



AQUAMOOORE

# Informe de vigilancia Tecnológica 2024

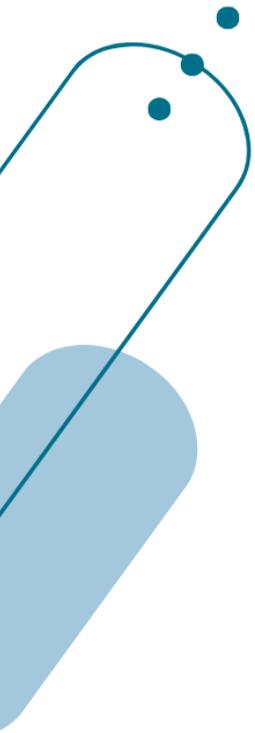
Investigación de una metodología estandarizada para el diseño de líneas de fondeo de infraestructuras off-shore flotantes, con aplicación a acuicultura.

**CTN20** AÑOS  
CUMPLIMOS

info  
REGIÓN  
DE MURCIA

Región de Murcia

RIE+



Este informe ha sido elaborado por la Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico Naval y del Mar gracias al Convenio suscrito con el Instituto de Fomento de la Región de Murcia con el apoyo del fondo FEDER.



**Autores:** María Ángeles García, Iván Felis, José Luis Sáez, Amalia Jurado, Kristian Beqiri, Jorge García, Mercedes Navarro, Yassine Yazid, Alejandro Luna, Fernando de Miquel, Joaquín Pérez, Yahya El Mansouri

Más información: [www.ctnaval.com](http://www.ctnaval.com)



**Fondo Europeo de  
Desarrollo Regional**

**“Una manera de  
hacer Europa”**

© CTN, 2025

Todos los derechos están reservados. Se autoriza la reproducción total o parcial de este informe con fines educativos, divulgativos y no comerciales citando la fuente. La reproducción para otros fines está expresamente prohibida sin el permiso de los propietarios del copyright.

# Índice

1.	Índice.....	4
2.	Metodología.....	5
3.	Estado del arte .....	7
	3.1 Estandarización en el diseño de los sistemas de amarre y fondeo en acuicultura marina.....	7
	3.2. Modelos de cálculo numérico (modelos deterministas).....	10
	3.3. Tecnologías digitales para la monitorización de la acuicultura off-shore.....	11
	3.4. Modelos de ciencia de datos (modelos estadísticos) .....	13
4.	Tendencias.....	16
	4.1 Literatura Científica .....	16
	4.1.1 Análisis de tendencias en la literatura .....	21
	4.2 Proyectos .....	22
	4.2.1. Análisis de la financiación europea .....	22
	4.2.2. Análisis de la financiación europea .....	29

# 1. Introducción

Este informe, elaborado por el equipo del Centro Tecnológico Naval y del Mar, tiene como finalidad ofrecer al tejido empresarial una mejora en el conocimiento del entorno, que permita detectar tendencias y desarrollar estrategias adecuadas basadas en niveles superiores de certidumbre a través de la captación y divulgación de información y conocimiento de importancia estratégica en los ámbitos social, tecnológico y económico, que incidan en la detección de nuevas oportunidades de desarrollo regional.

Los contenidos de este informe están estrechamente relacionados con el desarrollo del proyecto *Investigación de una metodología estandarizada para el diseño de líneas de fondeo de infraestructuras off-shore flotantes, con aplicación a la acuicultura*.

En este proyecto se pretende avanzar en el conocimiento del comportamiento dinámico de estructuras off-shore en el sector acuícola para minimizar el impacto económico, ambiental y social derivado de las pérdidas de viveros y de los escapes, ocasionados por fallos y roturas en las infraestructuras, mediante la combinación de modelos de simulación numérica avanzados con tecnologías digitales de monitorización in-situ y ciencia de datos.

Para la ejecución de AQUAMOORE se desarrollará un gemelo digital de los viveros integrando las últimas tecnologías de comunicación tales como IoT (Internet de las cosas), Cloud, Machine Learning, entre otras. Con ello CTN persigue conocer, en tiempo real, datos ambientales locales relativos a corriente, viento y oleaje, además de registrar las tensiones y deformaciones que se produzcan en las líneas de amarre y fondeo de los viveros. Esto permitirá validar y definir modelos de predicción causa-efecto, ayudando a contribuir en el desarrollo de normativa específica sobre el diseño de los sistemas de amarre y fondeo de los viveros para acuicultura marina (insuficientemente desarrolladas en el Mar Mediterráneo).

Para la realización de este informe se han aplicado técnicas de Vigilancia Tecnológica, una herramienta al servicio de las empresas y organizaciones que permite detectar oportunidades y amenazas aportándoles ventajas competitivas y fundamentos para la toma de decisiones estratégicas mediante la selección y análisis de información de diversos tipos (científica, tecnológica, comercial, de mercado, social...).

Para ello, se parte de una introducción metodológica sobre las técnicas y fases de la Vigilancia Tecnológica que se han aplicado para el desarrollo del informe. A continuación, se introduce la Economía Azul como iniciativa europea con el fin de contextualizar los contenidos temáticos del informe. Seguidamente se realiza un análisis del estado de la técnica, proyectos y literatura científica.

## 2. Metodología

La vigilancia tecnológica se entiende como una “forma organizada, selectiva y permanente de captar información del exterior sobre tecnología, analizarla y convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios” [1]. Su finalidad última es generar ventajas competitivas para la empresa ya que le proporciona datos para:

Para el desarrollo de la Vigilancia Tecnológica el primer paso es plantear los aspectos básicos [2]: ¿Cuál es el objeto de la vigilancia? ¿Qué debemos vigilar? ¿Qué información buscar? ¿Dónde localizarla?



Ilustración 1. Finalidad de la Vigilancia Tecnológica

Cuando el objetivo de la VT está claramente delimitado, se procede a planificar la estrategia de búsqueda. Para el despliegue de esta fase conviene tener en cuenta que la información puede presentarse de dos formas: estructurada y no estructurada. La primera es propia de las bases de datos, conjuntos de datos homogéneos, ordenados de una forma determinada, que se presenta en forma legible por ordenador [3]. Su unidad es el registro –o ficha de un artículo científico o una patente- que presenta la información ordenada en campos: autor, título, fecha de publicación, titular de la patente, inventores, etc. En cambio, la información no estructurada se presenta en textos sin un formato determinado (noticias de periódicos, sitios web, blogs, correos electrónicos) cuyo tratamiento requerirá de nuevas herramientas capaces de “leer” y analizar estos textos. Estas herramientas son útiles también para analizar la información de textos completos de artículos científicos o de patentes. Hoy se considera que el texto es la mayor fuente de información y conocimiento para las empresas. [4].

Tras la selección de las palabras clave se automatiza la búsqueda en función de las diferentes tipologías de fuentes a utilizar, se lanza la misma y se filtran los resultados en términos de pertinencia, fiabilidad, relevancia, calidad y capacidad de contraste [1].

