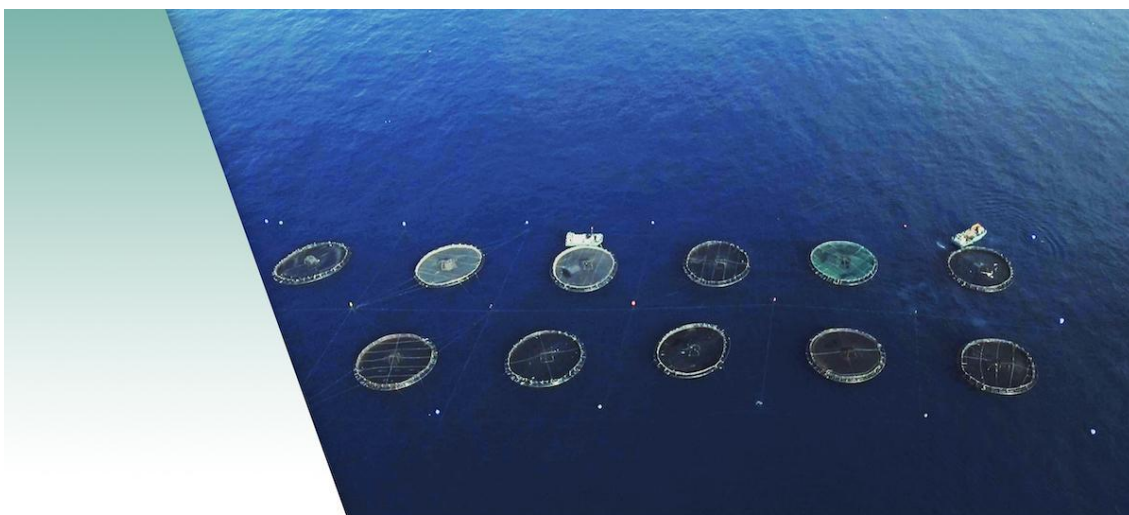


## Proyecto SIRENA:

**Sistema Remoto Integral de Monitorización, Detección y Predicción de Riesgos de Eventos Marinos Potencialmente Nocivos de Origen Natural o Antrópico en Áreas Off-Shore Destinadas a la Acuicultura**



### Informe de Resultados / Fuente de Verificación

R2.1 / FV2.1. Informes sobre las campañas oceanográficas propuestas y sobre la recepción y calibración de los instrumentos

Fecha: 06/02/2026

Entidad Responsable: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)

*Este proyecto se desarrolla con la colaboración de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, y se cofinancia por la Unión Europea por el FEMPA (Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura).*

## Contenido

|      |                                                                      |    |
|------|----------------------------------------------------------------------|----|
| 1.   | Introducción .....                                                   | 3  |
| 1.1. | Objetivo del documento.....                                          | 3  |
| 1.2. | Contribución al Marco Lógico.....                                    | 3  |
| 1.3. | Relación con otras actividades .....                                 | 3  |
| 2.   | Metodología y Planificación de las campañas.....                     | 4  |
| 2.1. | Diseño general.....                                                  | 4  |
| 2.2. | Instrumental y procedimientos .....                                  | 4  |
| 2.3. | Calendario de las campañas .....                                     | 5  |
| 3.   | Ejecución y Resultados Preliminares .....                            | 6  |
| 4.   | Metodología y tecnologías para el análisis de riesgos marinos .....  | 9  |
| 4.1. | Marco Institucional y Financiación .....                             | 9  |
| 4.2. | Metodología de Muestreo y Área de Estudio.....                       | 10 |
| 4.3. | Equipamiento Científico Utilizado .....                              | 10 |
| 4.4. | Resultados: Caracterización Físico-Química (Sonda EXO2) .....        | 11 |
| 4.5. | Resultados: Análisis de Microestructura y Turbulencia (VMP-250)..... | 12 |
| 4.6. | Resultados: Dinámica de Corrientes y Conectividad .....              | 14 |
| 4.7. | Conclusiones.....                                                    | 15 |

*Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de la persona o personas que ostenten su autoría y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.*

## 1. Introducción

---

### 1.1. Objetivo del documento

Este informe presenta los detalles técnicos y organizativos de las campañas oceanográficas planificadas en el marco del proyecto SIRENA, dentro de la Actividad A2: Observación in situ. Se documentan los procesos previos de preparación y calibración del instrumental, así como las campañas realizadas entre marzo del 2025 y enero de 2026.

