la transferencia de conocimiento, establecer un marco adecuado de políticas públicas y financiación y reforzar la participación de los actores, la gobernanza y el desarrollo de mercados.

Mediante la integración aspectos normativos, avances tecnológicos, incentivos empresariales y de gobernanza participativa, este Plan de Acción trata de ir más allá de la mera sostenibilidad teórica para ofrecer vías de actuación concretas para el avance del sector hacia una acuicultura más competitiva. De esta forma, se intenta posicionar a Andalucía como referente en acuicultura circular, demostrando cómo las soluciones basadas en la naturaleza y los sistemas circulares pueden contribuir a la restauración de ecosistemas, generar nuevas fuentes de ingresos, mejorar la resiliencia y competitividad de las economías costeras y garantizar una seguridad alimentaria sostenible con una sólida aceptación social.



1. Introducción

El **Plan de Acción para la Acuicultura Circular** constituye una **hoja de ruta** específicamente diseñada para la región con el objetivo de impulsar y acelerar la transición del sector acuícola hacia prácticas de producción más inclusivas, resilientes y circulares. Desarrollado en el marco del proyecto AZA4ICE, este Plan de Acción tiene trata de identificar acciones concretas y dirigidas a facilitar esta transición, adaptadas al contexto socioeconómico, ambiental y regulatorio de la región andaluza.

Este Plan de Acción toma como referencia el **sitio piloto de la Bahía de Cádiz**, caracterizado principalmente por una acuicultura costera desarrollada en tierra. La información adquirida durante los eventos de co-creación LiRRIE con participación de los actores de la cuádruple hélice han permitido identificar necesidades y capacidades realistas para esta transición. Aunque este plan de acción está específicamente adaptado a la Bahía de Cádiz, la metodología y varias de las acciones propuestas también son aplicables a otros sistemas acuícolas del Mediterráneo y del Atlántico, incluidas las jaulas flotantes. La versatilidad de la metodología desarrollada para la evaluación del potencial de las Zonas Asignadas Circulares para la Acuicultura (C-AZA) garantiza su adaptabilidad a otros modelos productivos, permitiendo identificar acciones específicas siempre que se ajusten adecuadamente las condiciones particulares

El Plan aborda toda la cadena de valor de la acuicultura, incluyendo los sistemas de producción, la gestión de residuos y subproductos, la logística, la gobernanza, los modelos de negocio y la participación de los grupos de interés. De esta forma, se intenta promover la adopción de modelos de producción circular innovadores tal como la Acuicultura Multitrófica Integrada (IMTA), los sistemas de recirculación en acuicultura (RAS), la acuaponía marina, el biofloc (BFT) y sistemas híbridos que mejoran el aprovechamiento de nutrientes, la producción de biomasa y la competitividad empresarial.

Asimismo, el Plan de Acción considera los marcos legales, de ordenación espacial y de concesión de licencias necesarios para integrar de manera generalizada las prácticas de acuicultura circular dentro de los marcos regulatorios existentes. Su objetivo es facilitar el alineamiento de políticas, innovación, desarrollo de la actividad y la coordinación institucional para permitir el despliegue a largo plazo de modelos de producción circular.

Este Plan de Acción está alineado con las principales estrategias y marcos políticos de la UE, incluyendo el **Pacto Verde Europeo**, la **Estrategia de Economía Azul**, la **Estrategia “De la Granja a la Mesa”**, las **Directrices Estratégicas de la UE para una Acuicultura Inteligente y Sostenible (2021)**¹ y el **Marco Estratégico para una Bioeconomía**

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2021:236:FIN>



Competitiva y Sostenible de la UE (2025)². Aunque está adaptado a las necesidades regionales, su estructura y metodología garantizan un alto potencial de transferibilidad en toda la región euro-mediterránea.

2. Contexto

El sector acuícola andaluz cuenta con una larga tradición productiva y presenta dos tipos de zonas de producción claramente diferenciadas desde el punto de vista ambiental que determinan el modelo de cultivo: **zonas de producción en tierra en la región del Atlántico Sur (Figura 1)**, y **zonas de producción en mar en la costa mediterránea**. En la actualidad, los modelos de producción siguen siendo aún en gran medida lineales, con una alta dependencia de insumos externos, un uso limitado de subproductos y nutrientes disueltos, así como un incremento en las restricciones regulatorias y medioambientales.



Figura 1: Especies y modelos productivos de la región sur Atlántica de Andalucía. (Fotos: Manuel Manchado)

En número de establecimientos, la acuicultura en tierra es la más importante en Andalucía. Atendiendo a los últimos datos estadísticos disponibles, este sector incluye 91 establecimientos, lo que representa el 89%, de las autorizaciones para la acuicultura marina en esta región. Sin embargo, desde 2010 hasta 2024, el número de instalaciones autorizadas en zonas en tierra se ha reducido en un 41 %. Un aspecto singular es que la

² https://environment.ec.europa.eu/document/download/dbf8d2ba-9332-4f7a-b336-f356fa4b7236_en?filename=COM_2025_960_1_EN_ACT_part1_v10_0.pdf



mayor parte de este sector opera dentro de espacios medioambientalmente muy sensibles, caracterizado por humedales costeros protegidos, entornos estuarinos y fuertes interacciones con el turismo, la pesca y las actividades de conservación de la naturaleza.

Aunque el sector se enfrenta a importantes retos derivados de las importantes regulaciones ambientales, los efectos del cambio climático, el incremento de los costes de producción y la percepción social, la acuicultura circular y las políticas de economía azul abren una nueva ventana de oportunidad para impulsar la acuicultura en espacios clave de Cádiz y Huelva.

El proyecto AZA4ICE proporciona un marco estratégico para abordar estos retos mediante la aplicación de C-AZA. Las acciones piloto en Andalucía demuestran la viabilidad de posibles sistemas IMTA, RAS y de valorización de subproductos y nutrientes disueltos no aprovechados. Este Plan de Acción se desarrolla a través de los ecosistemas de innovación LiRRIES, garantizando la participación de múltiples actores con los siguientes objetivos:

- 1) Impulsar la acuicultura circular en las C-AZA.** Se diseñarán y escalarán los modelos de producción circular dentro de las áreas piloto C-AZA identificadas, optimizando la planificación espacial y la asignación de recursos para maximizar el rendimiento ambiental y económico.
- 2) Promover sistemas de producción innovadores.** Se identificarán los avances tecnológicos y de implementación en IMTA, RAS, acuaponía y sistemas híbridos, orientando la diversificación hacia organismos de bajo nivel trófico (macroalgas, halófitas, bivalvos) para reforzar los servicios ecosistémicos y las oportunidades de mercado. Un aspecto importante sería la simbiosis industrial y la colaboración empresa-a-empresa para consolidar los modelos productivos.
- 3) Mejorar la eficiencia de los recursos y la valorización de subproductos.** Se impulsarán prácticas circulares como la recuperación de lodos, la valorización de subproductos, el reciclaje de nutrientes, una alimentación más eficiente, la selección genética y el ecodiseño.
- 4) Reforzar la gobernanza y la integración regulatoria.** Se facilitará la alineación entre las prácticas de acuicultura circular y los marcos de licencias, ordenación espacial y normativas ambientales. De igual forma, se establecerán recomendaciones de política para apoyar la adaptación regulatoria a los modelos de producción circular.
- 5) Fomentar la inclusión social y la participación de los grupos de interés.** Se garantizará la participación multi-actor de la cuádruple hélice, promoviendo la transferencia de conocimiento y el fortalecimiento de capacidades dentro del sector.



3. Funciones y responsabilidades de los actores

Los principales roles y actores implicados en el Plan de Acción serían los siguientes:

- **Autoridades regionales:** Incluye la Dirección General de Pesca, Acuicultura y Economía Azul de la Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural (CAPDR) y las autoridades ambientales de la Junta de Andalucía, entre ellas la dirección de los Parques Naturales y la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente. Sus principales responsabilidades comprenden la integración de políticas, la concesión de licencias y permisos, la ordenación del territorio, la supervisión normativa y la protección ambiental.
- **Autoridades Nacionales.** Departamento con competencias en la gestión del uso del dominio público marítimo-terrestre del ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico.
- **IFAPA (Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica):** IFAPA proporcionará la coordinación técnica, el seguimiento y las actividades de capacitación. Asimismo, apoyará la transferencia tecnológica y los programas de formación destinados a facilitar la transición hacia prácticas de acuicultura circular.
- **Agencias administrativas de la Junta de Andalucía.** AGAPA y AMAYA asesorarán en la planificación espacial de zonas idóneas para acuicultura.
- **Sector acuícola:** Este grupo incluye a productores, asociaciones, proveedores de servicios y actores de la cadena de valor. Serán los principales agentes responsables de implementar la transición hacia prácticas circulares y de pilotar modelos innovadores de producción.
- **Universidades y centros de investigación:** Estas instituciones aportarán apoyo técnico e investigación aplicada, y desarrollarán soluciones innovadoras para mejorar el rendimiento de los sistemas acuícolas.
- **Sociedad civil:** Organizaciones de la sociedad civil y las comunidades locales contribuirán a fomentar la aceptación social y la corresponsabilidad en el desarrollo sostenible de la acuicultura.

4. Necesidades, retos y oportunidades regionales (aportaciones de LiRRIE)

Esta sección presenta las principales **necesidades, retos, barreras y oportunidades** identificados a través del proceso de participación de los actores de la cuádruple hélice a través de los LiRRIEs desarrollado en la región andaluza (**Figura 2**). Estas aportaciones sirven como elementos clave de orientación para el Plan de Acción, asegurando que responda a las necesidades locales y apoye soluciones que sean factibles y relevantes



para el sector en este territorio.



Figura 2. Retos, necesidades, barreras y oportunidades identificadas en el sitio piloto de la Bahía de Cádiz

En cuanto a los retos, se agruparon en cinco categorías: a) Medio ambiente; b) Viabilidad económica; c) Desarrollo tecnológico y de conocimiento; d) Marcos normativos; y e) participación y coordinación de los grupos de interés (**Figura 3**). Estos retos reflejan los principales problemas estructurales y contextuales que afectan al desarrollo de la acuicultura en el emplazamiento piloto de la Bahía de Cádiz, tal y como se describe a continuación.

a) Retos ambientales

Los retos ambientales engloban un amplio abanico de factores que influyen directamente en la sostenibilidad y el rendimiento de las actividades acuícolas en la Bahía de Cádiz incluyendo:

- **Gestión de los nutrientes.** Este es uno de los principales retos para los productores, ya que todas las instalaciones acuícolas deben cumplir con la normativa de calidad del agua que controla los niveles de partículas orgánicas e inorgánicas en los efluentes. Estos marcos regulatorios son especialmente estrictos, exigiendo un seguimiento continuo y el cumplimiento de elevados estándares de calidad ambiental, lo que incrementa la complejidad operativa de las actividades acuícolas y los costes. Actualmente, la mayoría de los modelos productivos siguen un enfoque lineal.
- **Riesgos asociados a contaminantes,** especialmente la presencia de metales pesados en el agua derivados de actividades antropogénicas y de otros sectores de la economía azul. Este problema es especialmente relevante en organismos con



capacidad de bioacumulación, como las algas y los moluscos, así como para los lodos de acuicultura. Cobra especial importancia cuando las estrategias circulares pretenden valorizar estos materiales como fertilizantes, piensos o alimentos.