Una vez comprobada la calidad de la información, los métodos de análisis han de garantizar su valor para la explotación de los mismos [5]. El objetivo del análisis es transformar la información en bruto recogida en un producto con alto valor añadido. A partir de aquí, la aportación de los expertos es crítica para crear información avanzada, para generar conocimiento. Pasamos de una masa ingente de información en distintos formatos y lugares a una etapa en la que se captura la información más relevante, se organiza, indexa, almacena, filtra y, finalmente, con la opinión del experto que aporta en este punto del proceso un máximo valor añadido [6].

A continuación, se incluye un esquema con las distintas fases de la metodología empleada durante la generación de este informe.



*Ilustración 2. Fases de la Vigilancia Tecnológica*

# 3. Estado del arte

A continuación, se presenta el concepto de gemelo digital mediante el desarrollo de las distintas etapas que conlleva su evolución, desde la mera digitalización física hasta la incorporación de inteligencia al modelo.

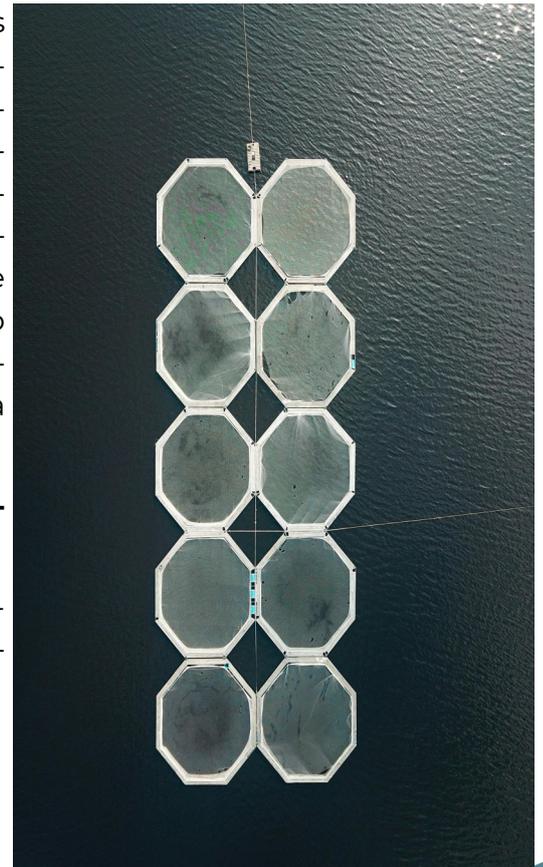
## 3.1. Estandarización en el diseño de los sistemas de amarre y fondeo en acuicultura marina

En este apartado se repasan las orientaciones existentes en materia de diseño y análisis propuestas desde las sociedades de clasificación marítimas y las autoridades nacionales e internacionales que pueden aplicarse a las piscifactorías en alta mar, atendiendo a: vida útil de diseño, cargas ambientales de diseño, combinación de cargas ambientales y condiciones de carga diversas. Esta revisión de los procedimientos y métodos de análisis del rendimiento global se basa en las prácticas utilizadas en sectores afines, como la producción de petróleo y gas en alta mar y la energía eólica<sup>1</sup>.

- **Normas de diseño y orientaciones técnicas aplicables por sociedades de clasificación:**

En los últimos años, las sociedades de clasificación marítima Det Norske Veritas (DNV), American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas (BV) y Lloyd's Register (LR) han

<sup>1</sup>Y. Il Chu et al., Offshore Fish Farms: A Review of Standards and Guidelines for Design and Analysis, J Mar Sci Eng, vol. 11, (2023)





introducido sus normas de certificación y prestados servicios de clasificación para las instalaciones de piscicultura en alta mar.

ABS y DNV proporcionan oficialmente reglas y normas de certificación para las instalaciones de piscicultura en alta mar, como se indica a continuación:

- ABS, Guide for building and classing, aquaculture installations.
- ABS-FPI, Rules for building and classing, floating production installations.
- ABS-OI, Rules for building and classing, facilities on offshore installations.
- ABS, Position mooring systems.
- DNV-RU-OU-0503, Rules for classification, offshore fish farming units and installations.
- DNV-ST-C502, Offshore concrete structures.
- DNV-OTG-24, Fish escape prevention from marine fish farms.
- DNV-OS-C101, Design of offshore steel structures, general - LRFD method.
- DNV-OS-C102, Offshore standard for structural design of offshore ships.
- DNV-OS-C103, Structural design of column stabilised units - LRFD method.
- DNV-OS-C106, Structural design of deep draught floating units - LRFD method.
- DNV-OS-C201, Offshore standard for structure design of offshore units - WSD method.
- DNV-RP-C205, Environmental conditions and environmental loads.
- DNV-RP-F205, Global performance analysis of deepwater floating structures.
- DNV-OS-E301, Offshore standard for position mooring.

BV y LR prestan servicios de clasificación a sus clientes de piscifactorías basándose en sus reglas y normas vigentes. En particular, BV incluye sus Rules for Classification and Certification of Fishfarms, que es una regla general para las instalaciones de piscifactorías en aguas cercanas a la costa (donde la altura significativa de las olas no supera los 2 m). Sin embargo, cuando las condiciones ambientales severas son la naturaleza de las piscifactorías de diversos tipos y tamaños, se aplican las siguientes normas:

- BV, Rules and regulations for the classification of steel ships: Aplicable a las piscifactorías con forma de casco de buque.
- BV, Rules for the classification of offshore units: Aplicable a las piscifactorías semisumergibles o piscifactorías que utilizan técnicas del ámbito de alta mar.

Las normas mencionadas abarcan ámbitos de evaluación de los niveles de seguridad e integridad, de modo que los diseñadores pueden elegir cualquiera de ellas para garantizar la fiabilidad de su diseño. Sin embargo, estas normas deben considerarse de aplicación voluntaria, dependiendo de la jurisdicción de las localidades que gobiernan las piscifactorías en alta mar,

ya que podría haber insuficiencias para considerar condiciones ambientales más duras en alta mar.

- **Normas internacionales:**

Para verificar el diseño completo de las instalaciones de piscifactorías en alta mar, es necesario incluir los elementos de acuicultura que no están cubiertos por las sociedades de clasificación marítima. Es necesaria una verificación alternativa, teniendo en cuenta la aplicación de las normas internacionales, tales como:

- Estándar Noruego, NS 9415, Marine fish farms requirements for design, dimensioning, production, installation, and operation (incluido el estándar noruego, NS 3472, Steel Structures-Design rules).
- Marine Scotland. Norma técnica para la acuicultura escocesa de peces de aleta.
- ISO 16488:2015, "Marine finfish farms-open net cage-design and operation".

La norma noruega NS 9415 se elaboró para especificar los requisitos técnicos de dimensionamiento, diseño, instalación y funcionamiento de las instalaciones flotantes de piscicultura. Fue la primera norma técnica mundial que se aplicó para este tipo de instalaciones. Esta norma especifica los criterios técnicos que deben cumplir las instalaciones de piscicultura para ser reconocidas en Noruega. Según esta norma, se deben utilizar los valores extremos de la velocidad correspondientes a períodos de retorno de 10 años y 50 años en el diseño de granjas de peces, y se sugiere realizar mediciones durante al menos 1 mes para obtener estos valores. Sin embargo, la norma no describe el tratamiento estadístico de los datos de medición para obtener estos valores extremos. Este aspecto es de relevancia en el desarrollo del presente proyecto pues las características bajo las cuales se desarrolló se plantearon en condiciones típicas de los mares y fiordos de Noruega, con corrientes y eventos meteorológicos más moderados respecto de los que encontramos en el Mediterráneo u otro tipo de mares más expuestos y con mayor columna de agua. La principal limitación de la normativa existente radica en la descripción de la exposición a las olas y corrientes para el diseño de granjas de peces en sitios



costeros expuestos. Se ha encontrado que la práctica común de estimar las condiciones de dimensionamiento de las olas y corrientes basadas en mediciones de campo, según se describe en la norma técnica NS 9415:2009, es insuficiente.