### 1.2. Contribución al Marco Lógico

Este documento constituye la Fuente de Verificación FV2.1, correspondiente al resultado R2.1, descrito como:

*"Plan de campaña oceanográfica para una granja acuícola. Recepción de las boyas a la deriva y calibración de los equipos."*

Se relaciona directamente con los Objetivos Específicos del proyecto y contribuye a la validación empírica del modelo hidrodinámico descrito en la Actividad A3. También establece sinergias con los datos obtenidos por teledetección (Actividad A1).

### 1.3. Relación con otras actividades

Las campañas tienen un papel clave para proporcionar datos de campo que:

- Permitan calibrar y validar el modelo hidrodinámico de alta resolución (A3).
- Complementen los datos satelitales y su interpretación (A1).
- Garanticen la continuidad y coherencia científica del diseño del proyecto.

## 2. Metodología y Planificación de las campañas

---

### 2.1. Diseño general

Se planificaron campañas oceanográficas distribuidas estacionalmente a lo largo del año, cubriendo condiciones de invierno, primavera, verano y otoño. En total, se ejecutaron diez campañas oceanográficas, que incluyeron una serie de estaciones fijas ubicadas estratégicamente en las proximidades de las jaulas acuícolas del sureste de Gran Canaria, con el objetivo de caracterizar la variabilidad temporal y espacial de la dinámica costera en la zona de estudio.

### 2.2. Instrumental y procedimientos

#### a) Perfilador de turbulencia - VMP 250

- Objetivo: Medir la disipación de energía cinética turbulenta.
- Procedimiento: 3 descensos por estación hasta la cercanía del fondo.

#### b) Sonda multiparamétrica – EXO 2

- Objetivo: Medir variables físico-químicas (temperatura, salinidad, turbidez, etc.)
- Procedimiento: Perfil vertical completo por estación, con datos en tiempo real.

#### c) Boyas de deriva - CODE/DAVIS Drifter

- Objetivo: Caracterizar la circulación y la temperatura superficiales del mar (SST).
- Procedimiento: Liberación de boyas en puntos predefinidos, registrando posición GPS y SST a intervalos regulares durante su deriva.

### 2.3. Calendario de las campañas

El calendario de las campañas oceanográficas desarrolladas en el marco del proyecto SIRENA se presenta a continuación. La Tabla 1 resume las fechas de ejecución, las estaciones muestreadas en cada campaña y el instrumental utilizado, incluyendo el perfilador de turbulencia VMP 250, la sonda multiparamétrica EXO2 y, en las campañas de finales de octubre, noviembre y enero, las boyas de deriva CODE/DAVIS. Cabe destacar que ninguna campaña cubrió la totalidad de las estaciones (St1 a St13), sino que se seleccionaron subconjuntos estratégicos en función de los objetivos de muestreo.

Tabla 1. Cronograma de campañas oceanográficas, estaciones muestreadas e instrumental utilizado

| Campaña | Fecha             | Estaciones       | Instrumental                |
|---------|-------------------|------------------|-----------------------------|
| 1ª      | 5 marzo 2025      | St1 a St7        | VMP 250 y EXO 2             |
| 2ª      | 7 abril 2025      | St7 a St13 + St5 | VMP 250 y EXO 2             |
| 3ª      | 30 junio 2025     | St1 a St8        | VMP 250 y EXO 2             |
| 4ª      | 28 julio 2025     | St7 a St13 + St5 | VMP 250 y EXO 2             |
| 5ª      | 28 octubre 2025   | St1 a St8        | VMP 250 y EXO 2             |
| 6ª      | 31 octubre 2025   | St7 a St13 + St5 | VMP 250, EXO 2 y CODE/DAVIS |
| 7ª      | 19 noviembre 2025 | St1 a St8        | VMP 250, EXO 2 y CODE/DAVIS |
| 8ª      | 9 diciembre 2025  | St7 a St13 + St5 | VMP 250 y EXO 2             |
| 9ª      | 15 de enero 2026  | St1 a St8        | VMP 250 y EXO 2             |
| 10ª     | 22 enero de 2026  | St7 a St13 + St5 | VMP 250, EXO 2 y CODE/DAVIS |

### 3. Ejecución y Resultados Preliminares

Las campañas oceanográficas descritas en este informe forman parte del proyecto SIRENA, cuyo objetivo es estudiar la dinámica costera física y bioquímica en la región sureste de Gran Canaria, donde se localizan las granjas acuícolas de estudio.