- **Impactos del cambio climático**, incluyendo el aumento de la temperatura del agua de mar y la creciente frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos. Los cambios estacionales de temperatura son cada vez más frecuentes, alterando los ciclos reproductivos, mientras que las fluctuaciones térmicas rápidas incrementan la aparición de episodios de estrés térmico y mortalidades incontroladas. En conjunto, estos cambios representan un reto emergente que requiere estrategias de adaptación.
- **Fluctuaciones de salinidad**. La fuerte influencia mareal, característica de la Bahía de Cádiz, genera una elevada variabilidad en la salinidad y en la calidad del agua. Estas fluctuaciones se intensifican durante episodios de lluvias intensas, condicionando el rango de especies que pueden cultivarse y generando situaciones de estrés para los organismos cultivados, lo que incrementa el riesgo de pérdidas productivas.
- **Equilibrio entre el crecimiento de la acuicultura y la preservación de ecosistemas costeros sensibles**. Esta zona está incluida dentro de la Red Natura 2000 y alberga altos valores de biodiversidad. Por ello, existen numerosas restricciones para cualquier acción que perturbe a las aves o modifique las condiciones ambientales en favor de la acuicultura. Además, existe una clasificación específica de las áreas productivas según su grado de protección, lo que impone limitaciones al tipo de actividades y actuaciones permitidas.
- **Infrautilización de los esteros tradicionales**. Muchos esteros aún están poco explotados existiendo áreas disponibles para la acuicultura extensiva y semi-extensiva, y cuya puesta en funcionamiento evitaría la degradación de los ecosistemas y de este patrimonio cultural e histórico vinculado a las prácticas tradicionales de acuicultura.

b) Viabilidad económica

Los retos relacionados con la viabilidad económica son consecuencia de limitaciones estructurales y operativas que condicionan la sostenibilidad a largo plazo de las actividades acuícolas en la Bahía de Cádiz:

- **Acceso no controlado y robos**. Existen dificultades para prevenir el acceso no autorizado a las zonas de producción y los robos durante los ciclos productivos. El Parque Natural está rodeado de grandes núcleos urbanos y el acceso es sencillo, lo que requiere respuestas rápidas. Como consecuencia, se hacen necesarias importantes inversiones en seguridad.
- **Modelos productivos ineficientes**. Muchos sistemas tradicionales de acuicultura presentan un rendimiento económico limitado debido a una eficiencia subóptima en la alimentación, altos costes de insumos y deficiencias en la gestión del agua.



En la mayoría de los sistemas tradicionales no es fácil monitorizar o suministrar el alimento de forma eficiente. Además, el control de la supervivencia es complejo, lo que con frecuencia conduce a sobrealimentación. Asimismo, las fluctuaciones en la calidad del agua modifican las tasas de crecimiento y generan elevados costes de bombeo cuando no es posible aprovechar las mareas.

- **Pérdidas por depredación.** Se producen pérdidas significativas de producción debido a la depredación por aves, especialmente en sistemas extensivos y semi-extensivos, donde las medidas de control suelen ser limitadas o costosas. En el Parque Natural, aproximadamente el 30 % de la producción anual total de acuicultura extensiva (114,4 kg/ha) se pierde por ingestión por aves (Yufera & Arias 2010).
- **Costes de transición.** El paso hacia sistemas de producción eco-eficientes y la adopción de prácticas de acuicultura circular requieren importantes inversiones iniciales, lo que supone una elevada carga financiera para los operadores.
- **Barreras de financiación.** Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) y los productores a pequeña escala se enfrentan a importantes dificultades para acceder a financiación, instrumentos de inversión y esquemas de apoyo adaptados que les permitan modernizar sus operaciones.
- **Limitaciones en la ordenación espacial y competencia por el espacio.** Las actividades acuícolas deben co-existir con otros sectores de la economía azul, incluidos el turismo, el transporte marítimo, los usos deportivos y recreativos, así como con restricciones militares y de seguridad, lo que limita aún más el espacio disponible y aumenta la complejidad operativa.

c) Desarrollo tecnológico y de conocimiento

- **Insuficiente integración de sistemas de acuicultura circular.** A pesar del potencial demostrado de los enfoques de producción circular (ya reconocidos en los marcos regulatorios regionales) y de las condiciones existentes para su implementación en el territorio, la aplicación de sistemas IMTA, RAS, acuaponía marina, BFT o sistemas híbridos sigue siendo limitada a nivel local. Aunque una empresa ha avanzado hacia un sistema IMRAS, la mayoría de los modelos productivos continúan basándose en enfoques lineales con bajos niveles de recuperación de nutrientes, valorización y prácticas circulares.
- **Acceso limitado a tecnologías y herramientas avanzadas.** Muchos productores tienen dificultades para acceder y adoptar tecnologías modernas, como sensores en tiempo real para la calidad del agua, piensos acuícolas 3.0, sistemas automáticos de alimentación, programas de mejora genética, herramientas de apoyo a la toma de decisiones, plataformas de monitorización del rendimiento y gestión de biomasa. Además, la limitada integración de programas de mejora y selección genética restringe la optimización del



crecimiento, la resiliencia y la eficiencia alimentaria.

d) Marco normativos y regulaciones

Las limitaciones normativas siguen siendo una barrera significativa para el desarrollo de sistemas de acuicultura circular y eco-intensiva:

- **Falta de marcos regulatorios claros para promover sistemas de acuicultura circular y eco-intensiva.** Las regulaciones existentes están diseñadas principalmente para modelos convencionales de acuicultura y no reconocen ni facilitan suficientemente la implementación de enfoques circulares y eco-intensivos. En Andalucía, la legislación acuícola andaluza reconoce el IMTA como sistema productivo y actualmente se está modificando el decreto que regula actividad para incluir las prácticas circulares para diferenciar bien las prácticas intensivas lineales alejadas de los modelos eco-intensivos. La ausencia de definiciones claras y criterios de clasificación para las prácticas circulares genera incertidumbre regulatoria.
- **Incentivos insuficientes para adoptar prácticas sostenibles.** Existe una falta de incentivos específicos, indicadores de circularidad, esquemas de apoyo y flexibilidad regulatoria que animen a los productores a invertir en prácticas sostenibles y circulares.
- **Fragmentación de competencias y complejidad regulatoria.** Las actividades acuícolas están reguladas por múltiples organismos con competencias solapadas, lo que genera procesos de autorización complejos, prolongados en el tiempo y con elevados niveles de incertidumbre para los operadores.

e) Participación y coordinación de actores

- **Dificultad para alinear los intereses de los distintos actores.** Responsables políticos, investigadores, productores, representantes de la industria y comunidades locales suelen operar con prioridades diferentes en su avance hacia la circularidad y en los plazos de implementación. Las percepciones son muy distintas: los productores priorizan la estabilidad energética y la reducción de costes de alimentación, los responsables políticos enfatizan las emisiones, los vertidos de nutrientes y los riesgos asociados a las licencias, mientras que la ciudadanía valora la transparencia, el origen del producto y la responsabilidad ecológica. Estas prioridades diferenciadas deben mediar a través de una gobernanza inclusiva, procesos de co-creación y protocolos de intercambio de conocimiento (Aitken *et al.* 2025).
- **Concienciación y participación limitadas de las PYMES en prácticas innovadoras de acuicultura circular.** Las PYMES suelen tener un conocimiento limitado sobre las oportunidades, tecnologías y mecanismos de apoyo vinculados a la acuicultura circular, lo que restringe su implicación en prácticas innovadoras.



- **Falta de coordinación entre los actores.** La debilidad de los vínculos entre productores, administraciones públicas, instituciones de investigación y servicios de asesoramiento dificulta el intercambio de conocimiento, la co-creación y la transferencia efectiva de la innovación a la práctica.



Figura 3. Retos identificados en el emplazamiento piloto de la Bahía de Cádiz

En cuanto a las **necesidades**, la transición hacia la acuicultura circular requiere un conjunto de acciones tecnológicas, sociales y de políticas públicas que aborden conjuntamente los cuellos de botella estructurales existentes en los sistemas productivos, la gobernanza y las cadenas de valor. La **Figura 4** sintetiza las principales necesidades, que se detallan a continuación:

a) Refuerzo de la Innovación y transferencia de conocimiento en modelos productivos ecoeficientes y prácticas circulares

- **Adopción y transición hacia sistemas circulares IMTA, RAS, BFT, acuaponía y modelos híbridos.** A través de *emplazamientos piloto y estudios de caso*, los actuales modelos lineales deben facilitar la transición hacia soluciones IMTA, sistemas híbridos IMRAS, BFT y acuaponía. Las distintas combinaciones de especies alimentadas (peces, langostino) y organismos extractivos deben evaluarse cuidadosamente en cada modelo en términos de escalabilidad y adaptabilidad.
- **Desarrollo y refuerzo de la capacidad productiva de especies de bajo nivel trófico.** Debe darse prioridad al establecimiento de tecnologías de cultivo robustas y escalables, así como a instalaciones específicas y programas de cría



que incluyan selección genética para la producción y el suministro estable de especies acuícolas de bajo nivel trófico y alto valor, adaptadas a las condiciones ecológicas locales. La selección de especies debe priorizar aquellas destinadas al consumo humano directo con alta aceptación por parte del consumidor. Asimismo, es esencial fortalecer la capacidad de producción de biomasa como materia prima para aplicaciones posteriores de alto valor añadido en las industrias alimentaria, cosmacéutica, nutracéutica y de piensos acuícolas.

- **Ecoinnovación en modelos avanzados de acuicultura circular.** Se debe innovar en nuevos materiales, recursos y flujos de trabajo optimizados, en sinergia con prácticas de restauración de marismas y otras soluciones basadas en la naturaleza.
- **Desarrollo tecnológico para el procesado y valorización de subproductos.** Se debe diseñar y validar tecnologías avanzadas para el procesado local y el escalado de subproductos acuícolas (biomasa de algas o halófitas) y residuos (lodos, subproductos de pescado, conchas). Las tecnologías in situ para mecanizar la recogida y métodos rentables de conservación deben facilitar rutas de valorización coste-eficientes, incluyendo alimentos y piensos funcionales, biocombustibles y producción de energía, bioplásticos y biopolímeros, fertilizantes y bioestimulantes para la agricultura, así como la gestión integrada de lodos dentro de marcos de bioeconomía circular.
- **Innovación genética y microbiana.** La innovación basada en genética y microbiomas es esencial para reforzar la resiliencia, salud y productividad tanto de especies alimentadas como extractivas dentro de sistemas circulares. Esto requiere ampliar los programas de mejora genética y domesticación, la aplicación de genómica funcional y cuantitativa, y la gestión estratégica de consorcios microbianos. En paralelo, avanzar en el uso biotecnológico de bacterias promotoras del crecimiento y en estudios de interacción hospedador-microbioma es clave para mejorar la robustez, resistencia a enfermedades y eficiencia en el uso de recursos, permitiendo un rendimiento estable bajo condiciones eco-intensivas y ambientalmente variables.

b) Participación de actores y fortalecimiento de capacidades

- **Formación y capacitación para productores locales.** Se debe diseñar e impartir programas formativos adaptados que integren aspectos técnicos, económicos y ambientales de la acuicultura circular.
- **Co-desarrollo de soluciones mediante plataformas participativas.** Se debe implicar activamente a productores, administraciones públicas, centros de investigación y PYMES en el codesarrollo de soluciones prácticas y adaptadas al contexto local.
- **Refuerzo de la colaboración multi-actor en zonas acuícolas.** Se debe



AZA4ICE

Interreg
Euro-MED



Co-funded by
the European Union

aprovechar los marcos participativos existentes para facilitar el diálogo continuo y el co-diseño entre múltiples actores en las zonas acuícolas.

c) Apoyo político e incentivos

- **Alineación y adaptación de los marcos regulatorios.** Es necesario revisar y armonizar la normativa existente para eliminar barreras y crear condiciones favorables para la acuicultura circular, incluyendo la reutilización de subproductos, el reciclaje de nutrientes, los sistemas integrados y soluciones innovadoras en alimentación y energía.
- **Incentivos financieros y mecanismos de apoyo económico.** Un apoyo necesario es el desarrollo de instrumentos financieros específicos como subvenciones, ayudas, incentivos fiscales y acceso a financiación verde para apoyar a pequeños y medianos productores en la transición hacia sistemas eco-intensivos y circulares.
- **Definición y operativización de las Zonas de Actividad Acuícola (AZA).** Se debe apoyar la definición e implementación de las AZA como herramientas espaciales y de gobernanza para identificar necesidades regionales, optimizar el uso de recursos y coordinar actividades de acuicultura circular.

