

---

# WP6. TECNOLOGÍAS MARINAS PARA LA ACUICULTURA DE PRECISIÓN (TECMAPS)

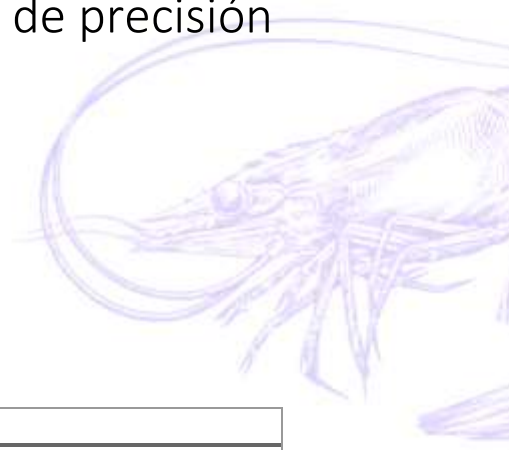
---

Tecnologías marinas para la acuicultura de precisión

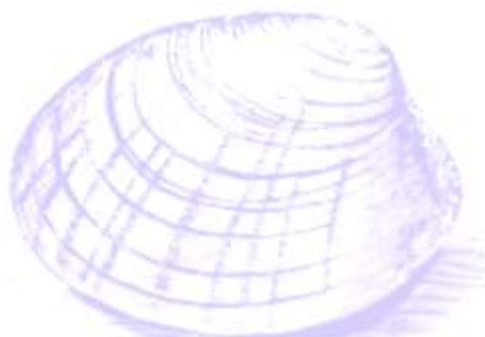
Responsables:

- Kilian Toledo Guedes
- Pedro Sanz Valero

Grupos participantes:



GRUPO	IP1	IP2
UA1	Kilian Toledo Guedes	Javier Atalah Beresi
UA5	Francisco Montilla Jiménez	
UA7	María Isabel Vigo Aguiar	César Bordehore Fontanet
UPV2	Gabriela Andreu García	Pau Muñoz Benavent
UPV12	Víctor Espinosa Roselló	Isabel Pérez Arjona
UMH3	Xavier Barber Vallés	Juan Aparicio Baeza
UJI2	Pedro Sanz Valero	Raúl Marín Prades



## Objetivos Específicos (Conexión con las líneas de actuación del plan nacional)

**Objetivo 6.1.** Mejoras Tecnológicas en la Monitorización y Supervisión, en Tiempo Real basadas en Redes de Sensores, IoT, IA y Robótica.

**Actuación A2.11:** Mejora del conocimiento sobre el bienestar de los cultivos y desarrollo de sistemas que permitan monitorizar, de modo continuo y fiable:

- I. Nuevos indicadores de bienestar en condiciones normales de cultivo y durante el proceso de sacrificio (cuando corresponda)
- II. Desarrollo de estrategias para mejorar la ingesta y el aprovechamiento del alimento, el crecimiento, la reproducción y el estado de salud (susceptibilidad a enfermedades) de los ejemplares cultivados.


**Actuación A2.17:** Desarrollo y aplicación de nuevas soluciones tecnológicas (biosensores, IoT, boyas, robots submarinos, transmisión de señal inalámbrica en el medio marino, mejora de la oxigenación y dinámica de fluidos, muestreadores pasivos de residuos, machine learning etc.) para la automatización del mantenimiento de infraestructuras de cultivo y la digitalización y modelización de la producción de peces y moluscos en diferentes sistemas productivos. Incluye:

- I. Integración de los resultados de plataformas ómicas, tecnológicas y medioambientales para un conocimiento más detallado de los efectos del cambio climático sobre los cultivos y poder así mitigar las emisiones de carbono, los escapes, la eutrofización y la contaminación del medio marino
- II. Pruebas de concepto de nuevas soluciones de ingeniería (adaptadas a nivel regional) para mitigar los efectos del cambio climático (aumento de la frecuencia de temporales, DANAs, etc.) sobre las infraestructuras y la producción en acuicultura.

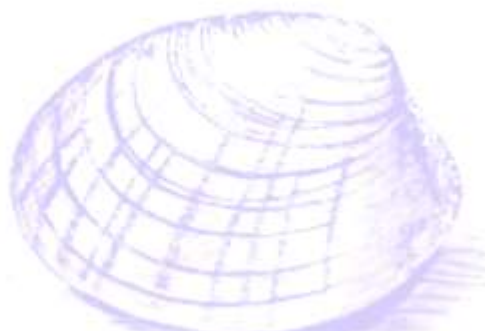
**Objetivo 6.2.** Evaluación, modelización y mitigación de riesgos e interacciones ambientales para una acuicultura resiliente y sostenible: desde la selección de sitio hasta la trazabilidad del producto.