Se realizaron un total de 10 campañas oceanográficas, desarrolladas los días 5 de marzo, 7 de abril, 31 de junio, 28 de julio, 28 de octubre, 30 de octubre, 19 de noviembre y 9 de diciembre de 2025, así como el 15 y el 22 de enero de 2026. Estas campañas se diseñaron para caracterizar las condiciones oceanográficas de la zona costera en distintas épocas del año, proporcionando información clave para comprender la variabilidad temporal, la dinámica costera y los procesos de mezcla en el área de estudio. Los datos obtenidos servirán, además, para la validación del modelo de alta resolución desarrollado en la actividad A3, integrándose con la información procedente de imágenes de satélite analizadas en la actividad A1.

Durante las campañas se empleó de forma sistemática el perfilador de turbulencia VMP 250 y la sonda multiparamétrica EXO2. Adicionalmente, en las campañas del 31 de octubre y 19 de noviembre de 2025, así como en la del 22 de enero de 2026, se incorporaron boyas de deriva CODE/DAVIS para el estudio de la circulación y la temperatura superficial del mar, las cuales no se habían utilizado en campañas anteriores debido a que no se disponía de este instrumental en ese momento. Este conjunto instrumental permitió obtener mediciones in situ de turbulencia, temperatura, salinidad, fluorescencia, turbidez y oxígeno, así como información lagrangiana de la dinámica superficial, resultando fundamental para el análisis de los procesos físicos y bioquímicos de la zona costera.

La Figura 1 muestra el mapa general de la zona de estudio al sur de Gran Canaria, donde se representan las estaciones de muestreo (puntos rojos) y las jaulas de acuicultura presentes en la región (polígonos azules), ofreciendo una visión completa del área cubierta por las campañas oceanográficas.

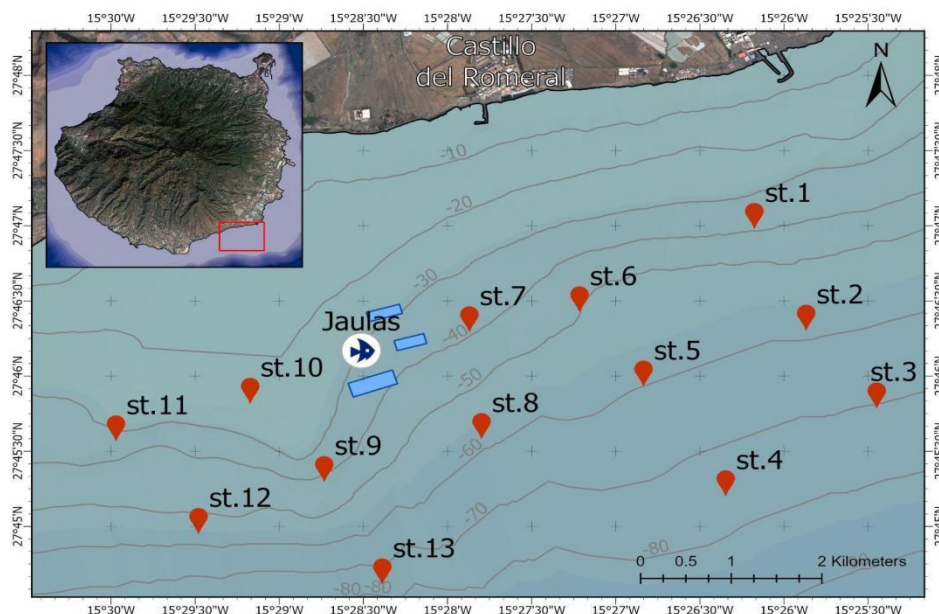


Figura 1. Mapa de la zona de estudio al sur de Gran Canaria. Los puntos rojos indican la ubicación de las estaciones de muestreo propuestas. Los polígonos azules representan las jaulas de acuicultura presentes en la región.

Previo a cada una de las campañas, se llevaron a cabo los procedimientos de recepción, verificación y calibración de los instrumentos empleados, garantizando la fiabilidad de las mediciones obtenidas tanto con la sonda multiparamétrica EXO2 como con el perfilador de turbulencia VMP 250.