La norma técnica escocesa Marine Scotland fue desarrollada por un grupo de expertos para minimizar los escapes de peces en Escocia. Esta norma determina los requisitos técnicos para el equipamiento de las piscifactorías, y se aplica a todas las especies de cultivo de peces de aleta en Escocia.

ISO 16488:2015 sugiere un método general que puede ser utilizado para el análisis sistemático, el diseño y la evaluación de las granjas marinas de peces de aleta con viveros de red. La metodología presentada en esta norma internacional permite evaluar la idoneidad de las estructuras flotantes, las redes y el equipo de amarre para una determinada piscifactoría y su entorno.

- **Normas nacionales:**

En España, la normativa de referencia en relación con diseño, construcción y mantenimiento de viveros flotantes de granjas marinas es la UNE 173202 “Acuicultura marina. Granjas marinas de peces. Diseño y operación”. Esta norma está dirigida a los operadores de la granja marina para su aplicación en sitios específicos.

Los enfoques de ingeniería marina para la descripción de la exposición en alta mar no se aplican a sitios costeros relevantes para la cría de pescado en cultivos marinos a flote. Entonces, la utilización de herramientas de simulación numérica, como las que se proponen en el presente proyecto, para el cálculo de las condiciones de olas y corrientes en sitios de acuicultura costera complementa las mediciones de campo y mejorará las estadísticas a largo plazo utilizadas como entrada en el diseño de futuras granjas de peces en ubicaciones expuestas<sup>2</sup>.

## 3.2. Modelos de cálculo numérico (modelos deterministas)

---

Los sistemas de acuicultura flotante combinan muchos elementos diferentes. El diseño e instalación de los sistemas de amarre para acuicultura marina es crucial y depende de varios factores, como los materiales usados, las condiciones del lugar (como la ubicación y la profundidad), el tipo de vivero y las normativas aplicables.

Algunos puntos importantes en el diseño de estos sistemas incluyen:

<sup>2</sup> ASME 2017 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering OMAE 2017. Environmental Description in The Design of Fish Farms at Exposed Locations (2017)

- Modelar el oleaje para diferentes tipos de mares.
- Aunque no hay normas específicas para describir la corriente, se dan indicaciones sobre cómo medirla<sup>3</sup>.

En cuanto a la estructura de los sistemas de acuicultura marina:

- Los componentes se modelan de diferentes maneras según su función.
- Las cargas se calculan usando ciertas fórmulas y se ajustan según las condiciones.

Algunos factores que pueden alterar los resultados incluyen:

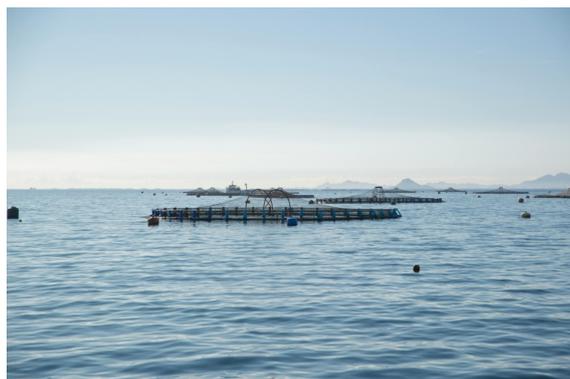
- La presencia de organismos marinos en la red.
- El nivel de tensión en los cables de amarre.
- Las propiedades de los materiales usados.

Las estructuras actuales de las granjas de peces suelen ser demasiado flexibles y no responden bien a las fuerzas del agua. Por eso, se han hecho varios estudios para mejorar estos diseños. Por ejemplo, Fredheim y Faltisen (2003) propusieron un modelo para calcular cómo responden las redes, y Fredriksson et al. (2003) compararon cálculos con mediciones reales. Es importante tener guías de diseño que sugieran cómo manejar las cargas y condiciones ambientales.

### 3.3. Tecnologías digitales para la monitorización

Este apartado describe las tecnologías disponibles para la comunicación y sensorización en viveros de acuicultura. Ya existen muchos sensores para monitorear la calidad del agua (como temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad y turbidez) y algunos parámetros ambientales (como temperatura e iluminación) que son importantes para mantener un entorno saludable para los peces. Además, se exploran sensores y tecnologías para medir parámetros estructurales, como las tensiones en los cables, la deformación de la red y la flotabilidad del vivero.

- Correntímetros: Miden la velocidad y dirección de la corriente en un punto específico. Ejemplos incluyen:
  - ACM PLUS (Falmouth Scientific): Proporciona medidas de velocidad en 2 o 3 dimensiones con gran precisión. Utiliza técnicas avanzadas para medir corrientes y es adecuado para instalar en líneas de fondo debido a su tamaño compacto y bajo mantenimiento.



<sup>3</sup> NS 9415:2009-Marine fish farms Requirements for site survey, risk analyses, design, dimensioning, production, installation and operation

- RCM Blue (Aanderaa): Un correntímetro robusto con comunicación Bluetooth y basado en un sensor Doppler para medir la velocidad de la corriente en agua salada y dulce.
- RCM SeaGuard (Aanderaa): Utiliza una plataforma multiparamétrica y un sensor Doppler de frecuencia dual para medir corrientes en diferentes profundidades, desde aguas someras hasta profundas.
- Sensores de oleaje: Miden parámetros como la altura, el periodo y la dirección de las olas. Estos sensores ayudan a entender mejor el comportamiento del oleaje en el entorno de los viveros.
- Sensores de carga: Miden la fuerza aplicada sobre ellos y se presentan en múltiples formatos para adaptarse a diferentes sistemas. Ejemplos incluyen:
  - ALF214 (Althen): Ideal para mediciones de fuerza en ingeniería, especialmente en arreglos de varillaje/actuador.
  - SUBSEA TENSIO METER (SENSY): Diseñado para operar bajo el agua y medir fuerzas en cables de amarre.
  - Load Links (LMS): Supervisan la carga de tracción en aplicaciones de elevación y son adecuados para sectores marinos y submarinos.
- Sensores de deformación de red y flotabilidad: Monitorean la deformación de la red del vivero y su flotabilidad. Ejemplos incluyen:
  - Starmon Compass: Instrumentación multisensor que mide rumbo, inclinación, aceleración, presión, profundidad y temperatura.
  - Motus IMU: Utiliza acelerómetros y giroscopios de alta precisión para ofrecer datos precisos en aplicaciones autónomas.
  - NORSUB MRU MARINE: Unidad de referencia de movimiento robusta y fiable para uso marino, con comunicación vía ethernet y opciones de magnetómetro para proporcionar un rumbo magnético preciso.