**Actuación A2.17:** Desarrollo y aplicación de nuevas soluciones tecnológicas (biosensores, IoT, boyas, robots submarinos, transmisión de señal inalámbrica en el medio marino, mejora de la oxigenación y dinámica de fluidos, muestreadores pasivos de residuos, machine learning etc.) para la automatización del mantenimiento de infraestructuras de cultivo y la digitalización y modelización de la producción de peces y moluscos en diferentes sistemas productivos. Incluye

- I. Integración de los resultados de plataformas ómicas, tecnológicas y medioambientales para un conocimiento más detallado de los efectos del cambio climático sobre los cultivos y poder así mitigar las emisiones de carbono, los escapes, la eutrofización y la contaminación del medio marino
- II. Pruebas de concepto de nuevas soluciones de ingeniería (adaptadas a nivel regional) para mitigar los efectos del cambio climático (aumento de la frecuencia de temporales, DANAs, etc.) sobre las infraestructuras y la producción en acuicultura.



**Actuación A2.18:** Mejora de la capacidad de adaptación de la producción acuícola al cambio climático y estrategias de mitigación de sus efectos sobre la actividad en términos de planificación espacial, gestión inteligente de las instalaciones, capacidad de carga y seguimiento de variables ambientales, socioeconómicas y productivas.



## Descripción de tareas

Con indicación de Objetivos relacionados, fechas de ejecución y Grupos de Investigación que participan en la Tarea propuesta

### Objetivo 6.1

#### Tarea 6.1.1 (M1-M45) - Estimación y control de la biomasa de peces y de los procesos de alimentación -

Subtarea 6.1.1a. Diseñar un equipo de adquisición de videos estereoscópicos apropiado para la monitorización de peces en jaulas flotantes en acuicultura. Confeccionar una base de datos de imágenes (*ground truth*) con un gran volumen de muestras de peces, de la misma especie, etiquetadas, que nos permita el entrenamiento de modelos de redes neuronales basadas en Deep Learning (CNN). Implementar un sistema que procese de forma totalmente automática las imágenes subacuáticas adquiridas en las granjas de acuicultura con el objetivo de estimar de forma no invasiva medidas de tallas de individuos en diferentes especies que permitan estimar biomasa en jaulas.

Subtarea 6.1.1b. Mediante el uso de ecosondas cuantitativas de haz simple se pretende avanzar en el objetivo de la estimación de la biomasa total en la jaula. La instalación de ecosondas en el fondo de la jaula y orientadas hacia la superficie permite estudiar el tamaño de los peces, su densidad en el haz acústico y la posición y extensión del banco en la columna de agua. Para ello deben resolverse problemas y errores asociados a las altas densidades y cortas distancias de medida, utilizando métodos numéricos de simulación y sistemas complementarios de caracterización del banco (imagen, sonar de barrido, etc.), partiendo de los resultados obtenidos, entre otros, en los proyectos ARM/1790/010, CTM2015-70446-R y AICO/2020/064.

Subtarea 6.1.1c. Se pretende la integración en un solo sistema, basado en ecosondas cuantitativas, y automatizado, del control de la biomasa (individual/total, detección de escapes) descrito en la Tarea 6.1.2., de su comportamiento y fuentes de estrés (asociada a posibles intrusiones de depredadores, durante el proceso de alimentación u otras operaciones en las jaulas) y la detección de pienso no consumido y su cuantificación.

**Responsable:** UPV2

**Participantes:** UPV12, UJI2.

**Colaboradores:** CSIC1

**Resultado:**

- 1.- Cámaras estereoscópicas con carcasa para grabación subacuática (720, 1080, 2k) (15, 30, 60 fps)
  - + API con Software de grabación que permite ajustar la resolución, fps, Brillo, contraste, Exposición, etc.
  - + División automática de los vídeos en segmentos de una duración previamente establecida
- 2.- Recopilación de vídeos estereoscópicos de dorada y lubina en diferentes estadios de crecimiento, y con diferentes resoluciones
  - + Grabación útil: más de 6 horas de Dorada (3 estadios de crecimiento), más de 3 horas de Lubina (2 estadios de crecimiento), diferentes resoluciones y fps
  - + Dataset dorada + 700 anotaciones; Dataset lubina +100 anotaciones
  - + Anotación manual de las biométricas Bounding box, Keypoints (cola y morro)
- 3.- Resultado con Dorada: Entrenamiento de las redes Faster-RCNN y YOLO con el dataset de dorada
  - + Faster-RCNN + transfer learning estimaciones de Keypoints robustas, tiempo de procesamiento muy elevados
  - + YOLO: estimaciones menos robustas que Faster-RCNN, buenos tiempos de procesamiento
  - + Estimación, filtrado y análisis estadístico automáticos de las biométricas

**Grado de consecución:** 70 %

**Impacto:** La adquisición de vídeo en tanques ha sido posible gracias a la colaboración del CSIC1. También se ha mantenido contacto con el grupo AVRAMAR para la adquisición de imágenes en granjas, aunque todavía no se ha podido concretar la colaboración.