A lo largo de las 10 campañas realizadas en 2025, se muestrearon de forma sistemática las estaciones definidas en el área de estudio, cubriendo tanto la zona norte como la sur de las granjas acuícolas. Las campañas iniciales permitieron establecer una caracterización de referencia de las condiciones oceanográficas, mientras que las campañas posteriores ampliaron la cobertura espacial y temporal, incorporando distintas épocas del año con el fin de analizar la variabilidad estacional y los procesos de mezcla en la columna de agua.

En todas las campañas se repitió el muestreo en estaciones previamente visitadas (por ejemplo, St5 y St7), con el objetivo de evaluar la variabilidad temporal de las variables observadas y verificar la consistencia y el correcto funcionamiento de los equipos. Este conjunto de observaciones constituye una base de datos robusta que permitirá realizar comparaciones temporales y espaciales, contribuyendo de manera directa al cumplimiento de los objetivos científicos del proyecto SIRENA.

Desde el punto de vista metodológico, cada instrumento se utilizó de la siguiente forma:

- **Perfilador de turbulencia VMP 250:** Se utilizó el perfilador de turbulencia VMP 250 (Figura 2b) para medir la intensidad de la turbulencia a diferentes profundidades. En cada estación de muestreo, se realizaron tres descensos (casts) en caída libre, obteniendo perfiles detallados de los gradientes verticales de turbulencia con la estadística necesaria para la estimación del ritmo de disipación de la energía cinética turbulenta. Para proteger los sensores, los descensos se interrumpieron ligeramente antes de llegar al fondo oceánico, evitando posibles golpes que pudieran dañar el equipo. Estos datos son fundamentales para analizar los procesos de mezcla en la columna de agua y se registraron en todas las estaciones de las 10 campañas oceanográficas.
- **Sonda Multiparamétrica EXO2:** La sonda multiparamétrica EXO2 (Figura 2a) fue utilizada para medir las variables físicas y bioquímicas del agua, tales como temperatura, salinidad, fluorescencia, turbidez y oxígeno. El sensor se empleó en cada estación de muestreo a diferentes profundidades, llegando prácticamente hasta el fondo oceánico. Esto permitió obtener perfiles completos de la columna de agua con mediciones en tiempo real, proporcionando información detallada para el análisis de la dinámica y las propiedades físico-químicas en las 10 campañas oceanográficas.
- **Boyas de deriva CODE/DAVIS:** Las boyas de deriva CODE/DAVIS (Figura 2c) se incorporaron en las campañas de finales de octubre y noviembre, ya que no se disponía de ellas en campañas anteriores. Estas boyas permitieron caracterizar la circulación superficial y registrar la temperatura superficial del mar (SST) durante su deriva. Se liberaron en puntos estratégicos cercanos a las estaciones de muestreo, registrando su posición mediante GPS y la SST a intervalos regulares, proporcionando información lagrangiana de la dinámica superficial que complementa los perfiles verticales obtenidos con VMP 250 y EXO2.

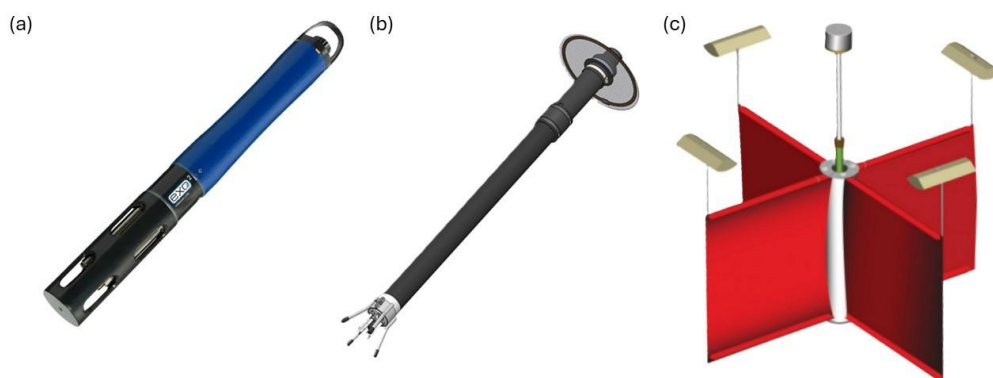


Figura 2. Instrumental utilizado en las campañas oceanográficas: (a) sonda multiparamétrica EXO2, (b) perfilador de turbulencia VMP 250, (c) boyas de deriva CODE/DAVIS.