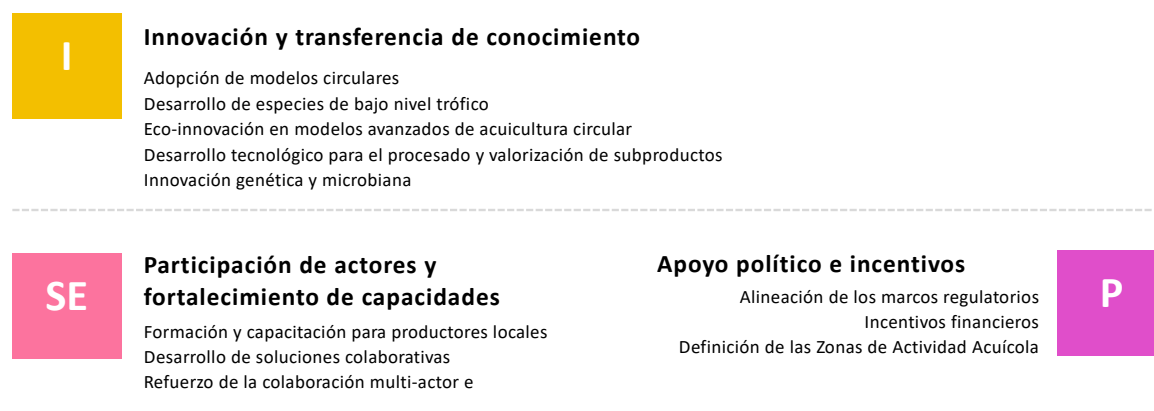


Figura 4. Necesidades identificadas en el emplazamiento piloto de la Bahía de Cádiz

En cuanto a las **barreras**, se identifican tres grandes categorías que dificultan actualmente la transición hacia sistemas de acuicultura circular: restricciones económicas, carencias en infraestructuras y regulación, y limitaciones en la transferencia de conocimiento y aceptación cultural. La **Figura 5** sintetiza los principales obstáculos:

a) Restricciones económicas

- **Acceso limitado a financiación específica.** Las PYMES suelen tener dificultades para acceder a financiación pública o privada para transformar instalaciones existentes hacia sistemas circulares y eco-intensivos. Los esquemas de inversión



no suelen adaptarse a las necesidades y perfiles de riesgo de sistemas integrados como IMTA, RAS o acuaponía.

- **Percepción de altos costes y riesgos.** Los modelos circulares se perciben como intensivos en capital y tecnológicamente complejos, generando dudas sobre el retorno de la inversión, la fiabilidad operativa y la incertidumbre del mercado.
- **Escasa visibilidad de modelos de negocio validados.** A pesar de la existencia de proyectos piloto exitosos, faltan casos de negocio ampliamente difundidos y bien documentados que demuestren la viabilidad económica de la acuicultura circular.

b) Carencias en infraestructuras y regulación

- **Infraestructuras obsoletas no adaptadas a la integración multitrófica.** Muchas instalaciones fueron diseñadas para monocultivo y carecen del diseño espacial, capacidad de gestión del agua y modularidad necesarios para integrar especies extractivas, biofiltros o soluciones basadas en la naturaleza.
- **Incertidumbre regulatoria y ausencia de directrices específicas.** La falta de marcos regulatorios claros, indicadores de circularidad y guías técnicas para sistemas eco-intensivos limita la confianza de productores y administraciones.
- **Integración limitada de la circularidad en la planificación espacial.** Los instrumentos actuales de ordenación costera no incorporan suficientemente principios de circularidad, restringiendo oportunidades de co-localización, uso compartido de recursos y sinergias con restauración de marismas o valorización de aguas residuales.

c) Conocimiento y resistencia cultural

- **Resistencia ligada a prácticas tradicionales.** Las prácticas acuícolas tradicionales están profundamente arraigadas en la identidad local, generando escepticismo hacia modelos innovadores.
- **Escasa concienciación sobre los beneficios de la acuicultura circular.** Sin acciones específicas de educación y demostración, muchos actores desconocen los beneficios ambientales, económicos y sociales.
- **Falta de mecanismos eficaces de transferencia de conocimiento.** Canales de comunicación ineficientes y formación insuficiente dificultan la aplicación práctica de los resultados de investigación. Es esencial reforzar mecanismos de intercambio de conocimiento como formación práctica, demostradores, living labs y redes colaborativas.

**AZA4ICE****Interreg
Euro-MED****Co-funded by
the European Union**

Figura 5. Barreras identificadas en el emplazamiento piloto de la Bahía de Cádiz

A pesar de las limitaciones y necesidades, la acuicultura circular presenta diversas **oportunidades** muy relevantes (**Figura 6**) que pueden redefinir la sostenibilidad y la productividad del sector.

a) Ventajas naturales de la Bahía de Cádiz

- **Humedales únicos para IMTA-IMRAS en tierra, acuaponía y prácticas circulares.** La Bahía de Cádiz alberga extensos humedales intermareales y zonas acuícolas seminaturales que ofrecen condiciones excepcionales para la implantación de sistemas IMTA-IMRAS en tierra, acuaponía y otras prácticas circulares. Estos ecosistemas favorecen de forma natural la integración de diversas especies, peces, algas, halófitas, poliquetos y moluscos, facilitando múltiples enfoques de producción de biomasa bajo una lógica de “commodity” orientada a productos de alto valor añadido y a modelos productivos basados en el funcionamiento ecosistémico.
- **Alta biodiversidad y disponibilidad de especies de bajo nivel trófico.** El área se caracteriza por una elevada biodiversidad y la presencia de numerosas especies autóctonas de bajo nivel trófico con potencial acuícola. Estos recursos biológicos pueden aprovecharse de forma sostenible para alimentación humana, piensos, biofiltración y desarrollo de bioproductos, reforzando la viabilidad ecológica y económica de los modelos de acuicultura circular.

b) Colaboración regional y transnacional

- **Posicionamiento de Cádiz como polo de innovación acuícola.** La Bahía de Cádiz tiene potencial para convertirse en un polo de referencia regional y transnacional en innovación para la acuicultura circular, aportando metodologías validadas, guías técnicas y soluciones escalables adaptables a otras regiones costeras e interiores.
- **Establecimiento de redes de investigación y conocimiento.** Las alianzas con universidades locales, centros de investigación e instituciones internacionales



AZA4ICE

Interreg
Euro-MED



Co-funded by
the European Union

permiten ensayar, optimizar y validar sistemas de acuicultura circular en condiciones operativas reales. Estas colaboraciones fortalecen la transferencia tecnológica, aceleran la adopción de innovaciones y mejoran la capacitación regional.

c) Potencial de mercado para una acuicultura sostenible

- **Creciente aceptación de mercado y demanda del consumidor.** Existe una demanda creciente de productos del mar producidos de forma sostenible y de productos nicho como la biomasa de algas y halófitas.
- **Nuevos mercados para productos de alto valor añadido.** La acuicultura circular permite la valorización de subproductos y corrientes de residuos, impulsando el desarrollo de productos de alto valor como piensos funcionales, nutracéuticos, compuestos bioactivos y materiales de base biológica.
- **Sinergias con otros sectores de la economía azul.** Puede integrarse eficazmente con el turismo costero, la educación ambiental y la biotecnología azul. Actividades como rutas de acuicultura, emplazamientos demostrativos, programas educativos y experiencias locales de degustación de productos marinos aumentan la participación pública, mientras que la biomasa y los metabolitos derivados de los sistemas acuícolas ofrecen nuevos recursos para aplicaciones biotecnológicas y farmacéuticas.

d) Alineación política y oportunidades de financiación

- **Fuerte alineación con marcos políticos de la UE y regionales.** La acuicultura circular contribuye directamente a estrategias europeas y regionales clave, como el Pacto Verde Europeo, la Estrategia de Economía Azul y las políticas de bioeconomía y adaptación climática.
- **Acceso a instrumentos de financiación europeos y nacionales.** La innovación en acuicultura circular es elegible para múltiples oportunidades de financiación a nivel europeo y nacional (p. ej., Horizon Europe, FEMPA/EMFAF, Interreg y programas regionales de innovación), facilitando proyectos piloto, mejoras de infraestructuras y el escalado de soluciones validadas.

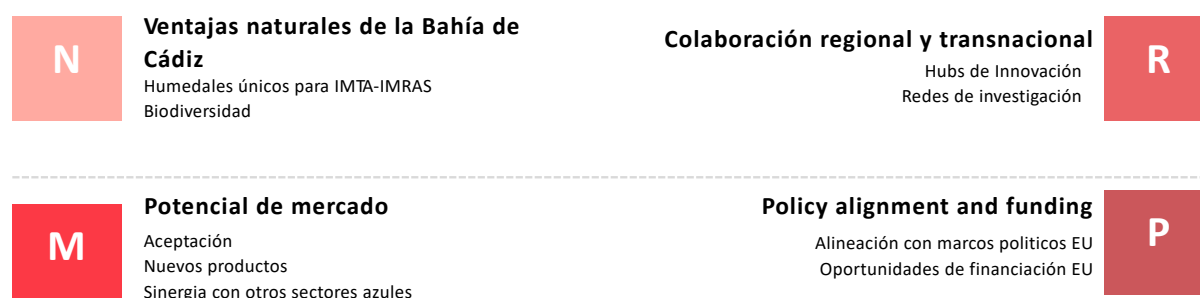


Figura 6. Oportunidades identificadas en el emplazamiento piloto de la Bahía de Cádiz



5. Marco legal, regulatorio y de licencias actual

5.1 Lecciones aprendidas para los actores

Dentro del marco del proyecto AZA4ICE, se llevó a cabo un análisis transversal de los marcos regulatorios de los ocho países participantes, estableciendo las siguientes propuestas para mejorar la gobernanza de la acuicultura circular:

1) Armonización de los marcos regulatorios.

La diversidad de marcos legales e institucionales entre países y regiones actúa como una barrera para una concesión eficiente de licencias y el cumplimiento normativo. Resulta fundamental una mejor alineación de las normativas nacionales con las directivas europeas. Asimismo, se requieren esfuerzos colaborativos para desarrollar estándares y directrices comunes que mejoren la cooperación transfronteriza y el entorno regulatorio en su conjunto.