Estos sensores y tecnologías son esenciales para obtener datos precisos y efectivos, lo que permite garantizar un entorno adecuado y saludable para la acuicultura.

Otra tecnología offshore interesante para los viveros de acuicultura es la tecnología SICA (Sistema Inteligente de Control de la Alimentación), desarrollada por el CTN.

La tecnología SICA utiliza algoritmos acústicos pasivos y de Machine Learning para analizar el comportamiento de los peces y detectar **si están comiendo o no el alimento**. Teniendo en cuenta que el alimento de los peces es el principal coste de producción (40-50 %) para cualquier empresa de piscícola, una optimización de los métodos de alimentación supone un aumento considerable de la rentabilidad de la empresa, al mismo tiempo que disminuye los vertidos de materia orgánica al medio.

Con la implantación de la tecnología SICA, se estima que los costes de alimentación de peces se reducen en un 8% y, se dejan de producir unas 50.855 toneladas al año de desechos producidos por alimento no consumido. Esta tecnología, además, fue galardonado el pasado año con el premio JACUMAR que otorga el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación al desarrollo de tecnología en el sector acuícola español, destacando especialmente su carácter innovador.



*Ilustración 3. Despliegue de las diferentes tecnologías del SICA en viveros de acuicultura*

### 3.4. Modelos de ciencia de datos (modelos estadísticos)

La monitorización de infraestructuras off-shore da lugar a una elevada disponibilidad de datos relativos a los parámetros que definen su comportamiento. Estos datos serán tratados como series temporales. A continuación se enumeran los distintos criterios de análisis que permiten realizar descriptivos y predictivos entre las causas y efectos relacionados con la dinámica de viveros de acuicultura.

- **Origen y naturaleza de las series temporales aplicadas**

Seguidamente, se contextualiza la tipología de datos que se pueden disponer, así como estudios y proyectos previos que impulsan el estudio de series temporales:

Debido al auge tecnológico y al concepto “Green Ports” cada vez hay más iniciativas, estrategias y estudios llevadas a cabo para la regulación de la sostenibilidad y reducción de los impactos ambientales y actividades marítimas<sup>4</sup>

Dentro de estas iniciativas se incluye el monitoreo de parámetros fisicoquímicos y de activi-

<sup>4</sup>C. C. Chang and C. M. Wang, Evaluating the effects of green port policy: Case study of Kaohsiung harbor in Taiwan (2012).



dades adversas que dan lugar a la generación de datos de diferente índole, con el fin de conocer el estado de los puertos y los márgenes de mejora. El CTN ha participado en proyectos como Enviroports, BitBlue o LIFE PortSounds, que se enmarcan bajo el paradigma de puertos sostenibles. En este ámbito, la procedencia y tipología series temporales que típicamente se emplean son:

- Parámetros medioambientales: correspondientes a parámetros sobre calidad del agua (salinidad, clorofila, temperatura), calidad del aire o partículas en suspensión (oxígeno, PM2.5, PM10), o bien ruido submarino. Todas son series unidimensionales, pero con distinta frecuencia de muestreo, requiriendo de un preprocesado previo.
- Boyas oceanográficas: Monitorizar a tiempo real una boya oceanográfica de Puertos del estado permite conocer cuáles son los factores más relevantes a tener en cuenta a la hora de fondearla y por ende su coste económico. Dada la posibilidad de que una boya se pierda como consecuencia de un temporal<sup>5</sup>, diseñar un fondeo óptimo es útil para prevenir sobrecostes.

El sector acuícola avanza hacia la transformación digital para automatizar procesos, mejorar la sostenibilidad y aumentar la competitividad global<sup>6</sup>. La implementación de tecnologías busca reducir problemas como el desperdicio de pienso, pérdidas en viveros y escapes de peces debido a fallas en infraestructuras y condiciones meteorológicas adversas. Iniciativas como DEMO-Blue Smart Feed, GLORIA-2, DigiSafeCage y SmartBite, en las que CTN ha participado, están desarrollando soluciones innovadoras basadas en tecnologías digitales.

Se emplean series temporales de datos en dos áreas principales:

- Parámetros medioambientales: incluyen información sobre clima, pH, corrientes, oleaje, temperatura y oxígeno.
- Parámetros físicos: relacionados con el estado de las instalaciones, materiales y revisiones periódicas, obtenidos mediante sensores y cámaras de inspección.

Además, se utilizan plataformas colaborativas (Kaggle, Github, EMODnet) y datos sintéticos con reglas predefinidas para apoyar la investigación y desarrollo en el sector.

Dado que la linealidad es la característica más frecuentemente utilizada para distinguir modelos de series temporales y es más general que las otras, se ha decidido realizar la distinción entre métodos para el análisis predictivo de series temporales lineales respecto a los métodos para series no lineales.

### • **Métodos para series temporales lineales**

Los modelos lineales de series temporales surgieron en los años 40 y fueron desarrollados

<sup>5</sup> S. Seo and Y. G. Park, Tracking a Coastal Wave Buoy, Lost from the Southern Coast of Jeju Island, Using Lagrangian Particle Modeling, *Journal of Marine Science and Engineering* 2021, vol. 9, no. 8, p. 795, (2021)

<sup>6</sup> "Mis peces | Si Europa quiere ser autosuficiente en el suministro de productos acuáticos tiene que hacer crecer su acuicultura." [Online] (accessed May 29, 2023).

posteriormente por Box y Jenkins con métodos como AR, MA, ARMA y ARIMA<sup>7</sup>, que explican las series a partir de valores pasados y componentes estocásticas, exigiendo estacionariedad. Para series con varianza no constante se desarrollaron los modelos GARCH<sup>8</sup>. Otra técnica clásica es el Suavizado Exponencial<sup>9</sup>, que asigna pesos decrecientes a valores pasados. En los años 90, el Aprendizaje Profundo y las redes neuronales comenzaron a aplicarse a series temporales, lineales y no lineales, por su flexibilidad<sup>10</sup>. Finalmente, los modelos de espacio de estados, como los filtros de Kalman, permiten analizar series contaminadas por ruido, siendo útiles en áreas como el análisis de variables marítimas<sup>11</sup>.

- **Métodos para series no lineales**

El estudio de series temporales no lineales comenzó en los años 80 con modelos como los bilineales y el ARMA exponencial<sup>12</sup>. Más tarde, se aplicaron redes neuronales (CNN, RNN y modelos basados en atención) por su precisión, aunque su rendimiento fue superado por ensamblajes y modelos híbridos<sup>13</sup>. La elección del modelo adecuado sigue siendo un desafío debido a la variedad de opciones y la falta de un algoritmo óptimo<sup>14</sup>. El CTN busca estandarizar la selección de modelos, adaptándolos a las características de las series, especialmente en el contexto marino, y reducir la carga computacional. Además, se prioriza un preprocesamiento de datos para garantizar su calidad, mediante técnicas como visualización, limpieza y transformación<sup>15</sup>.



<sup>7</sup> Box. G and Jenkins. M, Time Series Analysis: Forecasting and Control, 1st edn, (1970).

<sup>8</sup> Aradhyula. S and Holt. M, GARCH Time-Series Models: An Application to Retail Livestock Prices, pp. 365-74, (1988).