## 4. Metodología y tecnologías para el análisis de riesgos marinos

Este apartado detalla los puntos clave tratados en la Jornada Final del Proyecto SIRENA. A continuación, explico la metodología que seguimos en el trabajo de campo, los equipos de última generación que utilizamos para las mediciones. En esencia, es un recorrido por todo lo que hemos hecho para entender mejor cómo se comporta nuestro entorno marino y cómo gestionar sus riesgos.

### 4.1. Marco Institucional y Financiación

El proyecto SIRENA se desarrolla bajo la coordinación del Instituto Universitario de Acuicultura Sostenible y Ecosistemas Marinos (ECOQUA) de la ULPGC, en colaboración con el CSIC y el ICMAT. Esta iniciativa está cofinanciada por la Unión Europea a través del fondo FEMPA y cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico mediante el Programa Pleamar.



**Jornada Final del Proyecto SIRENA**

**Panel: Cómo trabajamos en SIRENA: metodología y tecnologías para el análisis de riesgos marinos**

*Ponente: Jacob Stefan Torres Ojeda, OFYGA - ECOQUA, ULPGC*



*Este proyecto se desarrolla con la colaboración de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, y se cofinancia por la Unión Europea por el FEMPA (Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura).*

Figura 3. Portada de la presentación de la Jornada Final del Proyecto SIRENA, mostrando los logotipos de las instituciones participantes y el apoyo financiero.

## 4.2. Metodología de Muestreo y Área de Estudio

Las campañas de toma de datos se han localizado en el litoral de Castillo del Romeral (Gran Canaria).

- Se estableció una malla de 13 estaciones de muestreo (st.1 a st.13) estratégicamente situadas alrededor de las jaulas de acuicultura.
- El diseño experimental permite monitorizar la columna de agua tanto en las zonas de influencia directa de la actividad como en puntos de control adyacentes.

### Campañas SIRENA: Operaciones a bordo y toma de datos

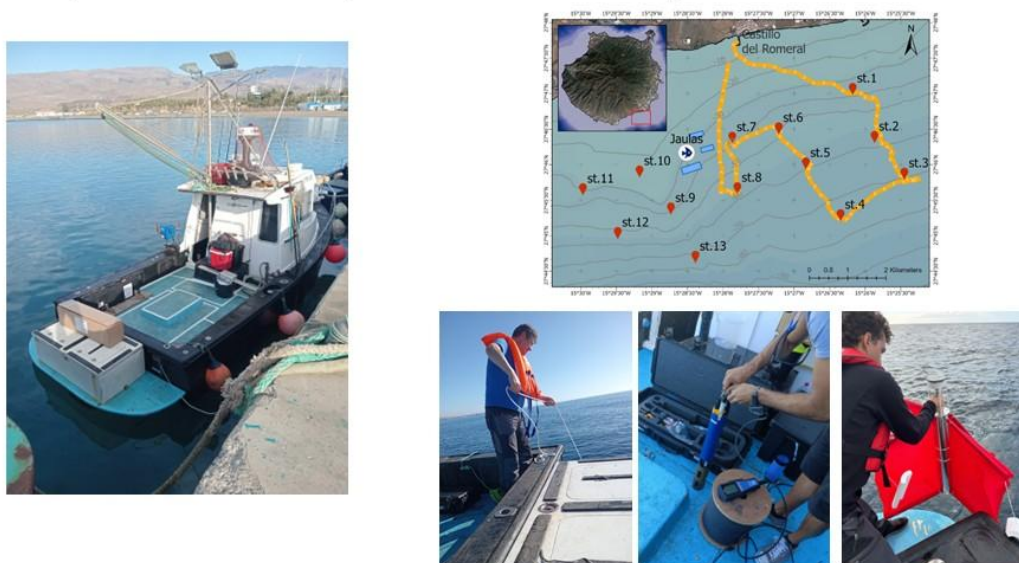


Figura 4. Mapa detallado del área de estudio frente a Castillo del Romeral (Gran Canaria), mostrando la red de 13 estaciones de muestreo perimetrales a las instalaciones de acuicultura y operaciones de toma de datos a bordo.