Los principales planes estratégicos europeos relacionados con la acuicultura circular están directamente alineados con el Pacto Verde Europeo, la Estrategia “De la Granja a la Mesa” y la Estrategia de Economía Azul. La Comunicación de la Comisión Europea **COM/2021/240³** establece la **Estrategia de Economía Azul**, una iniciativa política clave destinada a fomentar el uso sostenible de los recursos marinos y acuáticos en consonancia con el Pacto Verde Europeo y los objetivos generales de la UE para lograr una economía climáticamente neutra en 2050. En el contexto de la *acuicultura circular*, esta estrategia subraya la importancia de apoyar la transición hacia modelos de economía circular en los sectores de la economía azul, con el objetivo de reducir residuos y optimizar el uso de recursos. **Una prioridad clave es prevenir la pérdida de nutrientes al mar e implementar métodos innovadores de reciclaje de residuos marinos, al tiempo que se promueven prácticas acuícolas sostenibles como la IMTA.**

Esta Estrategia de Economía Azul se complementa con la Comunicación **COM/2021/236⁴**, que recoge las **Directrices Estratégicas para una Acuicultura de la UE más Sostenible y Competitiva para el período 2021–2030**. Este plan estratégico aborda los distintos retos y oportunidades del sector acuícola europeo y establece cuatro objetivos principales: (1) reforzar la resiliencia y la competitividad; (2) participar en la transición verde; (3) garantizar la aceptación social y la información al consumidor; y (4) aumentar el conocimiento y la innovación. Esta estrategia promueve la diversificación y el valor añadido de las producciones para mejorar la resiliencia y competitividad del sector, centrándose no solo en el cultivo de especies emergentes —especialmente especies no

³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0240>

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021DC0236>



alimentadas y de bajo nivel trófico con menor huella ambiental—, sino también en métodos innovadores de producción como el policultivo en acuicultura en estanques y la IMTA. Además, el impulso a la acuicultura sostenible de la **UE como modelo de producción local vinculada a cadenas cortas de suministro de alimento** desempeña un papel clave en la diversificación y valorización de la producción acuícola europea.

Asimismo, los modelos circulares desempeñan un papel clave para guiar la transición verde. Algunas acciones prioritarias son:

- Aplicar un **enfoque de economía circular**, incluida la reutilización y valorización de corrientes de residuos para mejorar la eficiencia de los recursos.
- Promover el **desarrollo de sistemas acuícolas ambientalmente respetuosos**, tales como IMTA, IMRAS y la diversificación hacia especies de bajos niveles tróficos, incluidos moluscos, otros invertebrados, algas y peces herbívoros.
- Poner en valor y apoyar **prácticas acuícolas que proporcionen servicios ecosistémicos**, como las desarrolladas en estanques, humedales y sistemas de aguas salobres.

Estas Directrices Estratégicas también identifican el acceso al espacio y al agua como factores clave para reforzar la resiliencia y competitividad del sector acuícola, especialmente mediante una planificación coordinada basada en la designación de áreas.

2) Importancia de una gobernanza descentralizada y ágil. Los modelos de gobernanza descentralizados, como los observados en Grecia, España y Francia, ofrecen oportunidades para soluciones adaptadas al contexto local, pero a menudo generan fragmentación e ineficiencias. Por el contrario, los sistemas centralizados, como los de Croacia y Montenegro, aportan coherencia, pero carecen de flexibilidad para abordar necesidades específicas de cada región. Un enfoque equilibrado que combine las fortalezas de ambos modelos puede ayudar a diseñar estructuras de gobernanza eficientes, adaptables y propicias para la innovación. Las plataformas digitales han demostrado el potencial de la tecnología para reducir retrasos burocráticos y aumentar la transparencia en los procesos de concesión de licencias acuícolas.

3) Superar las barreras a la innovación. Los desafíos legales y administrativos siguen siendo un obstáculo importante para la adopción de sistemas innovadores de acuicultura circular. Las normativas ambientales obsoletas y los complejos requisitos de licencias a menudo dificultan la implementación de técnicas respetuosas con el medio ambiente. Los actores deben promover actualizaciones regulatorias que aborden explícitamente estos sistemas, proporcionando claridad e incentivos para su implantación.



4) Integrar principios de sostenibilidad y economía circular. Es necesario enfatizar políticas que promuevan la eficiencia en el uso de recursos, eviten la pérdida de nutrientes y fomenten el uso de insumos renovables en las operaciones acuícolas. El **apoyo a proyectos piloto y a buenas prácticas** constituye un motor clave para escalar sistemas de acuicultura sostenible.

5) Abordar las barreras financieras y de mercado. Las limitaciones financieras y la competencia en el mercado suponen retos significativos, especialmente para los operadores a pequeña escala. Los elevados costes de cumplimiento normativo y el acceso limitado a financiación restringen con frecuencia las oportunidades de crecimiento e innovación. Los actores deben trabajar para identificar y promover mecanismos de financiación, incluidas subvenciones y programas de cofinanciación de la UE, que apoyen prácticas acuícolas sostenibles.

6) Reforzar la colaboración entre los grupos de interés. La complejidad de la gobernanza acuícola pone de manifiesto la necesidad de una colaboración sólida entre los distintos actores. Una comunicación y coordinación eficaces entre autoridades reguladoras, operadores del sector e instituciones de investigación son esenciales para superar conflictos institucionales y alinear objetivos. Iniciativas como talleres participativos y modelos de gobernanza colaborativa pueden facilitar el intercambio de conocimiento y generar confianza entre grupos diversos. Asimismo, la integración de procesos de consulta pública puede ayudar a alinear los proyectos acuícolas con las necesidades y valores de la comunidad.

5.2 Marco regulatorio en la región andaluza

Tal como se ha indicado anteriormente, el marco regulatorio que rige la acuicultura marina es complejo, ya que se trata de una actividad agroalimentaria que desarrolla mayoritariamente su actividad en zonas incluidas dentro del Dominio Público Marítimo-Terrestre. Existen numerosas normativas que regulan el establecimiento, autorización, ubicación y gestión de concesiones sobre dominio público, así como el cumplimiento de estándares ambientales, sanitarios y de comercialización. Además, existen regulaciones específicas para garantizar el bienestar y la sanidad animal durante el transporte y movimiento de organismos, la introducción de especies no autóctonas con fines acuícolas y la recolección de moluscos. Estas normativas desempeñan un papel clave en la orientación de los procesos de autorización y regulación de las explotaciones acuícolas. Asimismo, la puesta en marcha de iniciativas acuícolas puede requerir requisitos adicionales, como la obtención de permisos o licencias complementarias y la adecuación a los instrumentos de ordenación territorial.

Según su ámbito de aplicación, la normativa puede clasificarse en seis grandes grupos, aunque no son excluyentes entre sí: 1) Autorizaciones de actividad; 2) Ubicación de la



actividad; 3) Protección ambiental; 4) Sanidad animal; 5) Comercialización; 6) Requisitos higiénico-sanitarios. Aunque una revisión exhaustiva de toda esta normativa queda fuera del alcance de este documento, se hará especial hincapié en los aspectos más relevantes relacionados con la acuicultura circular.

En primer lugar, cabe destacar la **Contribución de España a las Directrices Estratégicas para una Acuicultura de la UE más Sostenible y Competitiva 2021-2030**⁵. Esta estrategia actúa como hoja de ruta para fomentar la sostenibilidad, la innovación y el crecimiento económico del sector acuícola, abordando al mismo tiempo los principales retos ambientales y sociales. La estrategia subraya la importancia de la colaboración entre administraciones regionales y nacionales, los agentes del sector y la comunidad científica. En este marco, se destaca especialmente la relevancia de: a) Economía circular e innovación, incorporando la reutilización de residuos, la optimización de recursos y sistemas como IMTA y IM-RAS para reducir los impactos ambientales; b) Diversificación, ampliando el abanico de especies cultivadas, incluidas las de bajo nivel trófico; c) Servicios ecosistémicos, promoviendo prácticas acuícolas que aporten beneficios ecológicos, como el reciclaje de nutrientes y la conservación de hábitats; d) Transferencia tecnológica y de conocimiento, fomentando la colaboración entre industria, academia y responsables políticos para garantizar la aplicación efectiva de soluciones innovadoras.

La **Nueva Estrategia de Acuicultura Marina en Andalucía 2021-2030**⁶ constituye un marco integral orientado a impulsar una acuicultura sostenible, competitiva e innovadora en la región andaluza. Su objetivo principal es integrar las dimensiones ambiental, económica y social para asegurar el crecimiento y la resiliencia a largo plazo del sector. Esta estrategia está plenamente alineada con la estrategia nacional en materia de sostenibilidad ambiental, competitividad e innovación, economía circular y crecimiento azul. Fomenta prácticas acuícolas con un impacto mínimo sobre los ecosistemas marinos, promueve el uso eficiente de los recursos naturales y la adopción de principios de economía circular, incluidos la IMTA y el cultivo de especies de bajo nivel trófico. Asimismo, impulsa los esfuerzos en I+D para cubrir campos innovadores clave en genética, nutrición, sanidad y tecnología, con el fin de desarrollar sistemas eco-intensivos como RAS e IMTA orientados a la integración ambiental, la gestión eficiente y el desarrollo de soluciones específicas. Hay que indicar que, en la revisión intermedia, la transición hacia modelos circulares será un objetivo transversal para impulsar el sector de la acuicultura.

Entre las normativas más relevantes, cabe destacar el **Decreto 58/2017**, de 18 de abril, por el que se regula la acuicultura marina en Andalucía. Este decreto incluye definiciones

⁵ <https://www.mapa.gob.es/es/pesca/temas/acuicultura/plan-estrategico/estrategia-2021-2030/default.aspx>

⁶ https://www.juntadeandalucia.es/sites/default/files/inline-files/2023/03/Estrategia_Acuicultura_2021_2030_0.pdf



específicas en su Anexo III relativas a las relaciones tróficas y los tipos de sistemas acuícolas. En él se definen los sistemas de monocultivo, policultivo y **cultivo multitrófico o IMTA**, todos ellos sujetos al mismo procedimiento de autorización.

Los procedimientos de autorización en Andalucía están claramente definidos, aunque resultan complejos, y se rigen por los siguientes principios:

1. Todas las instalaciones deben operar de acuerdo con el proyecto aprobado, las especies autorizadas y las condiciones establecidas en la resolución de autorización (artículo 51, Ley 1/2002).
2. Todas las instalaciones deben respetar el Dominio Público Marítimo-Terrestre (artículo 51, Ley 1/2002).
3. Los proyectos acuícolas deben ajustarse a los criterios técnicos establecidos por la Consejería competente en agricultura y pesca.
4. Implantar medidas correctoras para minimizar el impacto ambiental y preservar el patrimonio histórico.
5. Garantizar que los vertidos de agua cumplen con los estándares de calidad establecidos (artículo 51, Ley 1/2002).

El procedimiento está bien definido y se estructura en tres fases principales:

- a) **Inicio**, en la que se presenta la documentación necesaria para comenzar el trámite;
- b) **Tramitación**, en la que las autoridades nacionales y regionales competentes revisan la solicitud y realizan las evaluaciones oportunas;
- c) **Finalización**, con la aprobación o denegación definitiva del proyecto, incluyendo, en su caso, los permisos adicionales o requisitos específicos.

Con carácter general, se establece un plazo máximo de seis meses desde el registro de la solicitud hasta la emisión de la resolución. Si transcurre dicho plazo sin resolución expresa, la solicitud puede entenderse desestimada. En el caso de autorizaciones para cultivos marinos en terrenos de titularidad privada, este plazo se reduce a tres meses.