<sup>9</sup> Kalekar. P, Time Series Forecasting Using Holt-Winters Exponential Smoothing, pp. 1-13, (2004).

<sup>10</sup> Zhang. G, An Investigation of Neural Networks for Linear Time-Series Forecasting, Computers and Operations Research, (2001).

<sup>11</sup> Durbin. J and Koopman. S, Time Series Analysis by State Space Methods (2013).

<sup>12</sup> J. G. De Gooijer, Elements of Nonlinear Time Series Analysis and Forecasting' (2017)

<sup>13</sup> B. Lim and S. Zohren, Time-series forecasting with deep learning: a survey (2021)

<sup>14</sup> Lemke. C and Gabrys. B, Meta-Learning for Time Series Forecasting and Forecast Combination (2010).

<sup>15</sup> Schröer. C, Kruse. F and Gómez. J, A Systematic Literature Review on Applying CRISP-DM Process Model (2021)

# 4. Tendencias

## 4.1 Literatura Científica

---

### 1 Offshore fish farms: a review of standards and guidelines for design and analysis

**Autor:** Nagi Abdussamie, Hong Zhang, C.M. Wang, Yunil Chu.

**Publicado en:** Journal of Marine Science and Engineering 11(4), 762(2023)

**DOI:**10.3390/jmse11040762

**Abstract:** While moving fish farms to offshore sites can be a more sustainable way to expand farmed fish production, the fish pens have to contend with a harsher environment...

### 2 Environmental description in the design of fish farms at exposed locations

**Autor:** David Kristiansen, Vegard Aksnes, Biao Su, Pål Lader, Hans V. Bjelland

**Publicado en:** ASME 2017 36th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, (2017)

**DOI:**10.1115/OMAE2017-61531

**Abstract:** This paper addresses the description of exposure from waves and currents in coastal regions for design of marine fish farms...

### 3 Marine fish farms - Requirements for site survey, risk analyses, design, dimensioning, production, installation and operation

**Publicado en:** NS 9415: 2009

**Abstract:** The purpose of the standard is to reduce the risk of escape as a result of technical failure and wrong use of marine fish farms...

#### 4 Enhancement of design criteria for fish farm facilities including operations

**Autor:** Are Johan Berstad, Harald Tronstad, Stein-Arne Sivertsen, Endre Leite

**Publicado en:** ASME 2005 24th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, 825-832, (2008)

**DOI:** 10.1115/OMAE2005-67451

**Abstract:** A Norwegian Standard NS 9415 (NAS, 2003) has been introduced to the offshore fish farming industry in Norway. This is the first standard dealing with offshore fish farm facilities...

#### 5 Evaluating the effects of green port policy: case study of Kaohsiung harbour in Taiwan

**Autor:** Ching-Chih Chang, Chih-Min Wang

**Publicado en:** Transportation Research Part D: Transport and Environment 17(3), 185189 (2012)

**DOI:** 10.1016/j.trd.2011.11.006

**Abstract:** The paper evaluates the effectiveness of strategies designed to reduce these pollutants in port areas, based on a newly developed assessment model to calculate emissions...

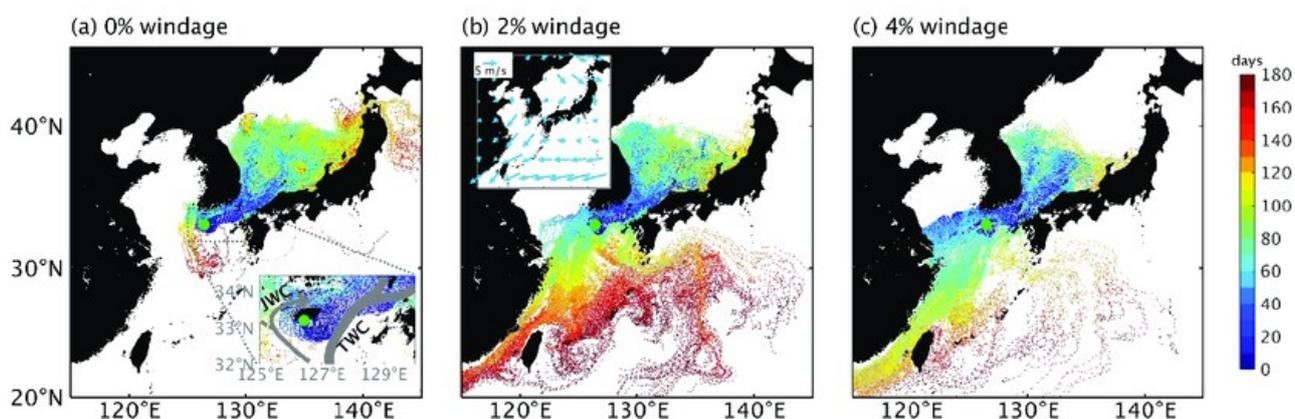
#### 6 Tracking a coastal wave buoy, lost from the southern coast of Jeju Island, using lagrangian particle modelling

**Autor:** Seongbong Seo, Young-Gyu Park

**Publicado en:** Journal of Marine Science and Engineering 9(8), 795(2021)

**DOI:** 10.3390/jmse9080795

**Abstract:** A coastal wave buoy was lost near Jeju Island, Korea, in late July 2014 and found at Cape Mendocino, USA, in April 2020...





## 7 Time series analysis: forecasting and control

**Autor:** George E. P. Box, Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel, Greta M. Ljung

**Abstract:** Bridging classical models and modern topics, the Fifth Edition of Time Series Analysis: Forecasting and Control maintains a balanced presentation of the tools for modeling and analyzing time series...

## 8 GARCH time series models: an application to retail livestock prices

**Autor:** Matthew T. Holt, Satheesh V. Aradhyula

**Publicado en:** Western Journal of Agricultural Economics 13(2), 365-374(1998)

**Abstract:** Traditional time series models assume a constant conditional variance. Realizing the implausibility of this assumption, Bollerslev proposed Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (GARSH)...

## 9 Time series forecasting using holt-winters exponential smoothing

**Autor:** Prajakta S. Kalekar.

**Abstract:** Many industrial time series exhibit seasonal behavior, such as demand for apparel or toys. Consequently, seasonal forecasting problems are of considerable importance...

## 10 Deep forecast: deep learning-based spatio-temporal forecasting

**Autor:** Amir Ghaderi, Borhan M. Sanandaji, Faezeh Ghaderi

**Publicado en:** Computer Science, (2017)

**DOI:**10.48550/arXiv.1707.08110

## 11 Time series analysis by state space methods

**Autor:** James Durbin, Siem Jan Koopman

**Publicado en:** Oxford University Press (2012)

**DOI:** 10.1093/acprof:oso/9780199641178.001.0001

**Abstract:** This book presents a comprehensive treatment of the state space approach to time series analysis...

## 12 Elements of nonlinear time series analysis and forecasting

**Autor:** Jan G. De Gooijer

**Publicado en:** Journal of the Acoustical Society of America 70(5)

**DOI:** 10.1121/1.1914533

**Abstract:** Computations of effective virtual-source array lengths for parametric acoustic sources are presented...

## 13 Time-series forecasting with deep learning

**Autor:** Bryan Lim, Stefan Zohren

**Publicado en:** Mathematical, physical and engineering sciences 379(2194), (2021)

**DOI:** 10.1098/rsta.2020.0209

**Abstract:** Numerous deep learning architectures have been developed to accommodate the diversity of time-series datasets across different domains...

