

## PLAN DE CAMPAÑA

### **RADPROF2025**

B/O Odón de Buen

9 - 19 julio 2025 (Vigo - A Coruña)



**Jefe científico:** M. Mar Nieto Cid  
(IEO A Coruña)

Puerto de salida: **VIGO (9 julio 2025)**  
Puerto de llegada: **A CORUÑA (19 julio 2025)**

## INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos del proyecto RADIALES-NOROESTE (mediante las campañas RADPROF) es el mantenimiento de un sistema observacional para dar continuidad a las series temporales de hidrografía oceánica en la región de Galicia-Cantábrico comenzada en 2003 en el marco del proyecto del Plan Nacional VACLAN y continuada por el proyecto COVACLAN. Ambos proyectos, y especialmente el segundo, pretendieron la consolidación de las series temporales en la región Galicia-Cantábrico a imagen de grandes programas internacionales que desarrollan los países destacados en el ámbito oceanográfico. Tales sistemas de observación deben mantenerse para la comprensión adecuada de la evolución del clima y de los sistemas oceánicos en un escenario de cambio climático. El proyecto RADIALES-NOROESTE permite el mantenimiento de las series en la región del margen Ibérico Atlántico.

En este contexto, el proyecto RADIALES\_NOROESTE da cobertura a la realización en 2025 de la campaña RADPROF2025, continuación de más de 25 campañas previas, así como futuras campañas equivalentes con carácter anual. Desde el año 2014 en el radial de Fisterra se incluyen medidas de variables de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en agua de mar, relacionadas con la acidificación oceánica, y de biología, para su seguimiento rutinario. En el año 2020 la sección de RADPROF se acometió dentro del proyecto iFADO (Innovation in the framework of the Atlantic deep ocean, EAPA\_165/2016) donde se realizaron algunas radiales adicionales, en torno a la costa gallega para suplir la falta de la campaña PELACUS de dicho año.

Para contribuir al logro de los objetivos científicos de muestreo del océano profundo y de cooperación regional, se propone la realización de la RADPROF2025 a bordo del B/O Odón de Buen (en sustitución del B/O Ángeles Alvariño) con participación de investigadores de distintos centros del IEO para complementar las variables medidas habitualmente. RADPROF es un transecto de estaciones oceanográficas entre la costa y aguas profundas (>4000 m) correspondiente a los muestreos de la sección de Cabo Finisterre que mantiene el IEO anualmente desde 2003 (campañas RADPROF). La campaña estándar se complementará con medidas adicionales (metales, microplásticos) y, de ser posible, se incorporará un muestreo intensivo de zooplancton en dos estaciones. Entendemos que esta es una situación sobrevenida y que el B/O Odón de Buen aún está en pruebas.

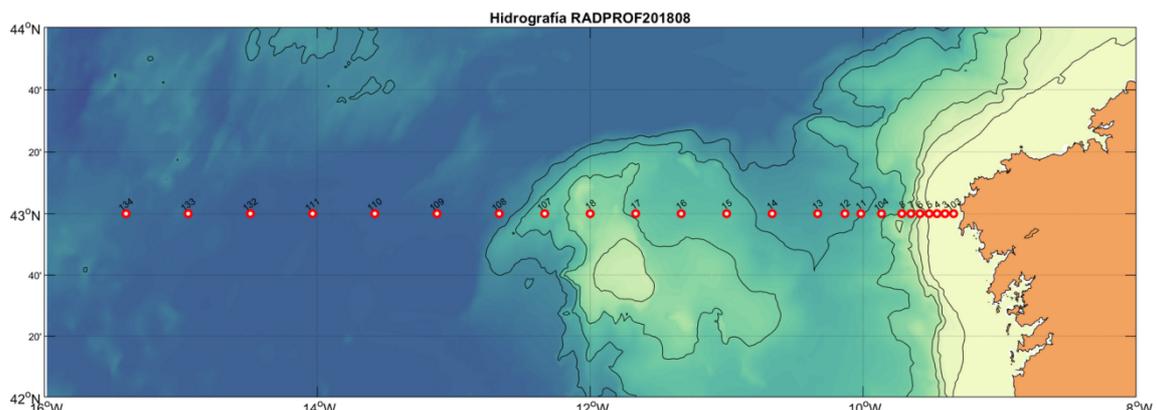
## OBJETIVOS CIENTÍFICOS DE LA CAMPAÑA

Los objetivos de la campaña RADPROF2025 son:

- 1) Observación de variables físicas, biogeoquímicas y biológicas del plancton, así como de basuras marinas y metales, desde la costa hasta el océano abierto en el radial profundo de Fisterra (43° N), donde se produce la exportación del material generado en el sistema de afloramiento de Galicia.
- 2) Desarrollo y estandarización de protocolos comunes para la identificación y cuantificación del plancton (fitoplancton y zooplancton) mediante métodos semiautomáticos, incluyendo el estudio del plancton en capas profundas.
- 3) Desarrollo de indicadores del estado del ecosistema relevantes para la Directiva Marco de las Estrategias Marinas (EEMM) a partir de medidas biogeoquímicas, medidas semiautomáticas del plancton y de medidas de basuras marinas.
- 4) Comparación de datos con productos de satélite innovadores para la investigación y el desarrollo de indicadores relacionados con el ecosistema pelágico, incluyendo soporte a descriptores de las EEMM.

## DESARROLLO

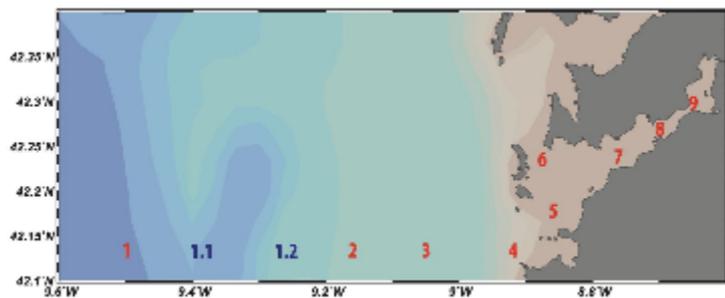
Se presenta el mapa de estaciones que se realizan todos los años en las campañas RADPROF (Figura 1):



**Figura 1.** Mapa de estaciones de las campañas RADPROF.

En esta ocasión los análisis de oxígeno disuelto, así como de las variables del CO<sub>2</sub> en agua de mar, serán realizados por el grupo de investigación Procesos Oceánicos en Cambio Global perteneciente al Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC). Esta colaboración, que permitirá completar la información biogeoquímica de la campaña, está coordinada por X. A. Padín, IP del del proyecto REDEIRA (Investigación,

desarrollo e Innovación de una Red de Observación Costera: Ría de Arousa, Proyecto Estratégico Orientado a la Transición Ecológica y a la Transición Digital; TED2021-132188B-I00). Motivados por esta colaboración y sacando partido de que el puerto de salida es Vigo, el primer día de la campaña se realizará el muestreo de algunas de las estaciones del proyecto (campañas ARIOS; Figura 2), que forman parte de una de las series temporales de medidas biogeoquímicas más largas que existen en un sistema de afloramiento.



**Figura 2.** Mapa de estaciones de las campañas ARIOS.

CRONOGRAMA TENTATIVO (el plan de trabajo más detallado, por estaciones, está en un fichero Excel):