Asimismo, es obligatorio que los solicitantes soliciten la inscripción en el Registro General de Explotaciones Ganaderas (REGA), en cumplimiento del artículo 4 del Real Decreto 1614/2008, de 3 de octubre, relativo a los requisitos zoonosanitarios de los animales y productos de la acuicultura, así como a la prevención y control de determinadas enfermedades de los animales acuáticos. Esta solicitud debe realizarse en la Delegación Territorial de la provincia donde se vaya a desarrollar el proyecto. El solicitante debe indicarlo en el formulario normalizado de solicitud conjunta (Anexo I del Decreto 58/2017, de 18 de abril).



5.3 Soluciones comunes propuestas en AZA4ICE

Las lecciones descritas anteriormente ofrecen una hoja de ruta para que los actores aborden los retos y oportunidades del sector acuícola. Las principales soluciones propuestas son:

a) Enfoque unificado de licencias. Adoptar un enfoque común en los procedimientos de autorización entre los países participantes para reducir retrasos y aumentar la transparencia. Se recomienda el uso de herramientas digitales que permitan centralizar solicitudes, agilizar aprobaciones entre distintas administraciones y proporcionar información en tiempo real a los solicitantes. La armonización de criterios, incluyendo definiciones claras e indicadores para sistemas innovadores IMTA y RAS, puede simplificar el proceso y fomentar la cooperación.

b) Alineación normativa con directivas europeas. Alinear las regulaciones nacionales y regionales con las directivas de la UE en economía azul, acuicultura sostenible y bioeconomía. La estandarización de aspectos clave como las evaluaciones de impacto ambiental y la monitorización operativa ayudará a reducir conflictos jurisdiccionales y facilitar inversiones regionales y transregionales.

c) Inversión en investigación y capacitación. Impulsar programas de investigación y fortalecimiento de capacidades para que reguladores y operadores se mantengan actualizados sobre tecnologías innovadoras y buenas prácticas. La creación de hubs regionales de investigación y plataformas de intercambio de conocimiento permitirá abordar retos técnicos y adoptar sistemas avanzados con mayor eficacia.

d) Mecanismos de apoyo financiero. Diseñar instrumentos financieros, como subvenciones e incentivos fiscales, para fomentar prácticas acuícolas sostenibles. Los países participantes pueden aprovechar programas de financiación de la UE para apoyar a pequeños operadores y proyectos que demuestren métodos innovadores y respetuosos con el medio ambiente.

e) Alianzas público-privadas. Fomentar asociaciones entre instituciones públicas y operadores privados para impulsar la innovación y reducir cuellos de botella administrativos. Estos marcos colaborativos también pueden mejorar la transparencia y garantizar la coherencia de los proyectos con los objetivos nacionales y las necesidades locales.

f) Integración de la economía circular. Adoptar políticas que prioricen la integración de principios de economía circular en las operaciones acuícolas, promoviendo el uso de insumos renovables, el reciclaje de residuos y el desarrollo de sistemas de circuito cerrado.

g) Participación activa de los actores implicados. Impulsar procesos de consulta



estructurados y modelos de toma de decisiones participativos que integren a comunidades locales, actores del sector y organizaciones ambientales para generar confianza y reducir resistencias.

6. Estado actual de las empresas acuícolas (aportaciones de D2.2.1 – herramienta de autoevaluación BLUEfasma)

En el proyecto AZA4ICE, se analizó la preparación y predisposición de los actores del sector acuícola hacia la Economía Circular (EC) mediante la herramienta de autoevaluación BLUEfasma. En este análisis se evaluaron distintas empresas, incluyendo productores, comercializadores, proveedores de servicios, suministradores y organizaciones sectoriales (**Figura 7**). En términos generales, los niveles de preparación entre los beneficiarios se mantienen en valores **moderados**, situándose la mayoría **en la fase de “eco-thinking / economía verde” (índices entre 1,6 y 2,4)**. Solo dos empresas destacaron como adoptantes avanzados (nivel de preparación >2,5, Medalla de Plata), demostrando avances tangibles hacia una integración circular sistémica. Por el contrario, **la mayoría permanece en fases tempranas de adopción de la circularidad**, con progresos reflejados principalmente en el aumento de la concienciación y en iniciativas piloto, más que en una implementación a gran escala.

En comparación, la disposición a invertir en prácticas de EC es considerablemente mayor en todos los beneficiarios, con valores que oscilan entre 3,0 y 4,9. Esto indica una **fuerte motivación y apertura para adoptar estrategias circulares**, a pesar de las limitaciones actuales en términos de preparación. Todos los participantes expresan ambiciones de mejora mediante inversiones específicas. La evaluación pone de manifiesto una clara **brecha entre la preparación actual y la ambición futura**. La mayoría de las organizaciones aún no ha consolidado prácticas circulares, pero manifiestan un firme compromiso de evolución.

Las áreas prioritarias de actuación incluyen la integración de **energías renovables, el envasado sostenible, la valorización de residuos, la circularidad de las cadenas de suministro locales y la colaboración intersectorial**. Con el apoyo adecuado, varias empresas clasificadas con Medalla de Bronce podrían avanzar rápidamente hacia el nivel Plata y superiores.



AZA4ICE

Interreg
Euro-MED



Co-funded by
the European Union

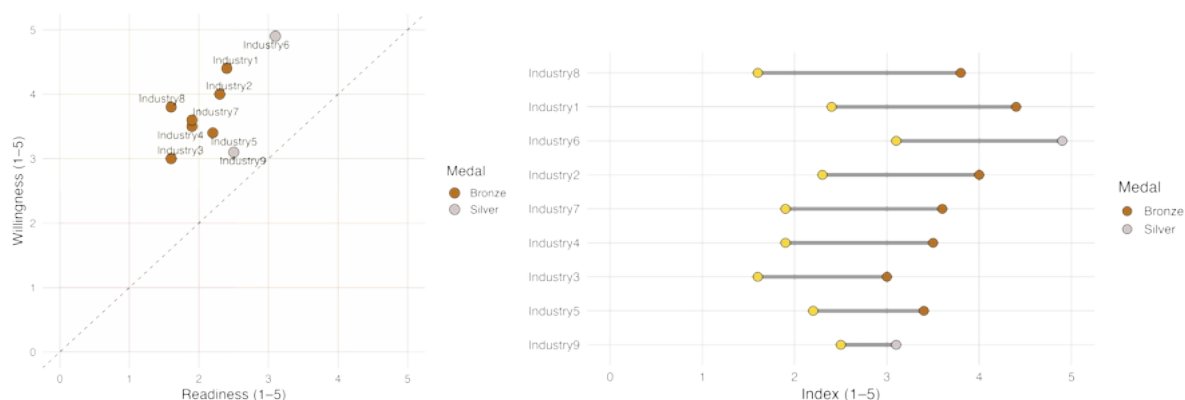


Figura 7. Preparación frente a disposición a invertir en economía circular entre empresas vinculadas a la acuicultura. Cada punto representa una empresa, posicionada según su índice de preparación (eje x) y su nivel de disposición a invertir (eje y). Las zonas de color de fondo reflejan los distintos niveles de adopción y compromiso: rojo (muy bajo), naranja (bajo), amarillo (eco-thinking) y verde (avanzado/líder). La línea diagonal indica el alineamiento entre preparación y disposición a invertir. Las empresas situadas por encima de la línea muestran una mayor disposición que nivel de preparación, lo que sugiere un fuerte potencial para acelerar la transición hacia la circularidad.

El análisis de 65 PYMES en el área Euro-MED revela una brecha significativa entre la intención y la acción en relación con la economía circular.

a) Índice General de Preparación en Economía Circular (CERI)

- El CERI medio de 1,9 sitúa claramente al sector en la fase de “Eco-Thinking / Economía Verde”, lo que indica que, aunque las empresas han superado el modelo puramente lineal de “extraer–producir–desechar”, **su enfoque principal sigue centrado en la ecoeficiencia básica** (por ejemplo, gestión de recursos) más que en una integración estratégica profunda de la Economía Circular.
- La puntuación de preparación es uniforme en los ocho territorios participantes, lo que subraya que el sector acuícola, por su propia naturaleza, sigue siendo un ámbito predominantemente tradicional que ha **adoptado lentamente los cambios tecnológicos y operativos disruptivos necesarios** para la Economía Circular.
- El 43,1 % de las PYMES encuestadas ignora por completo la sostenibilidad y la Economía Circular en su planificación empresarial formal, lo que confirma que, para una gran parte del sector, **la circularidad no constituye una prioridad estratégica**.

b) Disposición General a Invertir en Economía Circular (WICE)

- La puntuación media WICE de 3,5 resulta muy prometedora, ya que indica que los agentes del sector están **financieramente receptivos y dispuestos a asignar capital para impulsar cambios sistémicos**. Esta puntuación sugiere que la inercia financiera, a menudo asociada a las transiciones hacia la sostenibilidad, no es el principal obstáculo.



- Las principales motivaciones para adoptar la Economía Circular son la gestión práctica de los recursos (50,8 %) y los valores éticos/ambientales (36,9 %). Esto sugiere que los mensajes y las políticas deberían centrarse tanto en los beneficios operativos inmediatos (por ejemplo, el ahorro de costes derivado de una mayor eficiencia de recursos) como en los compromisos ambientales.

c) Principales áreas de prácticas lineales

- Fallo en la valorización de residuos. Existe una brecha importante en el tratamiento de los subproductos como recursos. Un 84,0 % de las empresas o bien desecha directamente los residuos de pescado y marisco (56,0 %) o los envía a tratamiento orgánico externo. Además, casi el 60 % de las empresas no recupera en absoluto los residuos de sus productos.
- Envasado y almacenamiento. La dependencia de envases de un solo uso sigue siendo elevada (50 %) y casi la mitad de las empresas (46,2 %) considera inviable la recuperación de productos para su reutilización, lo que evidencia la ausencia de estrategias formales y sistematizadas de recuperación.
- Ineficiencia de la flota. El 88 % de las embarcaciones utiliza combustibles tradicionales de alto consumo, lo que pone de manifiesto una necesidad importante de inversión e incentivos para modernizar las flotas.
- Brecha en la comercialización. De las pocas empresas que sí recuperan residuos y generan subproductos, más del 90 % no los comercializa o lo hace únicamente a nivel local y a pequeña escala, lo que demuestra una oportunidad perdida significativa para desarrollar modelos de negocio circulares rentables a escala no local.

Lecciones aprendidas

El estudio aporta enseñanzas clave para responsables políticos y para el sector, con el fin de cerrar la brecha entre la alta disposición y la baja preparación:

1. **Una alta disposición a invertir (3,5) no se traduce automáticamente en un alto nivel de preparación (1,9).** La transición hacia la circularidad requiere algo más que capital: necesita **conocimiento estratégico, capacidad técnica e infraestructuras sistémicas.**
2. **Un cuello de botella fundamental es el tratamiento de la biomasa y residuos de procesado y envasado** considerado como problemas de eliminación en lugar de oportunidades como recurso. Las intervenciones deben centrarse en **tecnologías que faciliten el escalado** (por ejemplo, transformar escamas de pescado en colágeno) **y en el desarrollo de vínculos de mercado para los subproductos.**
3. Dado que el 43,1 % de las PYMES carece de un plan formal de Economía Circular, las políticas deberían **pasar de la mera sensibilización a incentivar y cofinanciar la integración de la circularidad en las estrategias empresariales centrales.** Esto



incluye el apoyo a una integración profunda y a la innovación (actualmente solo el 27,7 %).