## 14 Social acceptance of aquaculture in Spain: an instrument to achieve sustainability for society

**Autor:** Ruiz Chico, José; Biedma Ferrer, José; Peña Sánchez, Antonio Rafael; Jiménez García, Mercedes

**Publicado en:** International Journal of Environmental Research and Public Health 17(18), 6628(2020)

**DOI:** 10.3390/ijerph17186628

**Abstract:** Aquaculture is a technique to produce food that is under debate, due to its possible consequences for altering the economy, traditional fishing included, or the environment, even with doubts about the health of consumers...

## 15 Study of requirements and design of sensors for monitoring water quality and feeding process in fish farms and other environments

**Autor:** Lloret Mauri, Jaime; Rodilla Alamá, Miguel; Parra Boronat, Lorena

**Publicado en:** Applied Acoustics 105:24-34

**DOI:** 10.1016/j.apacoust.2015.11.008

**Abstract:** The ability to accurately characterize an underwater sound source is an important prerequisite for many applications including detection, classification, monitoring and mitigation...

## 16 Energy statistics and forecasting for smart grids

**Autor:** Muhammad Kamran

**Publicado en:** Fundamentals of Smart Grid Systems, 365-392(2022)

**DOI:** 10.1016/B978-0-323-99560-3.00007-7

**Abstract:** The demand and supply gap of electricity in the smart grid leads to the introduction of energy forecasting and an energy management system...

## 17 An investigation of neural networks for linear time-series forecasting

**Autor:** Guoqiang Peter Zhang

**Publicado en:** Computers & Operations Research 28, 1183-1202(2001)

**DOI:** 10.1016/S0305-0548(00)00033-2

**Abstract:** This study examines the capability of neural networks for linear time-series forecasting...

## 18 Meta-learning for time series forecasting and forecast combination

**Autores:** Christiane Lemke, Bogdan Gabrys

**Publicado en:** Neurocomputing 73(10-12), 2006-2016(2010)

**DOI:** 10.1016/j.neucom.2009.09.020

**Abstract:** Industry 4.0 symbolizes the fourth industrial revolution and the current trend of automation and data exchange in manufacturing technologies...

## 19 A systematic literature review on applying CRISP-DM process model

**Autores:** Christoph Schröer, Felix Kruse, Jorge Marx Gómez

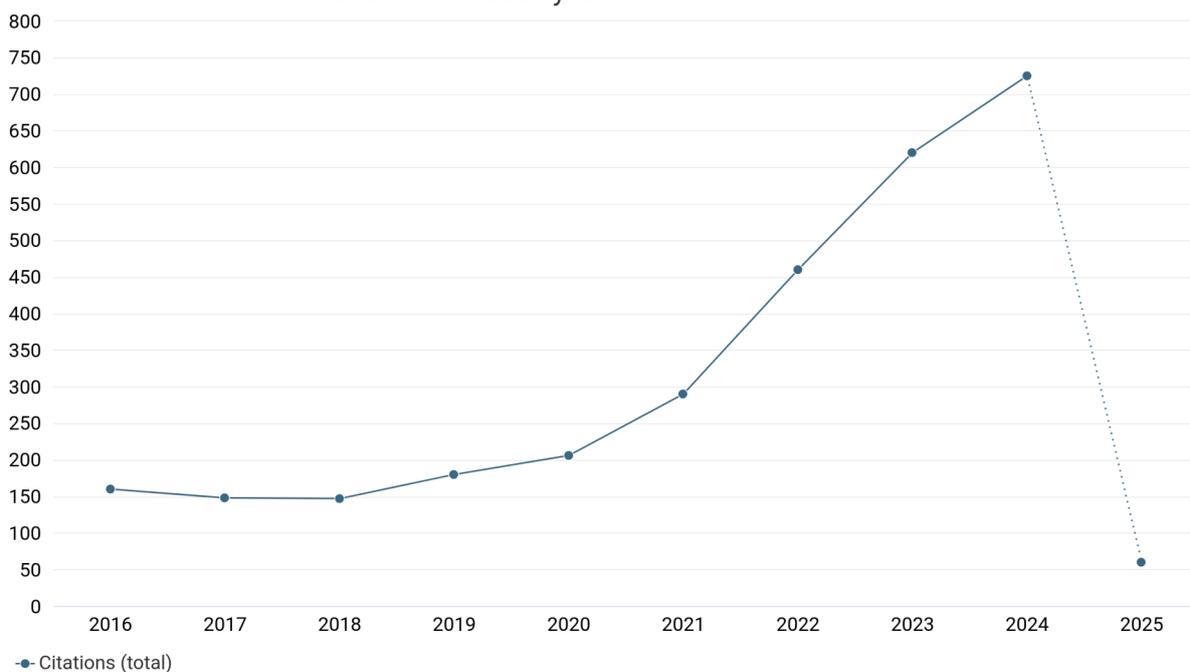
**Publicado en:** Procedia Computer Science 181, 526-534(2021)

**DOI:** 10.1016/j.procs.2021.01.199

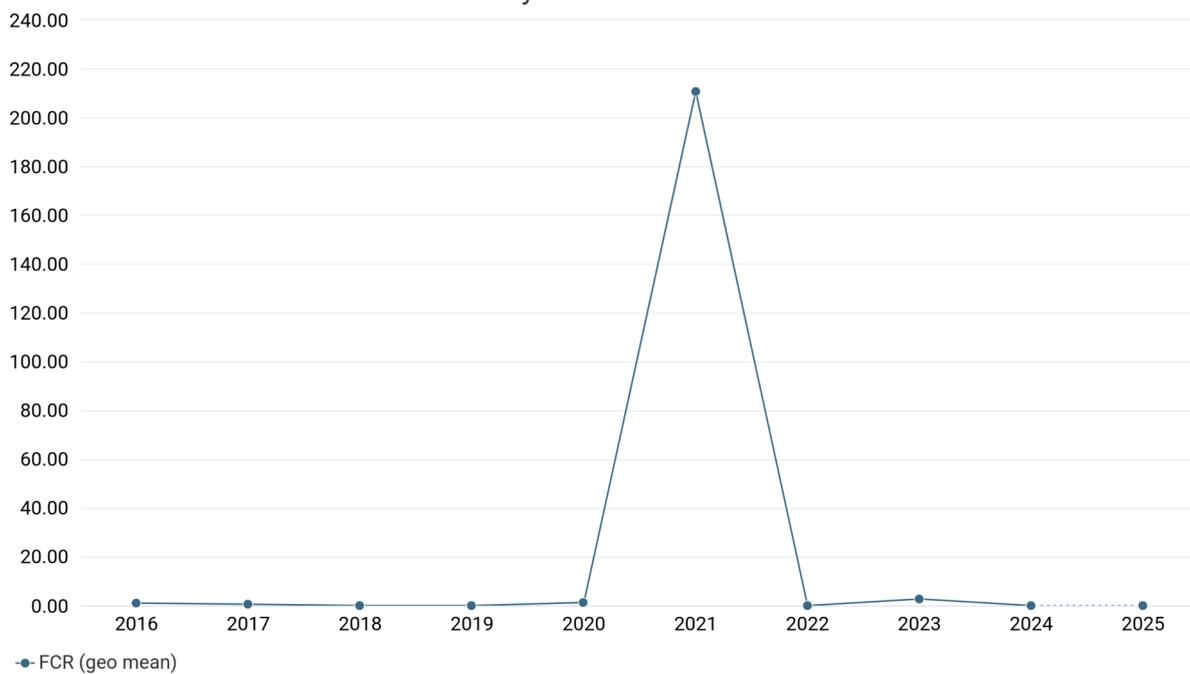
**Abstract:** CRISP-DM is the de-facto standard and an industry-independent process model for applying data mining projects...