- *Días 7-8 de julio:* embarque material y personal en Vigo.
- *Día 9 de julio:* a primera hora realización del muestreo ARIOS, luego navegación hacia las estaciones profundas. Comienzo del radial profundo de Fisterra. En función de la previsión meteorológica, y de si el cable del CTD/roseta está bien estibado, puede hacerse el radial en un sentido o en otro. La preferencia inicial será empezar por las estaciones más profundas y alejadas de la costa.
- *Días 10 a 18 julio (9 días):* muestreo hidrográfico (roseta y botellas niskin), pescas y despliegue de boyas (lagrangianas y ARGO).
- *Día 19 de julio:* llegada a A Coruña.
- *Días 19-20 julio:* en el Puerto da Coruña, actividades de protocolo y divulgación en el buque, junto con el desembarque de muestras, material y personal (parte del equipamiento y muestras de los grupos de Vigo se desembarcarán en A Coruña y parte, como los contenedores, quedarán en el buque y se desembarcarán en Vigo en septiembre, después de los actos y campañas a realizar en las Islas Canarias).

## ACTIVIDADES

- En navegación, irá funcionando en pruebas el continuo FerryBox. Llevaremos trabajando en continuo los equipos del buque que estén entregados, como la estación meteorológica, el ADCP de casco (perfilador de corrientes VMADCP), así como la sonda acústica SIMRAD EK60 (para zooplancton), aunque no estén calibrados. El equipo del IIM de Vigo colocará equipos de medida en continuo que permitirán calibrar algunos de los sensores del FerryBox.
- En cada estación se hará un perfil con el sistema CTD+roseta+LADCP (roseta de 24 posiciones con botellas de 12 L; IEO-Vigo/UTM) que se instalará antes de la salida de Vigo. Se realizarán por tanto perfiles con los sensores básicos del CTD así como oxígeno disuelto y fluorescencia/turbidez, y LADCP. A bordo se determinará pH, oxígeno disuelto, alcalinidad total y salinidades (estos últimos análisis se realizarán en temperatura controlada a bordo del contenedor de salinidades del IEO y usando un salinómetro del IEO). Se prevé tomar muestras y conservarlas (congelación) para nutrientes inorgánicos en todas las estaciones y profundidades (para algunas de estas se recogerán duplicados aplicando un nuevo método de conservación para su comparación). Se ha planificado medir pH y O<sub>2</sub> en todas las estaciones y profundidades, 5-10 muestras de salinidad por estación y TA cada dos estaciones en todas las profundidades. Diariamente se revisarán las necesidades de agua en las estaciones próximas y la necesidad de réplicas.
- Las estaciones BIO (005, 008, 011, 016, 108, 111 y 134) conllevan muestreo biológico con redes de plancton estándar (WP2 y Bongo; ver descripción más abajo) y muestreo de microbiología, materia orgánica disuelta y particulada, y metales. En estas estaciones se filtrarán volúmenes grandes de agua (2.5-4.5 L) en algunas masas de agua para análisis del material particulado (POM) y se tomarán muestras para carbono y nitrógeno orgánicos (viales de 30 mL) que se congelarán y se analizarán en el laboratorio (IEO Coruña).
- En las estaciones anteriores, se obtendrán además muestras de material particulado de la superficie y del máximo profundo de clorofila (DCM) para analizar los pigmentos fotosintéticos mediante HPLC, composición taxonómica de fitoplancton mediante métodos tradicionales (Utermöhl), y análisis de abundancia y composición del zooplancton.
- Muestreo de microplásticos en columna de agua. En dos de las estaciones BIO (011 y 111) se recogerán muestras para microplásticos en la columna de agua (una roseta completa por muestra) para analizar y comparar la cantidad de plásticos de las tres principales masas de agua de la zona, entre ellas la de origen mediterráneo.

- Muestreo para el análisis de metales. Se tomará agua de la toma en continuo del barco para medir metales y adicionalmente con tiradas de 8 botellas Niskin, específicas para metales, en línea hasta 2000 m. Los perfiles verticales para metales se realizarían en las estaciones BIO añadiendo las estaciones 103, 014 y 109.
- En la zona del filamento de Finisterre (que normalmente está desarrollado entre estaciones 005 y 011) se lanzarán las boyas de deriva para estudiar el efecto de las corrientes cerca de la superficie en el transporte de partículas. En esta zona también se desplegará una boya tipo ARGO.