### Tarea 6.1.2 (M1-M45) - Análisis del paisaje sonoro en granjas marinas y relación con el comportamiento de los peces –

**Subtarea 6.1.2a.** Establecer una red de observación acústica pasiva, utilizando la infraestructura de las granjas marinas valencianas. Realizar la monitorización acústica pasiva del paisaje sonoro en el entorno de las jaulas para identificar las fuentes de ruido antropogénico, las ambientales de origen natural, y las señales de origen biológico (interacción con *Tursiops truncatus*) utilizando tecnologías similares a las que se han utilizado para la monitorización acústica en los proyectos europeos QUIETMED (2015-2018) y RAGES (2019-2021) y los proyectos LIFE vigentes PORTSOUNDS e INTEMARES, entre otros. Se pretende, además, avanzar en el desarrollo de sensores de desplazamiento de partículas para describir el campo acústico.

**Subtarea 6.1.2b.** Correlacionar las anteriores fuentes acústicas con respuestas de comportamiento de los peces criados en las jaulas marinas. Esto permitirá evaluar indicadores comportamentales relacionados con el bienestar de los peces en cultivo frente a estresores acústicos (depredadores, ruido ambiental).

**Responsable:** UPV12

**Participantes:** UPV2, UJI2

**Resultado:** Para agilizar el proceso de extracción de eventos bioacústicos (como las vocalizaciones de los delfines mulares) se exploró el uso del algoritmo You-Only-Look-Once-v8 (YOLO-v8), un algoritmo de visión por computadora para la detección de objetos. Se utilizó el paquete de Python desarrollado por la compañía Ultralytics para explorar las capacidades de YOLO-v8 para la detección de silbidos producidos por mamíferos marinos en espectrogramas. Los resultados preliminares demuestran una cierta capacidad del modelo para detectar silbidos aislados en contextos de alta relación señal-ruido. Sin embargo, se observan limitaciones para detectar agrupaciones de silbidos, lo cual suele ser un escenario común. Actualmente, se está trabajando en la mejora del procesamiento de datos, entrenamiento del modelo y enfoque de clasificación para mejorar la detección. La mejora del modelo podría proporcionar una herramienta para la ágil extracción de eventos bioacústicos que permita estudiar las interacciones de *Tursiops truncatus* con las granjas marinas. Los resultados obtenidos han sido enviados a la revista Bioacoustics y se encuentran en proceso de revisión. También se han realizado medidas con sistemas acústicos pasivos autónomos (PAM) en las inmediaciones de la piscifactoría de AVRAMAR en la Vilajoiosa, del 10 de mayo al 10 de julio de 2024 (60 días) que están siendo analizados actualmente.

**Grado de consecución:** 60 %

**Impacto:** Centrados en la caracterización del paisaje sonoro de las jaulas marinas valencianas, se generaron representaciones (espectrogramas) que permiten visualizar los patrones de interferencia característicos de las firmas acústicas de embarcaciones. Actualmente la investigación se centra en el procesamiento de estos bancos de firmas acústicas y el diseño y entrenamiento de un modelo basado en redes neuronales para detectar la presencia de embarcaciones en las grabaciones registradas.

### Tarea 6.1.3 (M1-M45) - Robótica y sensorización aplicada al mantenimiento de instalaciones acuícolas –

**Subtarea 6.1.3a.** Creación de un sistema robótico para el mantenimiento, y la detección de roturas, de las redes de las jaulas en granjas marinas de acuicultura mediterránea, mediante el uso de imágenes captadas por cámaras embarcadas en robots submarinos.

**Subtarea 6.1.3b.** Dispositivos de bajo coste para mediciones subacuáticas de gases de efecto invernadero para instalaciones acuícolas. Desarrollo de equipos de medición de gases de efecto invernadero en el mar de muy bajo coste. Las mediciones de gases de efecto invernadero en el medio marino dará transparencia en la evaluación de la sostenibilidad medioambiental. Adicionalmente al problema del cambio climático, las concentraciones de estos gases disueltos en el agua son indicadores

del estrés de los peces, de su correcta alimentación y gestión de sus residuos. Estos sensores funcionarán autónomamente o adaptados al robot acuático.