## 4.3. Equipamiento Científico Utilizado

Para la ejecución de la Actividad A2 se emplearon tres sistemas tecnológicos avanzados:

- Sonda Multiparamétrica EXO2 (YSI): Utilizada para obtener perfiles físico-químicos a una frecuencia de 1 Hz.
- Perfilador VMP-250 (Rockland Scientific): Instrumento de alta precisión para medir microestructura turbulenta y tasa de disipación de energía ( $\epsilon$ ) a frecuencias de 512 Hz y 64 Hz.
- Derivadores Lagrangianos CODE-DAVIS: Boyas equipadas con GPS y telemetría Iridium para el seguimiento de corrientes y temperatura superficial (SST).

## Equipamiento científico y parámetros medidos

Sonda Multiparamétrica EXO2  
YSI (Xylem Inc.)



- Temperatura
- Conductividad
- Salinidad
- pH
- Sólidos disueltos totales
- Turbidez
- Saturación de oxígeno disuelto
- Oxígeno disuelto

Perfilador de microestructura turbulenta  
VMP-250 Rockland Scientific International  
Ltd.



- Temperatura
- Conductividad
- Salinidad
- Cizalla
- Clorofila
- Turbidez
- Densidad potencial
- Tasa de disipación de energía cinética turbulenta ( $\epsilon$ )

Derivador CODE-DAVIS  
METEOCEAN



- Sensor de temperatura superficial
- Receptor GPS
- Telemetría satelital basada en Iridium

Figura 5. Equipamiento científico principal utilizado en las campañas: Sonda Multiparamétrica EXO2, Perfilador de Microestructura Turbulenta VMP-250 y Derivador Lagrangiano CODE-DAVIS.

### 4.4. Resultados: Caracterización Físico-Química (Sonda EXO2)

A través de perfiles verticales representativos, la sonda EXO2 ha permitido monitorizar las siguientes variables fundamentales:

- Variables medidas: Temperatura, Conductividad, Salinidad, pH, Sólidos disueltos totales, Turbidez, Saturación de oxígeno y Oxígeno disuelto.
- Observaciones: Los perfiles permiten identificar la estratificación térmica y la ventilación de la masa de agua, proporcionando indicadores directos sobre la salud ambiental del entorno marino.

## Sonda Multiparamétrica EXO2 || YSI (Xylem Inc.)

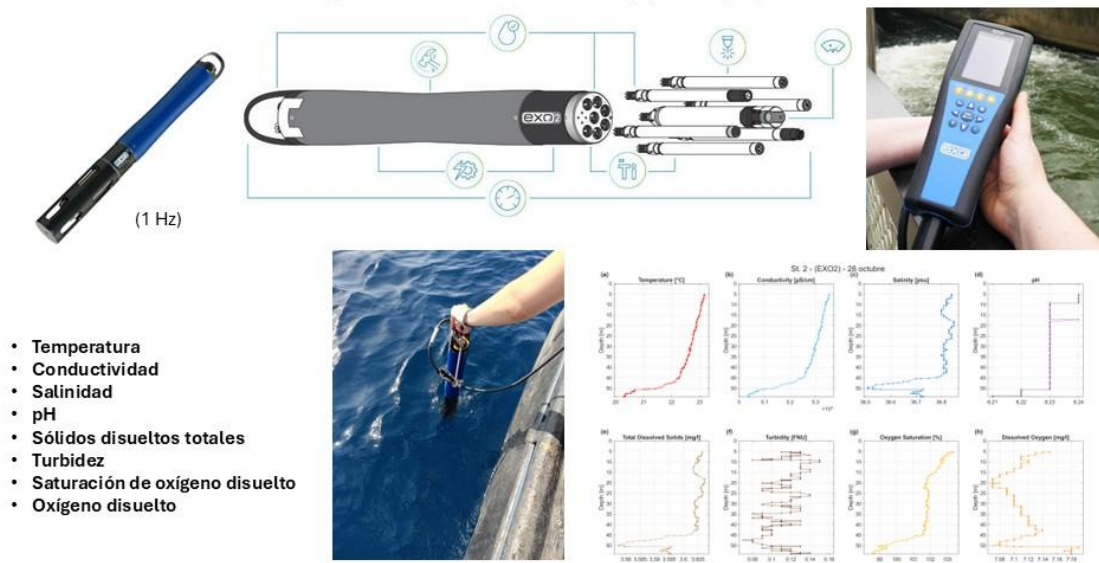


Figura 6. Descripción de sensores y perfiles verticales obtenidos con la sonda multiparamétrica EXO2, incluyendo ejemplo de los resultados.