#### DESCRIPCIÓN DEL MUESTREO DE ALGUNAS VARIABLES:

**Materia orgánica disuelta (DOM):** Se determinará la concentración de carbono y nitrógeno orgánico disuelto (DOC/TDN) en las estaciones BIO, hasta 8-9 niveles de profundidad (superficie, DCM, 100 m, 250 m, 800 m, 1000 m, 1800 m, 2750 m, 5000 m). Las muestras se recogerán de la roseta en botes de vidrio de 250 mL. Las muestras para DOC/TDN se congelarán en viales de 30 mL y se medirán en el laboratorio base con un analizador Shimadzu mediante combustión catalítica a alta temperatura.

**Materia orgánica particulada (POM):** Se determinará la concentración de carbono y nitrógeno orgánico particulado en muestras de 8 niveles de profundidad en cada estación BIO. El material se recogerá por filtración sobre filtros GF/F de hasta 4 L de agua recogida con las botellas Niskin de la roseta. Las muestras se secarán a bordo y se conservarán en desecadores hasta su traslado al laboratorio. Allí se analizarán en un analizador elemental acoplado a un espectrómetro de masas para la determinación adicional de la abundancia natural de isótopos estables de carbono y nitrógeno.

#### **Abundancia, biomasa y composición del plancton eucariota y estructura trófica:**

- El microplancton (fitoplancton y microzooplancton) se muestreará mediante pescas verticales de una red de 30 cm de diámetro y 40 µm de malla entre la superficie y 200 m de profundidad. Las muestras se fijarán con formaldehído (4% concentración final) y se conservarán hasta su análisis en el laboratorio mediante un sistema semiautomático FlowCam-ECOTAXA. Adicionalmente se recogerán muestras de la superficie y del DCM de la roseta para el análisis detallado del fitoplancton mediante FlowCam-ECOTAXA. De estas mismas profundidades se recogerán hasta 2 L de agua para concentrar fitoplancton por filtración sobre filtros GF/F y su posterior análisis de pigmentos por HPLC. Estas últimas muestras se conservarán congeladas, primero en nitrógeno líquido y después en congelador de -20°C.

- El meso- y macrozooplancton (>200  $\mu\text{m}$ ) se muestrearán de forma estándar mediante pescas verticales de una red tipo WP2 de 50 cm de diámetro y 200  $\mu\text{m}$  de malla entre la superficie y 200 m de profundidad. Las muestras se fijarán con formaldehído y se conservarán hasta su análisis en el laboratorio mediante un sistema semiautomatizado (Zoolmage-ECOTAXA).

-- La composición taxonómica de ciliados a partir de muestras fijadas con lugol acético (100 mL en botellas plásticas; método tradicional de Utermöhl) en superficie y DCM.

- Pico- y nanoplancton (<5  $\mu\text{m}$ ). Las bacterias y el picofitoplancton serán identificados y contados por citómetro de flujo en tierra, usando las muestras recogidas en la profundidad seleccionada con la roseta. Las muestras serán preservadas con una mezcla de glutaraldehído + paraformaldehído, congeladas en nitrógeno líquido y almacenadas a -20°C hasta su posterior análisis.

**Metales:** Se medirán los metales clasificados como contaminantes dentro de las directivas marco (plomo, cadmio), metales considerados como micronutrientes y esenciales para determinados organismos (hierro, cobalto, cobre) y contaminantes inorgánicos emergentes derivados de las nuevas tecnologías (elementos del grupo del platino y tierras raras). Para el muestreo de metales, una vez llegan las botellas Niskin al barco, es necesario crear una burbuja aséptica con plástico para evitar la contaminación de las muestras. Esto se realizará en el contenedor de "citometría" del IEO que se embarcará en el Odón de Buen en Vigo previamente a la campaña).