4. La elevada puntuación WICE debe ser aprovechada por los responsables políticos para crear **mecanismos financieros específicos** (por ejemplo, préstamos especializados, subvenciones) destinados expresamente a abandonar las prácticas lineales.
5. La baja comercialización de subproductos recuperados (más del 90 % de los productores vende solo a nivel local o no vende) indica una necesidad crítica de apoyo al desarrollo empresarial. Esto incluye **formación en acceso a mercados no locales, colaboración en cadenas de suministro y creación de instalaciones compartidas de valorización** capaces de procesar de forma eficiente los volúmenes de residuos de múltiples PYMES.

7. Visión para la acuicultura circular en la Bahía de Cádiz

La Bahía de Cádiz es un territorio excelente para convertirse en un referente global en acuicultura circular, apoyándose en sus inmejorables recursos naturales, su larga tradición en acuicultura extensiva en esteros, su elevada biodiversidad y su rico patrimonio cultural para promover prácticas sostenibles y ecoeficientes. Esta visión adopta un enfoque integrado que combina producción, innovación, alianzas y participación activa de la comunidad para afrontar los retos y desbloquear el potencial de la región dentro de la economía azul.

Nuestra visión es: ***“Transformar la Bahía de Cádiz en un polo de acuicultura innovadora, circular y eco-intensiva, armonizando la sostenibilidad ecológica con el crecimiento económico”***. Al abordar los desafíos ambientales, económicos y sociales, este plan de acción pretende impulsar una transición progresiva de la acuicultura en la Bahía de Cádiz hacia un modelo de resiliencia, eficiencia y circularidad, manteniendo altos estándares de aceptación social y preservación del patrimonio cultural.

Los pilares fundamentales de esta visión son:

1. Promover la transición y adopción de sistemas eco-intensivos y sostenibles y escalado en la producción de biomasa de bajo nivel trófico.

El futuro de la acuicultura en la Bahía debe basarse en la integración de tecnologías y prácticas de última generación para crear un modelo exitoso de acuicultura circular. Aunque la Bahía de Cádiz ha estado tradicionalmente vinculada a la acuicultura, es necesario aumentar la competitividad y rentabilidad de la actividad manteniendo la esencia de esta práctica tradicional basada en la sostenibilidad y los servicios ecosistémicos. Por ello, es prioritario diseñar sistemas eco-intensivos específicos para el territorio, adaptados a los humedales mareales y a la biodiversidad única de la Bahía.



Estos sistemas incorporarán principios circulares para evitar las pérdidas de nutrientes, mejorar el reciclaje y la calidad del agua.

Este enfoque se basa en dos vías estratégicas complementarias: (i) la generación de biomasa adecuada como recurso valioso dentro de un marco de biorrefinería y biovalorización, y (ii) la producción de productos acuícolas sostenibles y de alta calidad, estrechamente vinculados a otros sectores de la economía azul.

Se pueden identificar dos modelos ecosistémicos de acuicultura circular: **Acuicultura regenerativa**, *definida como un enfoque productivo que utiliza la conservación de los ecosistemas acuáticos como punto de partida para regenerar y contribuir a los servicios ecosistémicos de provisión, regulación y soporte (incluyendo especies alimentadas)* y la **acuicultura restaurativa o extractiva**, que combina especies extractivas como algas y moluscos para generar resultados ambientales netos positivos, siendo especialmente relevante en zonas con alta protección ambiental.

Aunque estos términos se utilizan a veces indistintamente, la incorporación de especies extractivas en sistemas IMTA se considera regenerativa si su objetivo es mejorar el medio ambiente; sin embargo, si se realiza únicamente para reducir los residuos de la acuicultura de peces sin generar efectos netos positivos, se consideraría como regenerativa (Alleway *et al.* 2021).

Algunas iniciativas potenciales serán:

- Evaluación de la **idoneidad de emplazamientos piloto** para prácticas circulares.
- Disseminación de **conocimiento sobre modelos productivos circulares** y creación de modelos de referencia replicables.
- **Promoción de la diversificación de especies**, incluyendo halófitas, algas, moluscos y peces de bajo nivel trófico cercanos al mercado.
- **Fomento de la producción, conservación y preservación de biomasa** como producto de alta calidad en el núcleo de ecosistemas azules simbióticos.
- **Impulso a la valorización de biomasa acuícola y subproductos** en piensos 3.0, fertilizantes y bioplásticos para reducir residuos.
- **Apoyo a sistemas avanzados de monitorización de la calidad del agua y del rendimiento de las especies.**
- **Apoyo a la investigación genética y microbiana** para mejorar la resiliencia y la productividad.

2. Apoyar la resiliencia económica y potenciar el mercado

La acuicultura circular abre importantes oportunidades de mercado. La creciente demanda de los consumidores por productos marinos producidos de forma sostenible y por nichos emergentes (como biomasa de algas y halófitas o compuestos bioactivos)



ofrece incentivos económicos para los productores. Las sinergias con otros sectores de la economía azul, como el turismo costero, pueden diversificar los ingresos mediante visitas a instalaciones acuícolas, programas educativos y degustaciones de productos del mar. Estas actividades también pueden generar nuevos recursos para la biotecnología azul, fomentando una ventaja competitiva para Cádiz en los mercados globales.

Un elemento clave será apoyar prácticas acuícolas escalables, rentables y sostenibles que impulsen el crecimiento económico. Al aprovechar el potencial de mercado de la acuicultura circular, se consolidarán los mercados tradicionales y se crearán nuevos nichos basados en biomasa y subproductos para aplicaciones en corrientes laterales, promoviendo empleo y diversificando ingresos.

Algunas iniciativas incluyen:

- **Asistencia técnica a empresas en transición** hacia sistemas circulares.
- **Asistencia técnica para la producción**, recolección y conservación de biomasa y selección de las especies más adecuadas.
- **Identificación de buenas prácticas y mercados** nicho para productos acuícolas sostenibles, piensos 3.0, compuestos bioactivos y nutraceuticos.

3. Incentivar el conocimiento aplicado y la colaboración

La Bahía de Cádiz se posiciona como un polo de innovación en acuicultura circular, respaldado por alianzas con IFAPA, centros tecnológicos, universidades locales, institutos de investigación y actores del sector. Mediante la creación de metodologías y soluciones escalables, la región puede impulsar avances transferibles al Mediterráneo y más allá.

A través del fomento de plataformas participativas, LiRRIE reforzará la colaboración y garantizará que las soluciones sean inclusivas y adaptadas a las necesidades regionales.

Algunas acciones son:

- Establecimiento de **colaboraciones multi-actor** para alinear intereses y co-desarrollar soluciones.
- Desarrollo de **planes de acción centrados en prácticas de acuicultura** circular y tecnologías innovadoras.
- Apoyo a **redes de intercambio de conocimiento** para difundir buenas prácticas y resultados de investigación.

4. Apoyo en políticas públicas

En consonancia con las políticas de sostenibilidad de la UE, Cádiz debe aprovechar las



oportunidades de financiación para apoyar la transición hacia la acuicultura circular. La simplificación de los marcos regulatorios, la oferta de incentivos financieros y el fomento de la colaboración transnacional acelerarán la adopción de sistemas eco-intensivos.

Al alinear las políticas locales con los objetivos de sostenibilidad europeos, la iniciativa debe crear un entorno favorable para la innovación y la inversión, incluyendo:

- Apoyo a favor de **marcos regulatorios simplificados y armonizados**.
- Introducción **de incentivos financieros**, como subvenciones y beneficios fiscales, para apoyar sistemas eco-intensivos.
- Posicionamiento de la **Bahía de Cádiz como región modelo de acuicultura sostenible** en los círculos de política europea.

8. Potencial de los resultados del C-AZA

El enfoque C-AZA representa una oportunidad estratégica para transformar la actividad acuícola tradicional en un modelo de producción territorial, integrado y circular. Al combinar la planificación espacial, el desempeño ambiental, la idoneidad de especies y los principios de la economía circular, C-AZA proporciona un marco replicable con alto valor añadido para las políticas públicas, la industria y la sociedad.

Los principales resultados de la metodología C-AZA en los ocho sitios piloto fueron:

- Los resultados del C-AZA demostraron **la viabilidad de armonizar la producción** acuícola con los objetivos de protección ambiental. La integración de sistemas multitróficos, vías de recuperación de nutrientes y soluciones basadas en la naturaleza muestra que la acuicultura puede pasar de ser una fuente de presión ambiental a un proveedor de servicios ecosistémicos, incluyendo la mejora de la calidad del agua, la retención de nutrientes y el soporte de hábitats. Esto refuerza el cumplimiento normativo y apoya la toma de decisiones basada en evidencias por parte de las autoridades públicas.
- Los resultados del C-AZA destacan el **potencial económico y de innovación** de la acuicultura circular a escala territorial. Al posibilitar la valorización de corrientes laterales (por ejemplo, lodos, biofiltros, algas, halófitas) y fomentar vínculos con biorrefinerías, producción de piensos, agricultura y otros sectores de la economía azul, C-AZA crea nuevas cadenas de valor y oportunidades de mercado. Esta diversificación reduce la dependencia de un único producto y mejora la resiliencia y competitividad de las empresas acuícolas.
- Los resultados del C-AZA **refuerzan la gobernanza y la coordinación entre actores**.



El enfoque multi-actor y de cuádruple hélice que sustenta C-AZA facilita el diálogo entre administraciones públicas, productores, investigadores y sociedad civil, mejorando la aceptación social y la confianza. Una planificación espacial clara, indicadores compartidos y herramientas de monitorización transparentes apoyan una gestión coordinada y reducen conflictos con otros usos del litoral.

- C-AZA proporciona un **modelo escalable y transferible**. Las metodologías, indicadores y lecciones aprendidas pueden adaptarse a otras zonas acuícolas costeras e interiores, apoyando objetivos de política regional, nacional y europea relacionados con la Economía Azul, la circularidad y la adaptación al cambio climático. En este sentido, los resultados del C-AZA ofrecen una base sólida para escalar prácticas de acuicultura circular y posicionar al territorio como un polo de referencia en innovación para una acuicultura sostenible.

9. Acciones propuestas

Este Plan de Acción propone un conjunto de actuaciones que abordan simultáneamente los principales retos ambientales, económicos, tecnológicos, regulatorios y de gobernanza, al tiempo que reconocen activamente las oportunidades únicas (naturales, científicas, de mercado y de política pública) de la acuicultura en la Bahía de Cádiz. Este plan se concibe no solo como una hoja de ruta teórica, sino como una vía transformadora de desarrollo para apoyar la transición hacia nuevos modelos productivos competitivos.

9.1 Acciones e intervenciones

Las acciones propuestas (**Figura 8**) se han estructurado en cinco pilares que apoyan actuaciones complementarias sobre la actividad y posicionan la acuicultura circular como un motor clave de la **Estrategia Andaluza de Economía Azul (EA2)**⁷, combinando protección ambiental, diversificación económica, innovación y cohesión social en áreas costeras de la Red Natura 2000.