### 4.5. Resultados: Análisis de Microestructura y Turbulencia (VMP-250)

El uso del perfilador VMP-250 ha aportado una capa de información física de alta resolución, analizando procesos que las sondas convencionales no detectan:

- Variables medidas: Temperatura, Conductividad, Salinidad, Cizalla (Shear), Clorofila, Turbidez, Densidad potencial y la Tasa de disipación de energía cinética turbulenta  $\epsilon$ .
- Capacidad técnica: Este equipo permite observar cómo se mezcla el agua y cómo se dispersan los elementos (nutrientes, partículas) gracias a su gran aumento de la resolución vertical.

## Perfilador de microestructura turbulenta VMP-250 Rockland Scientific International Ltd.

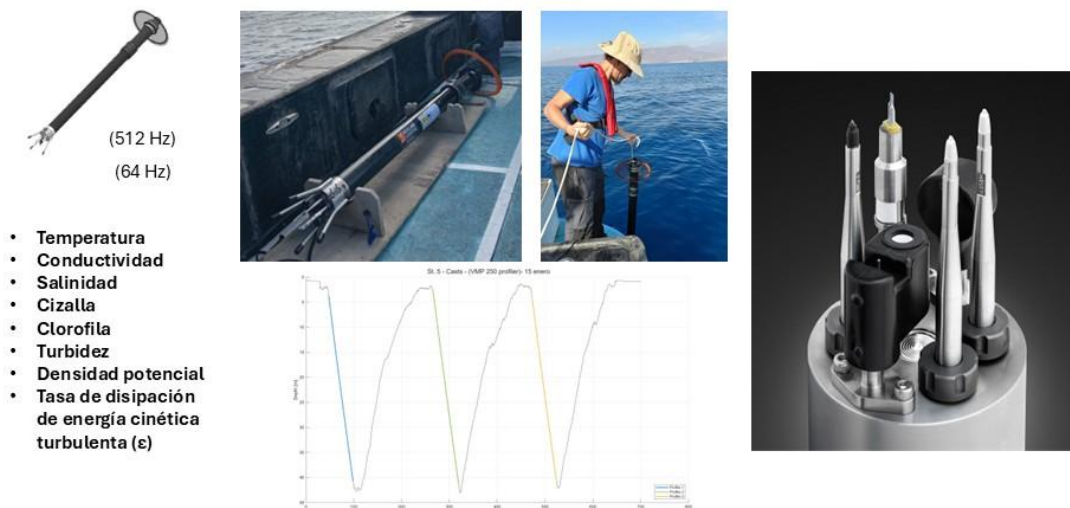


Figura 7. Detalle del despliegue del perfilador VMP-250, mostrando la secuencia de lanzamientos (casts) en y la metodología de utilizada para la captura de datos de microestructura.

Para completar el análisis del comportamiento físico de la masa de agua, se aplicaron técnicas avanzadas de procesamiento de señales a los datos de alta frecuencia capturados durante los perfiles verticales. Este procedimiento permite cuantificar la energía que se transfiere desde las escalas más grandes de movimiento hacia los remolinos más pequeños, donde finalmente se disipa en forma de calor. La caracterización de esta turbulencia es una pieza clave para entender cómo se mezclan los nutrientes y cómo se dispersan los sedimentos o cualquier otra partícula en suspensión.