**Subtarea 6.1.3c.** Sensores electroquímicos para vigilancia ambiental. Se determinará la actividad de enzimas candidatas para biosensores en medio marino, usando transducción electroquímica. Se realizará la encapsulación de las enzimas en matrices adecuadas para el desarrollo del biosensor. Medidas de inhibición enzimática con marcadores de eutrofización, toxinas marinas biocidas y pesticidas neurotóxicos. Encapsulación de sistemas multienzimáticos. Desarrollo de sistemas de transducción combinada óptica-electroquímica.

**Subtarea 6.1.3d.** Fabricación de biosensor de monitorización ambiental. Estudios de cinética enzimática en presencia de inhibidores. Determinación de la sensibilidad y límite de detección del biosensor, calibración y optimización de condiciones de uso. Con el fin de que los biosensores diseñados respondan a la mayor variedad de estresores ambientales posibles, se incorporarán los diversos sistemas enzimáticos estudiados en un solo dispositivo sensor.

**Subtarea 6.1.3e.** Incorporación de dispositivos biosensores en sistemas robóticos para el control de la calidad de aguas y determinación de estresores químicos en instalaciones de acuicultura.

**Responsable:** UJI2

**Participantes:** UA5, UPV2, UPV12

**Resultado:** Gracias a la colaboración internacional, entre distintos grupos europeos, se ha podido coordinar la preparación de una propuesta de red europea de doctorado en robótica marina (i.e. Doctoral Network MIRIAM), liderada por R. Marín (UJI2, CIRTESU), que incorpora, entre otros, una propuesta de tesis en el contexto de aplicaciones en el mundo de la acuicultura de precisión, en colaboración con el grupo de robótica para acuicultura del SINTEF (Noruega).

Se han puesto en marcha tres tesis doctorales, relacionadas con el contexto que nos ocupa:

- (1) “Inspección, Mantenimiento y Reparación de Estructuras Submarinas” (S. López-Barajas) dirigida por R. Marín y PJ Sanz. Enfocada a las granjas marinas.
- (2) “Desarrollo de herramienta multipropósito sensorizada para intervenciones submarinas” (A. Solís) dirigida por R. Marín y PJ Sanz. Facilitar la mecatrónica necesaria para robots en acuicultura.
- (3) “Robot submarino para el bienestar de los peces con bajo impacto ambiental” (A. Pino) dirigida por R. Vidal y R. Marín. Reducción del impacto ambiental, el estrés de los peces y la maniobrabilidad en las instalaciones, en colaboración con JM Cerdá (CSIC7, WP3).
- (4) **Grado de consecución:** 70 %

**Impacto:** Concesión de una subvención del programa PROMETEO 2024 (CIPROM/2023/47) de la GVA, gracias al consorcio UJI2 y CDI/CSIC (JM Cerdá), liderado por PJ Sanz (UJI), y donde colabora la empresa AVRAMAR. Está dirigido al ámbito de la acuicultura de precisión y sostenible. Además, en 2024 se ha firmado un convenio de colaboración entre el Puerto de Castellón y CIRTESU (UJI2) que permite realizar experimentos robóticos en sus instalaciones.

#### Tarea 6.1.4 (M1-M45) - Herramientas computacionales aplicadas al análisis del entorno hidrodinámico de las instalaciones de acuicultura y sus necesidades de aireación –

**Subtarea 6.1.4a.** Se analizará, mediante Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), la distribución del oxígeno producida por difusores a escala real, añadiendo vehiculadores que generen corrientes laterales para analizar el efecto producido por diferentes disposiciones y equipos de inyección de aire. Se tomarán valores de velocidad de fase líquida y gas, turbulencia, fracción de huecos, tamaño de burbujas y densidad de área interfacial.

**Subtarea 6.1.4b.** Con los resultados obtenidos de la subtarea anterior se construirá y calibrará un modelo CFD para validarlo como herramienta de análisis, diseño y optimización de sistemas de aireación bajo el entorno de código abierto OpenFoam.

**Subtarea 6.1.4c.** Con este modelo validado se reproducirá *in situ* el comportamiento de jaulas flotantes de instalaciones con y sin difusores, y se analizará el comportamiento comparando los resultados con las

lecturas de los sensores de oxígeno disuelto, temperatura, velocidad, alimentación y engorde de los peces, abordando la optimización de los difusores y su disposición en entornos de producción real.