## 4.1.1 Análisis de tendencias en la literatura

Citations in each year.



FCR in each year.



## 4.2 Proyectos

### 4.2.1. Análisis de la financiación europea

#### 1 Reducing the impact of underwater noise on the marine environment of the Port of Cartagena

**Acrónimo:** LIFE PORTSOUNDS

**Financiado por:** LIFE

**Periodo de financiación:** 1 de septiembre de 2021 – 31 de diciembre de 2025.

**Resumen:** In the last decades, the expansion of human activities into the marine environment has caused the introduction of artificial sounds which interfere with the acoustic conditions of the environment...

[+ INFO](#)

#### 2 Research techniques to describe and predict the evolution of environmental parameters related to water and air quality in port environments

**Acrónimo:** EnviroPorts



ENVIOPORTS

**Financiado por:** INFO y Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)

**Periodo de financiación:** 1 de septiembre de 2021 – 31 de diciembre de 2025.

**Resumen:** The growth of trade activities and the need for competitiveness in the global market are forcing ports all over the world to systematically and continuously evaluate all possibilities for optimisation and reduction of costs and related externalities...

[+ INFO](#)

#### 3 Soluciones digitales para gestionar los riesgos de las infraestructuras de acuicultura oceánica

**Acrónimo:** DigiSafeCage

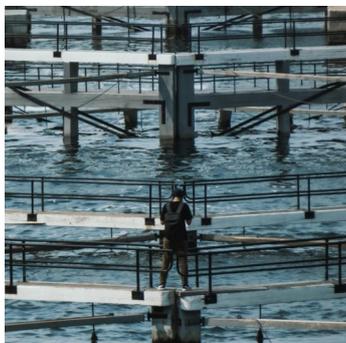
**Financiado por:** H2020-EU.2.1.1

**Periodo de financiación:** 1 de julio de 2015 – 30 de junio de 2018.

**Resumen:** With anticipated exponential growth of connected devices, future networks require an open solutions architecture facilitated by standards and a strong ecosystem...

[+ INFO](#)

## 4 GLObal change Resilience in Aquaculture - 2



**Acrónimo:** GLORIA-2

**Financiado por:** Fondo Europeo Marítimo y de Pesca

**Periodo de financiación:** 2022

**Resumen:** Capitalises on the results obtained in the first part of the GLORiA project to advance knowledge and management of fish escapes from aquaculture facilities due to extreme weather events...

[+ INFO](#)

## 5 Research into techniques for merging, processing and analysing BigData from the marine environment



**Acrónimo:** BitBlue

**Financiado por:** INFO y Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)

**Periodo de financiación:** Enero – Diciembre 2020

**Resumen:** Research into techniques for merging, processing and analysing BigData from the marine environment to create complex dynamic models of socio-environmental evolution.

[+ INFO](#)

## 6 Investigating the potential of enabling technologies for digital transformation

**Acrónimo:** SmartBite

**Financiado por:** INFO y Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)

**Periodo de financiación:** Enero– Diciembre 2021

**Resumen:** In the last decades, the expansion of human activities into the marine environment has caused the introduction of artificial sounds which interfere with the acoustic conditions of the environment...

[+ INFO](#)



## 7 Aquaculture Smart and Open Data Analytics as a Service

**Acrónimo:** AquaSmart

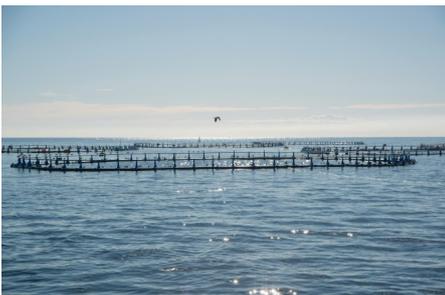
**Financiado por:** H2020-EU. 2. 1. 1

**Periodo de financiación:** 2 de febrero de 2015 – 1 de febrero de 2017.

**Resumen:** Enhance innovation capacity to the aquaculture sector, by addressing the problem of global knowledge access and data exchanges between aquaculture companies and its related stakeholders...

[+ INFO](#)

## 8 AQUAculture infrastructures for EXCEllence in European fish research towards 2020



**Acrónimo:** AQUAEXCEL2020

**Financiado por:** H2020-EU. 1. 4

**Periodo de financiación:** 1 de octubre de 2015 – 31 de diciembre de 2020.

**Resumen:** aims to integrate top class European aquaculture research facilities of very diverse nature, covering all relevant scientific fields for research and innovation in aquaculture...

[+ INFO](#)

## 9 Connecting the dots to unleash the innovation potential for digital transformation of the European agri-food sector

**Acrónimo:** SmartAgriHubs

**Financiado por:** H2020-EU.3.2

**Periodo de financiación:** 1 de noviembre de 2018 – 30 de noviembre de 2022.

**Resumen:** The digital transformation of the European agri-food sector will guarantee maximum return on investment and deliver sufficient and safe food...

[+ INFO](#)

## 10 Digitalisation tools and technologies to support port environmental sustainability and performance of port operations in the TEN-T Core Network.



**Acrónimo:** Green C Port

**Financiado por:** Connecting Europe Facility of the European Union

**Periodo de financiación:** 1 de abril de 2019 – 31 de marzo de 2023.

**Resumen:** aims to provide a suitable array of digitalisation tools and technologies to reduce the impact of port operations on their cities, monitor emissions from ports and vessels and optimize performance of port operations in the TEN-T Core Network...

[+ INFO](#)

## 11 Data science for renewable energy (RES) prediction

**Acrónimo:** Smart4RES

**Financiado por:** H2020-EU.3.3

**Periodo de financiación:** 1 de noviembre de 2019 – 30 de abril de 2023.

**Resumen:** aims to substantially improve the entire model and value chain in RES prediction by proposing the next generation of RES forecasting models...

[+ INFO](#)

## 12 Improving PRedictions and management of hydrological EXtremes



**Acrónimo:** IMPREX

**Financiado por:** H2020-EU.3.5

**Periodo de financiación:** 1 de octubre de 2015 – 30 de septiembre de 2019.

**Resumen:** will improve forecast skill of meteorological and hydrological extremes in Europe and their impacts, by applying dynamic model ensembles, process studies, new data assimilation techniques and high resolution modeling...