## Perfilador de microestructura turbulenta VMP-250 Rockland Scientific International Ltd.

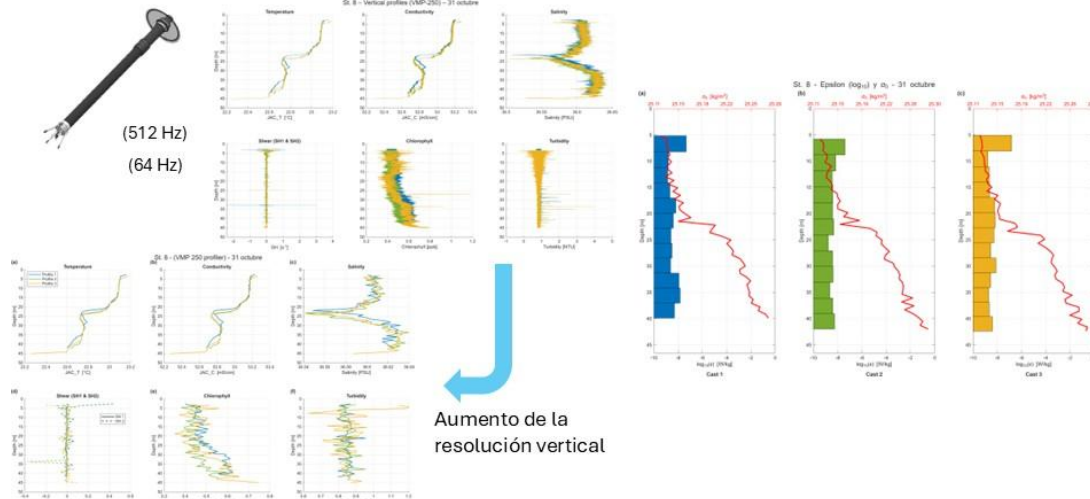


Figura 8. Detalle del procesado de datos del VMP-250.

### 4.6. Resultados: Dinámica de Corrientes y Conectividad

El despliegue de derivadores ha facilitado el estudio del transporte de agua y la conectividad entre islas:

- Variables medidas: Posición GPS (trayectorias lagrangianas) y Temperatura Superficial del Mar (SST).
- Análisis: Los datos muestran la evolución térmica estacional del agua y el recorrido de las masas superficiales, lo cual es esencial para predecir el desplazamiento de posibles riesgos a escala regional.

## Derivador CODE-DAVIS || METOCEAN

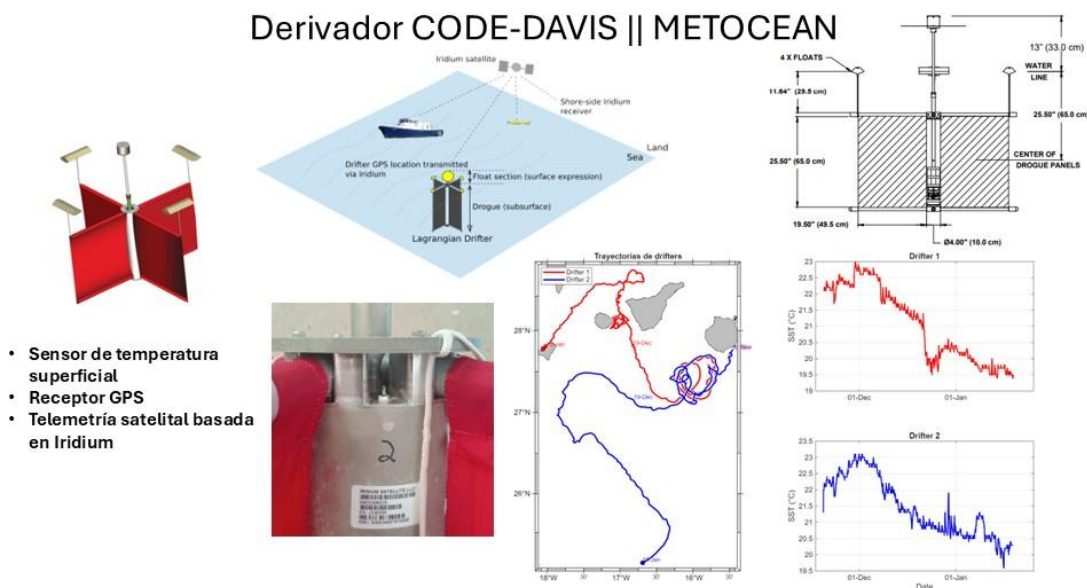


Figura 9. Resultados del derivador CODE-DAVIS, mostrando las trayectorias lagrangianas entre islas y la serie temporal de temperatura superficial (SST) registrada por telemetría satelital.

### 4.7. Conclusiones

La metodología aplicada en SIRENA permite una monitorización de alta precisión que es fundamental para:

- Detectar anomalías en la calidad del agua de forma temprana.
- Modelar la dispersión de partículas y nutrientes en el entorno de la acuicultura.
- Entender la conexión entre los distintos procesos oceánicos para la prevención de riesgos ambientales.