**Responsable:** UJI2

**Participantes:** UPV2, UPV12

**Resultado:** Respecto a las instalaciones y sistema de aireación se han realizado las medidas de transferencia de oxígeno utilizando el sistema de desoxigenación por inyección de nitrógeno, disponiendo ya de todos los datos necesarios para caracterizar de forma global el efecto de distintas configuraciones de difusores. Relativo a los sensores de velocidad de líquido, actualmente ya se han realizado las primeras medidas de velocidad (mapeados completos en CIRTESU) utilizando el ADV (Vectrino). Se ha instalado un sistema de anemometría de hilo caliente (HFA) para su uso en el posicionador, con el objetivo de disponer valores locales de la turbulencia para validación de los modelos CFD disponibles. Respecto a los sensores bifásicos, se dispone del set completo de medidas utilizando sensores locales (2 puntas) para la obtención de fracción de huecos, velocidad interfacial y tamaño de burbujas. Actualmente se están analizando los datos para establecer relaciones entre hidrodinámica distribución de fases y efecto de las redes.

**Grado de consecución:** 75 %

**Impacto:** Se ha instalado en CIRTESU un impulsor axial (industrial) de dos palas, que permitirá generar corrientes más elevadas y uniformes en el tanque, complementando los datos actuales con nuevas medidas asimilables al medio marino. Se dispone ahora de un prototipo completo de tipología wire-mesh para la medida 2D del flujo bifásico y obtención de los principales parámetros locales de flujo, cuyo objetivo final es adaptar el sensor para su uso final en aplicaciones marinas.

## Objetivo 6.2

### Tarea 6.2.1 (M1-M45) - Planificación Espacial adaptativa –

**Subtarea 6.2.1a.** Analizar la “Propuesta conjunta de Planificación espacial marina de la acuicultura en España” desde el punto de vista de la adaptación y resiliencia al cambio climático, a valores ambientales (hábitats de interés y zonas ZEP), y ocupación del espacio por otros usuarios, con el fin de proponer posibles mejoras.

**Subtarea 6.2.1b.** Evaluar globalmente las afecciones de la acuicultura en términos de impactos ambientales, efectos sobre el paisaje, uso del espacio marítimo, afecciones sobre otros recursos e interacciones socioeconómicas para definir los límites de crecimiento de la actividad. Se implementarán modelos de capacidad de carga holísticos y de fácil aplicación (a partir del modelo MACCAM), que permitan maximizar la producción evitando efectos no deseados, y ayudando a la planificación espacial de la actividad (subtarea a).

**Subtarea 6.2.1c.** Las herramientas desarrolladas se pondrán a disposición de las administraciones y las propias empresas productoras, esta transferencia de conocimiento se logrará a través de la integración de los resultados obtenidos en las subtareas a y b en el sistema ACUIVISOR del MAPA y en una página web que incorporará otras herramientas de modelización.

**Responsable:** UA1

**Participantes:** UMH3, UJI2

**Resultado:** Subtarea 6.2.1a: se ha realizado una revisión bibliográfica y recopilado los rangos óptimos y subóptimos de variables ambientales para el cultivo de un total de nueve especies de interés comercial. También se han recopilado datos administrativos, socioeconómicos y ambientales georreferenciados de interés para el estudio. Actualmente se está llevando a cabo una metodología de entrevistas con actores implicados en el desarrollo y gestión de la acuicultura marina en los que se valoran diferentes factores para la selección de sitios. Esta subtarea está completada al 80%.

Subtarea 6.2.1b: se ha implementado un modelo de capacidad de carga holístico y de fácil aplicación (Romero et al., 2023) en un SIG. La herramienta SIG se ha utilizado para validar las zonas de interés para la acuicultura designadas en las diferentes comunidades autónomas de la costa mediterránea. Los resultados muestran que estas zonas pueden tener una capacidad de carga no adecuada para el cultivo

de peces, mientras otras son más idóneas. Una publicación científica asociada a esta tarea está en estos momentos en revisión. Esta subtarea se considera completada al 100%.

Subtarea 6.2.1c: esta subtarea se desarrollará a partir de enero de 2025, pues se necesita tener finalizada la tarea 6.2.3 y las subtareas 6.2.1a y 6.2.1.b. Esta subtarea se considera completada al 0%.

**Grado de consecución:** 75%

**Impacto:** Se han realizado varias comunicaciones a congresos y una publicación científica está en revisión. La publicación del modelo de capacidad de carga y su integración en un Sistema de Información Geográfico ha despertado interés por parte del MAPA. Se espera que su integración en el ACUIVISOR tenga un impacto importante al aplicarse en la concesión de nuevas licencias de producción y la ordenación espacial de la acuicultura en el Mediterráneo español.