⁷ https://juntadeandalucia.es/sites/default/files/2025-04/1197_24-AADR%20%28EA2%29.pdf

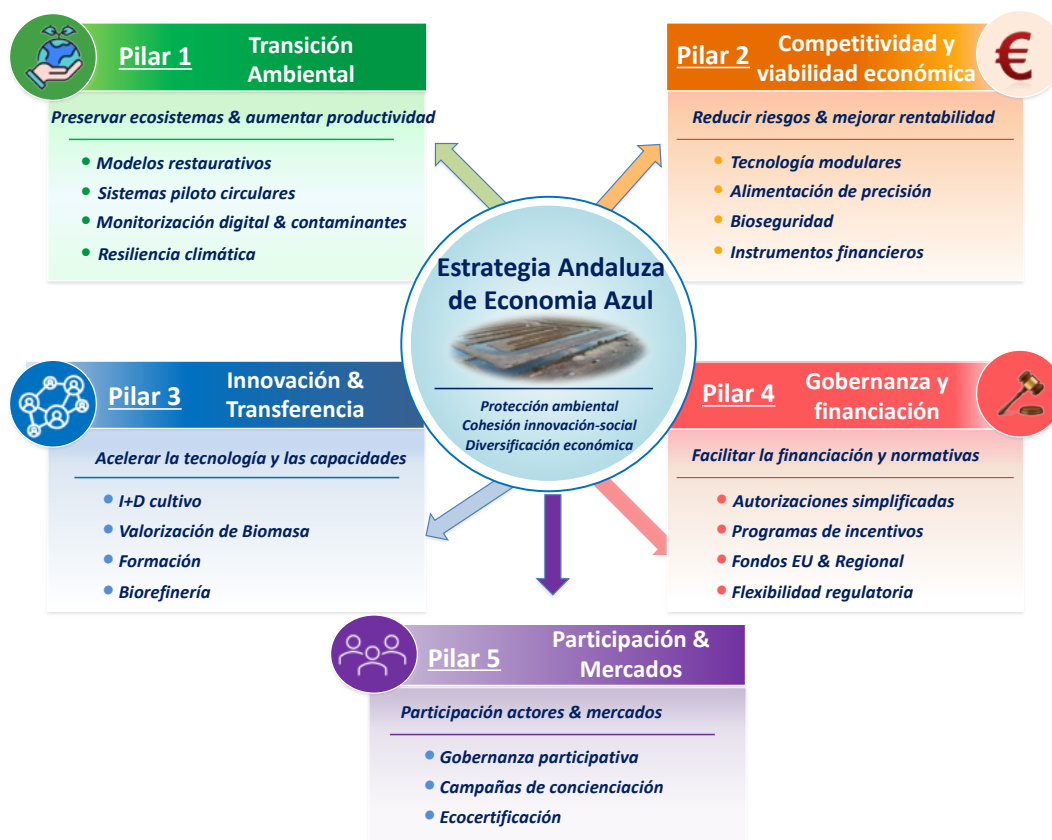


Figura 8. Pilares y acciones del plan de acción para apoyar la transición hacia la acuicultura circular.

Pilar 1. Facilitar la transición hacia una acuicultura circular, resiliente y compatible con los ecosistemas

Objetivo: Preservar la integridad ambiental al tiempo que se mejora la productividad y la resiliencia.

Acciones:

- Identificar y evaluar modelos potenciales de producción circular en la zona incrementando la producción de biomasa.** Se evaluará explícitamente la viabilidad y operación de modelos circulares restaurativos y regenerativos compatibles con el territorio, garantizando la conservación de la biodiversidad, la restauración de hábitats y una perturbación mínima, al tiempo que se apoya a las comunidades y economías locales. Además, se impulsará la recuperación ecológica de esteros infrautilizados mediante acuicultura circular.
- Desarrollar y establecer pilotos y demostraciones de sistemas de acuicultura circular adaptados a las condiciones locales.** Se apoyará la puesta en marcha unidades piloto de acuicultura circular en esteros seleccionados e instalaciones existentes para demostrar, en condiciones reales de operación, cómo evitar pérdidas de nutrientes, valorizar residuos (lodos, subproductos), mejorar la eficiencia



energética y producir con bajo impacto ambiental. Impulsar modelos de gestión circular de nutrientes mediante IMTA, acuaponía marina, BFT, RAS y configuraciones híbridas que combinen distintas especies compatibles.

- c) **Reforzar la digitalización y la monitorización ambiental.** Se promoverán sensores en tiempo real de calidad del agua (nutrientes, oxígeno, temperatura, salinidad, turbidez), herramientas de apoyo a la toma de decisiones y sistemas digitales de reporte alineados con los indicadores C-AZA para mejorar el cumplimiento normativo, la transparencia y la gestión adaptativa.
- d) **Desarrollar protocolos de monitorización de contaminantes y evaluación de riesgos** (p. ej., metales pesados, contaminantes emergentes) para garantizar la valorización circular segura de lodos, algas, halófitas y otros subproductos.
- e) **Implementar estrategias productivas resilientes al clima y específicas por modelo**, incluyendo selección genética para tolerancia a fluctuaciones ambientales, calendarios productivos adaptativos, diversificación de especies, soluciones de sombreado y mejora de la gestión del agua.

Principales puntos de apalancamiento de este Pilar 1:

- Cambio de paradigma de modelos lineales. Adoptar la **recuperación de nutrientes para evitar su pérdida** frente a su descarga refuerza el cumplimiento normativo y la provisión de servicios ecosistémicos. Este enfoque de alto impacto reduce la contaminación, apoya la regulación, genera biomasa e ingresos, restaura ecosistemas y aumenta el apoyo social.
- **Incremento del rendimiento de biomasa** de bajo nivel trófico, mejorando el desempeño y la producción por hectárea.
- La **restauración** desbloquea áreas protegidas para un uso productivo compatible, integrando conservación y desarrollo sostenible

Pilar 2. Modelos de producción circular económicamente viables y competitivos

Objetivo: Mejorar la rentabilidad, reducir los riesgos operativos y reforzar la competitividad de las empresas acuícolas.

Acciones:

- a) **Diseñar tecnologías modulares y demostrativas a escala piloto** que permitan una transición progresiva, reduciendo los riesgos asociados a la inversión inicial.
- b) **Modernizar los modelos productivos tradicionales** mediante herramientas tecnológicas, digitalización y mecanización, incluyendo sistemas de alimentación de precisión, herramientas de estimación de biomasa, control de calidad del agua y



sistemas in situ de recogida y conservación, para mejorar la eficiencia alimentaria, la supervivencia y el crecimiento.

- c) **Reforzar la bioseguridad y la protección operativa** mediante sistemas inteligentes de vigilancia, control de accesos y mecanismos coordinados de respuesta rápida adaptados a contextos de dominio público y Parques Naturales.
- d) **Desarrollar estrategias de mitigación de la depredación por aves**, incluyendo medidas basadas en la naturaleza como redes adaptadas, dispositivos acústicos o diseños de estanques más eficientes.
- e) **Mejorar el acceso a instrumentos financieros específicos** (subvenciones, cofinanciación, garantías, financiación combinada) diseñados para PYMES y empresas en procesos de transición. Los KPI deben definirse claramente para monitorizar de forma eficiente las medidas adoptadas.
- f) **Reforzar la integración de la acuicultura circular en la planificación espacial marítima y costera** para reducir conflictos con el turismo, el transporte, el patrimonio cultural, usos de seguridad y otras actividades de la economía azul.

Principales de este Pilar 2:

- **Mejorar la eficiencia alimentaria**, principal motor de reducción de costes a corto plazo
- **Desarrollar sistemas modulares** eficaces para reducir barreras de entrada
- **Implementar estrategias de amortiguación** de riesgos para atraer inversión privada

Pilar 3. Innovación, adopción tecnológica y transferencia de conocimiento

Objetivo: Acelerar la adopción y escalado de la acuicultura circular mediante innovación aplicada y fortalecimiento de capacidades.

Acciones:

- a) **Desarrollar guías técnicas adaptadas al contexto local, protocolos operativos y manuales de buenas prácticas** para reducir la brecha entre investigación e implementación comercial.
- b) **I+D en cultivos de bajo nivel trófico y logística**, centrados en el escalado de biomasa no solo como alimento o fuente de productos de alto valor añadido, sino también como materia prima.
- c) **Optimizar y validar tecnologías avanzadas:** monitorización en tiempo real, alimentación automatizada, sistemas de apoyo a la decisión, optimización de piensos



3.0 y herramientas de gestión de biomasa.

- d) **Integrar programas de selección y mejora genética** orientados a robustez, eficiencia alimentaria y tolerancia ambiental.
- e) **Crear plataformas digitales de conocimiento**, servicios de asesoramiento y soporte técnico para facilitar el aprendizaje continuo.
- f) **Innovar en el cultivo de biomasa**: técnicas de recolección, automatización, procesado *in situ*, logística y conservación, abriendo aplicaciones de aprovechamiento de biomasa (piensos funcionales, nutraceuticos, compuestos bioactivos, alimentos basados en halófitas, biomateriales).
- g) **Crear un ecosistema innovador** para transformar corrientes secundarias en productos de alto valor mediante un enfoque de biorrefinería escalable (de biomasa a producto final): ingredientes funcionales para piensos, biofertilizantes, bioestimulantes, biopolímeros, energía y compuestos nutraceuticos.
- h) **Formación y transferencia de conocimiento** mediante programas dirigidos a productores, reguladores y técnicos sobre prácticas circulares, licencias en áreas protegidas y gestión operativa de sistemas IMTA/IMRAS.
- i) **Apoyar programas de mentorización y emprendimiento** para nuevos negocios circulares.

Principales palancas del Pilar 3:

- **Mejora de la eficiencia** alimentaria
- Desarrollo de **sistemas modulares**
- Estrategias de **reparto de riesgos**
- **Escalado de biomasa** de bajo nivel trófico (macroalgas, halófitas, invertebrados)

Pilar 4. Políticas habilitadoras, marcos regulatorios y financiación

Objetivo: Crear un entorno regulatorio y financiero favorable para la acuicultura circular y eco-intensiva.

Acciones:

- a) **Clarificar y formalizar definiciones legales y clasificaciones de sistemas circulares** y eco-intensivos, incluidos sistemas híbridos, en la legislación andaluza y nacional.
- b) **Simplificar licencias mediante criterios armonizados**, documentación estandarizada y plataformas digitales.
- c) **Introducir cláusulas regulatorias** de innovación para proyectos piloto.



- d) **Establecer incentivos vinculados a indicadores medibles de circularidad** y desempeño ambiental.
- e) **Facilitar el acceso** coordinado a fondos europeos, nacionales y regionales.
- f) **Diseñar esquemas** de financiación combinada y coinversión para reducir riesgos.

Principales palancas del Pilar 4:

- *Inclusión de **criterios de circularidad** en la normativa de ordenación y ayudas así como en los planes estratégicos*
- ***Entornos seguros** para testar e introducir innovación*
- ***Combinación estratégica** de instrumentos financieros*

Pilar 5. Participación de actores, gobernanza y desarrollo de mercado

Objetivo: Reforzar aceptación social, coordinación y creación de valor en la cadena acuícola.

Acciones:

- a) **Operativizar estructuras de gobernanza participativa basadas en LiRRIE** para garantizar un diálogo continuo entre productores, responsables políticos, investigadores y sociedad civil.
- b) **Apoyar al comité de acuicultura de Andalucía** como espacio estructurado de co-creación y mediación para conciliar prioridades divergentes relacionadas con la productividad, la protección ambiental y las expectativas sociales.
- c) **Potenciar la implicación de las PYMES** mediante acciones de proximidad específicas, formación adaptada, simplificación del acceso a financiación y participación directa en sistemas piloto.
- d) **Reforzar las interfaces ciencia-política-industria** a través de consejos asesores, grupos técnicos de trabajo y foros periódicos de intercambio de conocimiento.
- e) **Apoyar la diferenciación en el mercado** de los productos de acuicultura circular mediante certificación, trazabilidad y comunicación en sostenibilidad.
- f) **Fomentar la simbiosis empresarial** con los sectores de biotecnología azul, agroalimentación, fertilizantes, cosmética, turismo y educación.
- g) **Desarrollar herramientas de comunicación, visibilidad y narrativas** (storytelling) para aumentar la concienciación pública y la confianza social.