[+ INFO](#)

## 13 GLObal change Resilience in Aquaculture



[+ INFO](#)

**Acrónimo:** GLORIA

**Financiado por:** Fondo Europeo Marítimo y de Pesca

**Periodo de financiación:** 2020-2021

**Resumen:** progress in establishing leakage prevention and management plans...

## 14 Joint programme on noise (D11) for the implementation of the Second Cycle of the MSFD in the MEDITERRANEAN SEA

quietMED

[+ INFO](#)

**Acrónimo:** QUIETMED

**Financiado por:** Dirección General De Medio Ambiente de la Comisión Europea

**Periodo de financiación:** 2017-2019

**Resumen:** aims to get better coordination among member states that share marine regions and sub-regions to increase the protection level and the conservation status of the marine spaces of the Mediterranean Sea against the damages caused by underwater noise resulted from anthropogenic activities...

## 15 Joint programme for GES assessment on D11-noise in the Mediterranean Marine Region

quietMED<sub>2</sub>

[+ INFO](#)

**Acrónimo:** QUIETMED2

**Financiado por:** Dirección General De Medio Ambiente de la Comisión Europea

**Periodo de financiación:** 2019-2021

**Resumen:** aims to support Member States Competent Authorities in the Assessment of the extent to which GES on Descriptor 11 -Underwater noise has been achieved in the Mediterranean Region...

## 16 Digital innovations for the Circular Economy

**Acrónimo:** DigiCirc

**Financiado por:** H2020-EU.2.3

**Periodo de financiación:** 1 de mayo de 2020 – 31 de marzo de 2023.

**Resumen:** will permit SMEs to leverage digital technology as a key enabler for innovative circular products, services and business models to meet the goals that EU circular economy policies set...

[+ INFO](#)

## 17 Mediterranean Aquaculture Integrated Development

**Acrónimo:** MedAID

**Financiado por:** H2020-EU. 3. 2

**Periodo de financiación:** 1 de mayo de 2017 – 31 de octubre de 2021.

**Resumen:** aims to assess technical, environmental, market, socio-economic and governance weaknesses in the industry...

[+ INFO](#)

## 18 Novel closed-cage system for high-value marine aquaculture

**Acrónimo:** NEPTUN

**Financiado por:** H2020-EU.3.2

**Periodo de financiación:** 1 de agosto de 2017 – 31 de diciembre de 2020.

**Resumen:** will address and implement these findings to upscale, pilot and commercialise the patented closed-cage aquaculture system (CCAS) for entirely sustainable and cost-effective inshore aquaculture...

[+ INFO](#)

## 19 Enabling Precision Aquaculture with multi-variable real-time sensing and Copernicus Earth Observation data

**Acrónimo:** Undersee

**Financiado por:** H2020-EU.2.3

**Periodo de financiación:** 1 de julio de 2019 – 31 de diciembre de 2019.

**Resumen:** will provide a scalable and easy to use plug-and-play integrated solution to monitor and collect aquaculture data from Copernicus Earth Observation forecasts and cloud computing services...

[+ INFO](#)

## 20 Intelligent management system for integrated multi-trophic aquaculture

**Acrónimo:** IMPAQT

**Financiado por:** H2020-EU.3.2

**Periodo de financiación:** 1 de mayo de 2018 – 31 de agosto de 2021.

**Resumen:** aims to create the foundations for the European aquaculture industry's transition to sustainability and environmentally friendly solutions...

[+ INFO](#)

## 21 A data-intensive, cost-effective Digital Twin of the Ocean

**Acrónimo:** ILIAD

**Financiado por:** H2020-EU.3.2

**Periodo de financiación:** 1 de febrero de 2022 – 31 de enero de 2025.

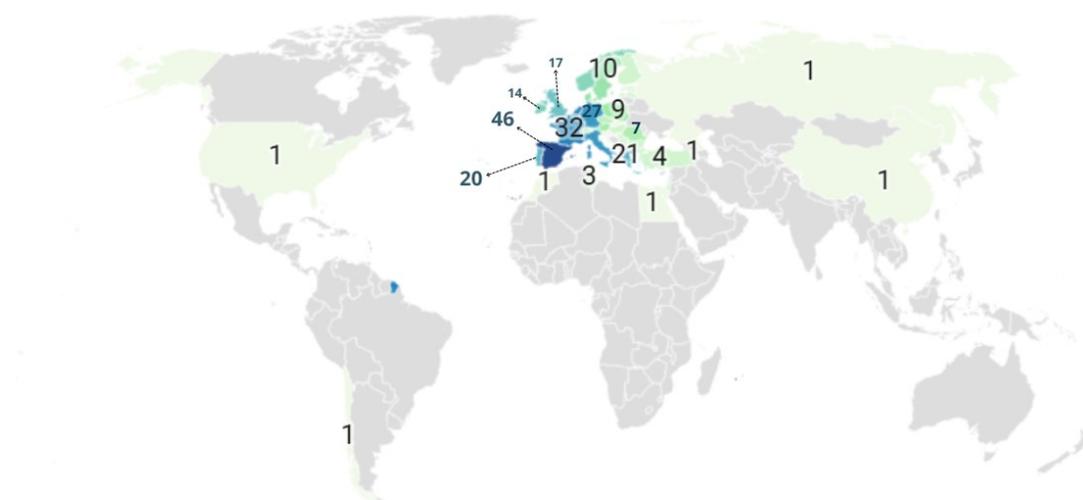
**Resumen:** creates an interoperable, data-intensive, and cost-effective Digital Twin of the Ocean contributing to the implementation of the European Green Deal...

[+ INFO](#)

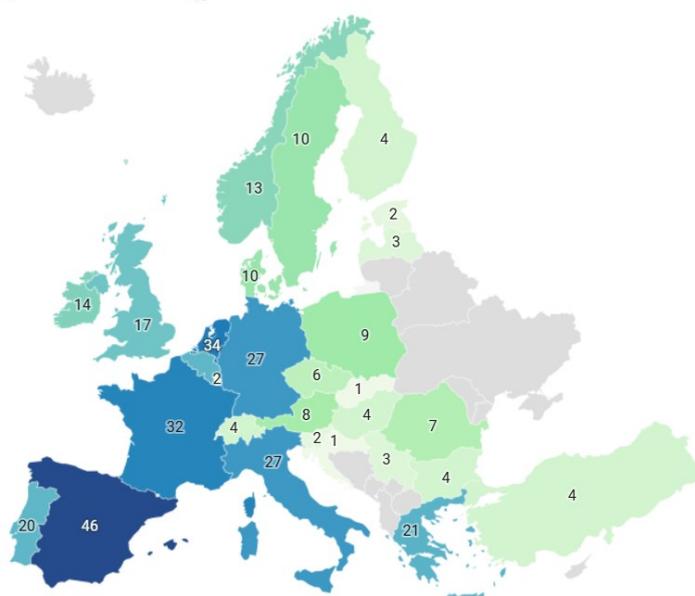
## 4.2.2. Análisis de la financiación europea

Los proyectos descritos en este informe están financiados bajo diversos programas como Horizonte 2020, FEDER, LIFE, Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, Conecting Europe Facility, entre otros. En particular, el programa Horizonte 2020 ha contado con un presupuesto total de 76.880 millones de euros.

A continuación, se presenta un mapa con el desglose de las organizaciones participantes por país.



**Participante por país**



**Detalle de participación en Europa**