### Tarea 6.2.2 (M1-M45) - Interacciones ambientales y socioeconómicas: prevención, contingencia y mitigación –

**Subtarea 6.2.2a.** Realizar un meta-análisis de los programas de seguimiento ambiental llevados a cabo en las instalaciones de acuicultura a nivel nacional para definir las variables más robustas y diseñar programas de monitoreo uniformes que faciliten el seguimiento por parte de las empresas productoras.

**Subtarea 6.2.2b.** Adaptación de la herramienta lagrangiana para aplicaciones en seguimiento ambiental de la acuicultura. Se compararán las características de las herramientas lagrangianas disponibles más adecuadas, por ejemplo, *OceanParcels*, *Ariane* o *Connectivity-modeling-system*, las cuales se han usado anteriormente en múltiples estudios. De entre ellas se adaptará aquella con mayores prestaciones y fiabilidad que incluya (o permita incluir) los parámetros para caracterizar con el detalle necesario el contaminante de estudio (principalmente la materia orgánica particulada como pienso y heces, pero también otros elementos como sulfatos) y sus características físico-químicas. Se pretende realizar una aproximación probabilística a las trayectorias dadas por la herramienta de manera que la posición final predicha se proporcione con su intervalo de confianza.

**Subtarea 6.2.2c** Se elaborarán planes de gestión y prevención adaptativa de los efectos ambientales y socioeconómicos de los escapes. En esta tarea se continuará con el trabajo iniciado en los proyectos nacionales GLORiA y GLORiA<sup>2</sup>, mejorando los modelos predictivos de eventos de escapes y estudiando en profundidad los efectos económicos de los mismos a lo largo de la cadena de comercialización de productos de la pesca y la acuicultura.

**Subtarea 6.2.2d.** Se realizará un screening utilizando técnicas de ADN ambiental (eDNA), en el entorno de las jaulas de cultivo y en condiciones controladas de cultivo en tanque. Esto permitirá la creación de aplicaciones de eDNA para el control de la biomasa en cultivo, así como el monitoreo de los cambios en las comunidades influenciadas por las instalaciones y la detección temprana de especies exóticas que puedan encontrar ambientes favorables en el entorno de las instalaciones.

**Responsable:** UA1

**Participantes:** UA7, UMH3.

**Colaboradores:** CSIC1, UPV1

**Resultado:** Subtarea 6.2.2a: se realizó un metaanálisis de los programas de seguimiento ambiental llevados a cabo en las instalaciones de acuicultura a nivel nacional para definir las variables más robustas y diseñar programas de monitoreo uniformes que faciliten el seguimiento por parte de las empresas productoras. Este trabajo fue desarrollado inicialmente como un Trabajo de Fin de Grado de una alumna del departamento (Marí-Such 2023). Esta subtarea está completada al 75%.

Subtarea 6.2.2b: la herramienta lagrangiana creada permite al usuario especificar la dirección temporal de las simulaciones, ya sea hacia atrás o hacia delante en el tiempo y especificar los valores de todos los parámetros relevantes, así como incorporar ruido blanco. Se encuentra en fase de desarrollo la creación de una interfaz 'en línea' utilizando los datos de corrientes Near Real Time (NRT) del modelo IBI-MFC de Copernicus. Esta subtarea está completada al 75%.

Subtarea 6.2.2c. se ha contribuido a un estudio sobre la trazabilidad de peces escapados utilizando herramientas metabolómicas (Badaoui et al., 2024). También se han analizado datos de dispersión de un



escape masivo provocado por un sabotaje que han sido publicados (Atalah, et al., 2024). Por último, se analizó cómo los escapes pueden influir en las capturas de la pesca artesanal en el Mediterráneo (Toledo-Guedes et al., 2024). Esta subtarea se considera completada al 90%.

**Grado de consecución:** 85%

**Impacto:** En el marco de la tarea 6.2.2 se ha llevado a cabo un Trabajo Fin de Grado, así como charlas divulgativas y publicación de artículos para aumentar el conocimiento la conciencia sobre la sostenibilidad en acuicultura y la gestión de los escapes de peces desde instalaciones de acuicultura. Además, se están desarrollando herramientas para la toma de decisiones que generarán un impacto significativo en la gestión de recursos marinos de manera práctica.