**Principales palancas del Pilar 5:**

- *Convertir el **diálogo con los grupos de interés** en un proceso permanente y orientado a la toma de decisiones*
- ***Acelerar la transferencia de evidencia científica** hacia políticas públicas y prácticas operativas*
- ***Ampliar las cadenas de valor más allá de la acuicultura conectando** sectores azules y actores clave*

9.2 Actores responsables

- **Administraciones públicas** (nacional, regional y local): reforma regulatoria, concesión de licencias, asignación de financiación
- **Instituciones de investigación y conocimiento:** apoyo a la innovación, capacitación y seguimiento
- **Productores acuícolas y PYMES:** implementación y validación de prácticas circulares
- **Programas europeos y regionales:** financiación, coordinación y alineación de políticas
- **Sociedad civil y comunidades locales:** aceptación social e integración territorial

9.3 Cronograma

El cronograma se estructura en tres fases progresivas:

Fase inicial (1-2 años)

Durante esta fase inicial, el foco estará en sentar bases sólidas. Las principales acciones incluyen la identificación y mapeo de modelos circulares potenciales en la zona para una acuicultura regenerativa y restaurativa, la revisión del marco regulatorio existente y la detección de brechas normativas, la implicación de los grupos de interés mediante procesos participativos de co-diseño, y el lanzamiento de iniciativas piloto y demostrativas. De forma paralela, se pondrán en marcha acciones de apoyo a la innovación, así como actividades iniciales de capacitación y formación para reforzar las competencias y la concienciación en todo el sector.

Puntos clave:

- Elaborar un mapa de modelos circulares potenciales
- Análisis del marco regulatorio y detección de brechas
- Participación de actores y procesos de co-diseño
- Lanzamiento de acciones piloto y demostrativas
- Canalización de acciones de innovación específicas
- Actividades iniciales de formación y fortalecimiento de capacidades



Fase intermedia (3–5 años)

Esta fase se centrará en la consolidación y expansión. Los marcos regulatorios se ajustarán y armonizarán cuando sea necesario, mientras que los sistemas piloto exitosos se escalarán. Las prácticas circulares se integrarán progresivamente en la producción acuícola convencional, apoyadas por la implementación de herramientas digitales y plataformas de monitorización para mejorar la toma de decisiones y el seguimiento del rendimiento.

Puntos clave:

- Ajustes regulatorios y armonización normativa
- Escalado de sistemas piloto exitosos
- Integración de prácticas circulares en la producción convencional
- Implementación de herramientas digitales y plataformas de monitorización

Largo plazo (más de 5 años)

A largo plazo, la acuicultura circular se consolidará como práctica estándar en todo el sector. Se integrará plenamente en la planificación espacial y en estrategias más amplias de bioeconomía. Esta fase incluirá también evaluaciones exhaustivas de los impactos ambientales y socioeconómicos a largo plazo para garantizar beneficios sostenidos y una mejora continua.

Puntos clave:

- Consolidación de la acuicultura circular como práctica estándar
- Integración plena en la planificación espacial y estrategias de bioeconomía
- Evaluación de impactos ambientales y socioeconómicos a largo plazo
- El cronograma debe incluir hitos y puntos de revisión para permitir una gestión adaptativa y acciones correctoras

9.4 Aspectos financieros y recursos de financiación

Esta sección describe los requisitos financieros e identifica las posibles fuentes de financiación necesarias para implementar eficazmente las acciones propuestas. Debe abordar tanto los costes de inversión como la sostenibilidad operativa.

1. Instrumentos de financiación pública

La financiación pública desempeñará un papel catalizador, especialmente en las fases iniciales de diseño, pilotaje y validación de sistemas. Las principales fuentes incluyen:



- **Programas de la Unión Europea⁸**, como Horizonte Europa (I+D+i, demostración y escalado de modelos de acuicultura circular), EMFAF/FEMPA (inversiones en acuicultura sostenible, innovación y servicios ambientales), Interreg (cooperación territorial e implementación de C-AZA) y LIFE (soluciones basadas en la naturaleza, biodiversidad y restauración de ecosistemas vinculados a la acuicultura).
- **Esquemas de financiación nacionales y regionales**, que apoyan el desarrollo de infraestructuras, adopción tecnológica, digitalización y monitorización ambiental, alineados con las estrategias regionales de economía azul y bioeconomía.
- **Apoyo público al fortalecimiento de capacidades**, incluyendo formación, asistencia técnica y transferencia de conocimiento a PYMES, cooperativas y actores locales.

Estos fondos se destinarán principalmente a la adaptación de infraestructuras, instalaciones piloto, sistemas de monitorización ambiental e investigación aplicada, reduciendo las barreras de entrada para los operadores de acuicultura circular.

2. Inversión privada y cofinanciación

La inversión privada es esencial para garantizar la sostenibilidad comercial de los sistemas de acuicultura circular. Se promoverán mecanismos de cofinanciación a través de:

- **Asociaciones público-privadas** (APP) para el despliegue de instalaciones IMTA/IMRAS eco-intensivas, unidades de biorrefinería y cadenas de valorización.
- **Coinversión industrial**, especialmente de productores acuícolas, empresas de piensos, proveedores tecnológicos y compañías de la bioeconomía azul interesadas en corrientes secundarias de biomasa (p. ej., algas, halófitas, biofiltros).
- **Instrumentos de reparto de riesgos**, donde los fondos públicos reduzcan el riesgo de las inversiones iniciales, permitiendo que los actores privados participen en soluciones innovadoras pero intensivas en capital.

Este enfoque mixto apoyará la transición desde proyectos piloto hacia operaciones a escala comercial.

3. Mecanismos financieros innovadores

Para reforzar la sostenibilidad financiera, el Plan de Acción explorará mecanismos innovadores, incluyendo:

- **Instrumentos de financiación verde y azul**, como préstamos verdes, préstamos

⁸ https://aquaculture.ec.europa.eu/system/files/2024-03/AAM_WP4_EU%20Funding%20Opportunities_Background%20Paper.pdf



vinculados a sostenibilidad o bonos azules, asociados a indicadores medibles de desempeño ambiental (recuperación de nutrientes, reducción de emisiones, servicios ecosistémicos).

- **Modelos de diversificación de ingresos** basados en la valorización de corrientes secundarias (biofertilizantes, ingredientes funcionales, bioproductos), reduciendo la dependencia exclusiva de la producción primaria de pescado.

10. Seguimiento y Evaluación

10.1 Indicadores de progreso

El sistema de Seguimiento y Evaluación (M&E) estará alineado con los principios de la economía circular, la normativa ambiental y las estrategias regionales de Economía Azul, garantizando transparencia, rendición de cuentas y mejora continua. El progreso y el éxito se evaluarán mediante un conjunto de indicadores cuantitativos y cualitativos, estructurados en dimensiones ambientales, técnicas, económicas y de gobernanza, que incluyen:

1) Indicadores de rendimiento ambiental

Indicador	KPI	Método de medición	Frecuencia	Responsable
Eficiencia en nutrientes	Recuperación de nutrientes (NUE %)	Muestreo de agua y análisis en laboratorio	Anual	Operadores
Eficiencia de biomasa	% de rendimiento de biomasa por hectárea	Cálculos de balance de masas	Bianual	Equipo técnico
Mejora de la calidad del agua	OD (mg/L), turbidez (NTU)	Sensores in situ + validación manual	Continuo + revisión bianual	Operadores
Servicios ecosistémicos	Área restaurada (ha), índice de biodiversidad	Muestreos de campo y teledetección	Anual	Socios de investigación
Seguridad del lodo	Niveles de contaminantes vs umbrales	Análisis de laboratorio	Anual	Laboratorios acreditados

2) Indicadores técnicos y operativos



Indicador	KPI	Método de medición	Frecuencia	Responsable
Adopción de prácticas circulares	Nº de operadores que implementan	Nº de autorizaciones	Anual	Órgano de gobernanza
Casos demostrativos	Nº de casos piloto	Nº de casos identificados	Anual	Coordinación del proyecto
Eficiencia de biomasa	% rendimiento por hectárea (kg/ha/año, especies alimentadas y extractivas)	Registros de cosecha	Anual	Operadores
Eficiencia alimentaria	FCR	Encuestas	Anual	Operadores
Integración digital	Granjas con sensores/automatización	Encuestas	Anual	Operadores

3) Indicadores económicos y de circularidad

Indicador	KPI	Método de medición	Frecuencia	Responsable
Eficiencia productiva en circularidad	Coste por kg producido	Registros financieros	Anual	Operadores
Diversificación de ingresos	% de ingresos procedentes de biomasa secundaria	Informes financieros	Anual	Operadores
Captación de inversión	€ movilizados de fuentes públicas y privadas	Seguimiento financiero	Anual	Gestor del proyecto

4) Indicadores sociales y de gobernanza

Indicador	KPI	Método de medición	Frecuencia	Responsable
Participación de actores	Nº de participantes en eventos	Registros	Anual	—
Resultados de formación	Nº de personas formadas / índice de satisfacción	Informes de formación	Anual	Coordinación del proyecto
Percepción	Nº de encuestas	Encuestas	Bianual	Proyecto



pública	realizadas			
Alineación regulatoria	Nº de granjas conformes con C-AZA	Revisión de permisos	Anual	Órgano de gobernanza

10.2 Seguimiento y ajustes

Estos indicadores se revisarán y perfeccionarán periódicamente para reflejar prioridades emergentes y lecciones aprendidas. Los resultados del seguimiento alimentarán un proceso continuo de evaluación y gestión adaptativa.

Se organizarán revisiones técnicas periódicas y consultas con los grupos de interés para evaluar el desempeño, identificar cuellos de botella y proponer acciones correctoras. Cuando sea necesario, se ajustarán los protocolos operativos, los diseños de los sistemas o los calendarios de implementación para mejorar la eficiencia, reducir riesgos y maximizar el impacto.

Este enfoque iterativo garantizará flexibilidad y capacidad de respuesta frente a cambios ambientales, económicos y regulatorios.

11. Conclusión

Este Plan de Acción constituye una hoja de ruta para acelerar la transición hacia una acuicultura circular y eco-intensiva en Andalucía. Al estructurar acciones y prioridades específicas en cinco pilares complementarios, integra protección ambiental, competitividad económica, innovación tecnológica, gobernanza habilitadora y participación de los actores en una estrategia coherente alineada con la Estrategia Andaluza de Economía Azul (EA2) y los objetivos de la Red Natura 2000.

Mediante demostraciones piloto, facilitación regulatoria, financiación específica y sólidos mecanismos de transferencia de conocimiento, el Plan avanza más allá del marco teórico hacia la implementación práctica, facilitando que los productores adopten modelos circulares que reduzcan la presión ambiental y generen nuevas fuentes de valor.

Su marco de seguimiento adaptativo garantiza aprendizaje continuo, transparencia y toma de decisiones basada en evidencias, permitiendo que las políticas y prácticas evolucionen ante nuevos retos y oportunidades.



AZA4ICE

Interreg
Euro-MED



Co-funded by
the European Union

Referencias

- Aitken J., Böhme T. & McAsh E. (2025) Co-Creation of Societal Benefits Through Human-Centered Design and Management of Dynamic Capabilities in Oyster Farm Communities. Strategic Change 34, 93-101.
- Alleway H., Brummett R. & Junning C. (2021) Global principles of restorative aquaculture. The Nature Conservancy.
- Yufera M. & Arias A.M. (2010) Traditional polyculture in “Esteros” in the Bay of Cádiz (Spain). Aquaculture Europe 25, 22-25.