### Tarea 6.2.3 (M1-M45) - Herramientas de modelización para aplicaciones en la gestión ambiental de la acuicultura en un contexto de cambio climático –

**Subtarea 6.2.3a.** Modelo numérico de corrientes marinas tridimensionales de alta resolución para el litoral de las costas valencianas. El modelo proporcionará las variables necesarias (velocidad, densidad, temperatura, salinidad) para las aplicaciones que se detallan en las subtareas 6.2.2.b y 6.2.3b. El modelo resultante se validará y calibrará mediante medidas in-situ (ADCPs, derivadores lagrangianos) y remotas disponibles. El análisis de las simulaciones del modelo permitirá caracterizar la hidrodinámica de zonas de especial interés ecológico y/o económico (reservas marinas como Cabo San Antonio o Isla de Tabarca, zonas de producción acuícola con riesgo de emisarios, zonas costeras de especial relevancia turística con riesgo de cierre de playas por proliferación de medusas, etc.).

El modelo cubrirá las aguas en todo el litoral de la Comunitat Valenciana (tanto las aguas interiores, como las exteriores colindantes) con una resolución de unos pocos kilómetros (desde el Mar Menor al Delta del Ebro en latitud, y hasta la costa oeste de Ibiza en longitud). El modelo se seleccionará de entre aquellos disponibles de libre acceso (p.ej. en Copernicus) y que proporcione las variables de interés (velocidades, densidad, temperatura, salinidad) con una resolución temporal adecuada (cada 3 o 6 horas al menos).

**Subtarea 6.2.3b.** Aplicación de la herramienta lagrangiana y modelización espacial de datos para establecer la presencia de contaminantes en las zonas donde se desarrolla la producción acuícola. Se aplicará a los emisarios de aguas residuales más relevantes, ríos de alta carga de contaminantes (nutrientes, partículas, etc.) y acuíferos de alta carga de nutrientes. Por otro lado, se completará con una propuesta de áreas favorables a la dispersión y retención (aplicable a contaminantes y partículas). Se pretenden incluir los procesos de mezcla y dispersión y se explorará la inclusión de algunos procesos fisicoquímicos relevantes como la meteorización y la deposición, los cuales dependen del tipo de vertido.


**Subtarea 6.2.3c.** Creación de una en bases de datos relacionadas con la información satelital como Copernicus o similares donde se extraerán *rasters* (capas) de valores como salinidad, temperatura superficial y en profundidad, clorofila, etc. de las zonas de estudio. por otro lado se recopilará la información climatológica a nivel histórico haciendo énfasis en los eventos extremos, que por su propia excepcionalidad no son fáciles de recopilar: DANAs, temporales marinos; así como las variable socio-económicas que se consideren de interés para las instalaciones a estudio.

**Subtarea 6.2.3d.** Se modelizará la información de la subtarea 6.2.3c dentro de un enfoque de modelos de distribución de especies Bayesiano, incorporando al modelo esa información de los eventos extremos. Las variables a estudio serán desde la mortalidad, las fugas, así como otras variables que se consideren interesantes para la industria. El trabajo de modelización de eventos extremos asociados a eventos es un área de estudio en auge desde las matemáticas y la estadística; pudiendo generar conocimiento en el ámbito de la distribución de especies, en la que el grupo lleva muchos años trabajando más allá de la acuicultura.

**Responsable:** UMH3

**Participantes:** UA1, UA7

**Resultado:** Subtarea 6.2.3a: en relación a la validación del modelo se han utilizado boyas de deriva (modelo Stokes) con vela entre 1 y 2 m de profundidad. Las trayectorias de las boyas se han comparado



con simulaciones lagrangianas empleando las corrientes superficiales del modelo numérico con y sin viento.

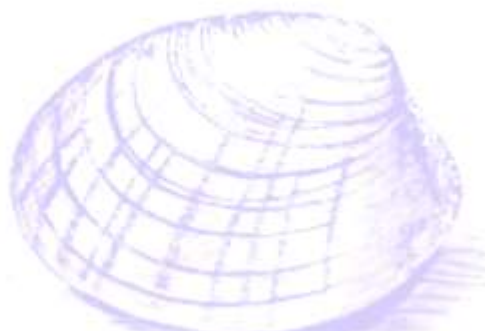
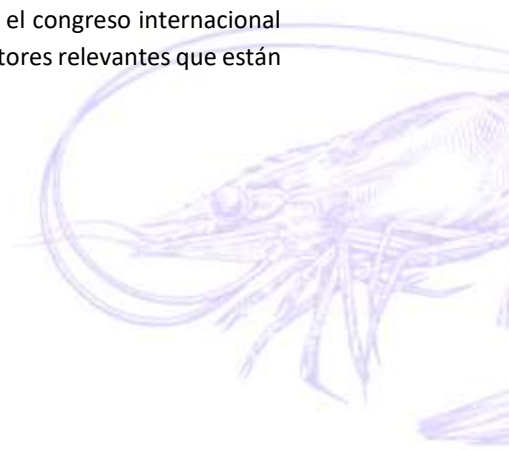
Subtarea 6.2.3b: las simulaciones lagrangianas se han realizado con el código Ocean Parcels, de acceso abierto. Se han instalado correntómetros para tomar series largas de vectores de corrientes puntuales en varias zonas del litoral (Dénia, Moraira, Calpe, por ahora). Estas dos subtareas se encuentran completadas en un 45%.

Subtarea 6.2.3c: se está estudiando el incremento de temperatura que la superficie del mar relacionándolo con la mortalidad y realizando mapas de riesgo teniendo en consideración los hábitats preferenciales de especies objetivo en colaboración con UA1. Esta tarea tiene un grado de cumplimiento del 40%.

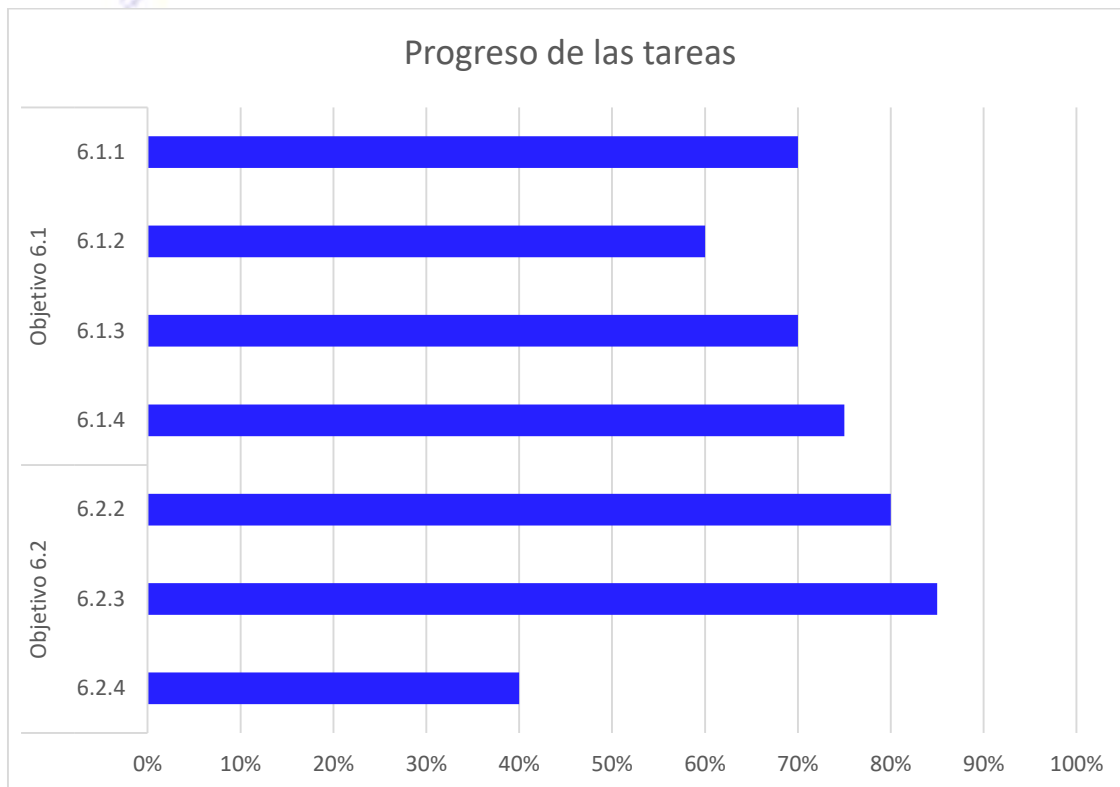
Subtarea 6.2.3d: se está realizando una investigación metodológica dentro del ámbito de la modelización de eventos extremos desde una perspectiva Bayesiana. Esta segunda tarea va a requerir de más tiempo y en la actualidad se encuentra a un 25% de su cumplimiento.

**Grado de consecución:** 40%

**Impacto:** El impacto de esta tarea ha sido amplio e incluye la defensa de un TFG, así como un artículo sobre olas de calor marinas. También se han presentado los resultados provisionales de las simulaciones lagrangianas y las potenciales trayectorias de especies de interés pesquero en el congreso internacional Martech '23, celebrado en Castellón en junio de 2023 y se ha contactado con actores relevantes que están interesados en los resultados y aplicaciones desarrollados en esta tarea.



## Progreso de las tareas a M33



Siendo el M1 enero del 2022