## PERSONAL

Listado de personal:

|    | Apellidos           | Nombre        | Centro           |
|----|---------------------|---------------|------------------|
| 1  | NIETO CID           | MARÍA DEL MAR | IEO-COAC (CSIC)  |
| 2  | RODRÍGUEZ RAMOS     | TAMARA        | IEO-COAC (CSIC)  |
| 3  | ÁLVAREZ FERNÁNDEZ   | MARÍA JESÚS   | IIM (CSIC)       |
| 4  | MARIGÓMEZ ROLDÁN    | BLANCA        | IIM (CSIC)       |
| 5  | MORENTE FONTELA     | MARCOS        | IIM (CSIC)       |
| 6  | PÉREZ GUERRERO      | BERNARDO      | IEO-COST (CSIC)  |
| 7  | BERNÁRDEZ RODRÍGUEZ | PATRICIA      | IEO-COV (CSIC)   |
| 8  | VISOS MÍGUEZ        | ALBA          | IEO-COAC (CSIC)  |
| 9  | RODRÍGUEZ GARCÍA    | CARLOTA       | IEO-COAC (CSIC)  |
| 10 | SANJURJO GARCÍA     | ADRIÁN        | IEO-COAC (CSIC)  |
| 11 | SILVA LÓPEZ         | JORGE         | IEO-COV (CSIC)   |
| 12 | SANTOS ECHEANDÍA    | JUAN          | IEO-COV (CSIC)   |
| 13 | FERNÁNDEZ LAMAS     | ÁNGEL         | IEO-COAC (CSIC)  |
| 14 | RODRÍGUEZ ABAL      | DANIEL        | IEO-COAC (CSIC)  |
| 15 | RUIZ VILLARREAL     | MANUEL        | IEO-COAC (CSIC)  |
| 16 | DELGADILLO NUÑO     | ERICK         | IEO-COAC (CSIC)  |
| 17 | GRANELL MIYAR       | MARÍA TERESA  | IEO-Gijón (CSIC) |
| 18 | REDONDO CARIDE      | WALDO         | IEO-COV (CSIC)   |

## RELACIÓN DE MATERIAL A UTILIZAR

Además de los equipos indicados a continuación se llevarán listados detallados del material a embarcar por cada laboratorio en documentos aparte. Como anexo se indica la lista de reactivos químicos a embarcar.

EQUIPAMIENTO A BORDO (identificando el proveedor):

- 1) CTD SBE911 con sensores de T, Sal, Fluorescencia, presión y oxígeno, transmitancia, CDOM, PAR. IEO-VIGO/UTM
- 2) LADCP 150+300 con cabezales de repuesto. IEO
- 3) Salinómetro. UNIDAD de BUQUES IEO
- 4) ADCP de casco. B/O ODÓN
- 5) Sonda acústica SIMRAD EK60 (para zooplancton). B/O ODÓN
- 6) Contenedor de "citometría" (20') para muestreo y preparación de muestras de metales. UNIDAD DE BUQUES IEO
- 7) Contenedor de "salinidad" (10') con salinómetro Autosal. UNIDAD DE BUQUES IEO

8) Red bongo para pescas superficiales. Para la realización de las pescas con la red Bongo se solicita la colocación de una sonda Transponder (preferentemente) o SCANMAR. IEO-CORUÑA y B/O ODÓN

9) Lupa. B/O ODÓN

10) Autoclave. B/O ODÓN

11) Estufa. B/O ODÓN

12) Agua MQ. B/O ODÓN

13) Congeladores (-20) y nevera "walk-in". B/O ODÓN

14) Toma de agua de mar en continuo del barco. B/O ODÓN

15) Lastres para redes de plancton (10, 20 kg). IEO

16) Sistema FerryBox. B/O ODÓN

## EQUIPOS/MATERIAL A EMBARCAR

### *IEO Coruña:*

- 2 trenes de filtración
- 4 rampas de filtración a vacío, bombona, jeringuillas, ampollas, filtros, etc
- 2 Redes WP2: 50 cm diámetro, 200 µm malla
- 2 redes de microplancton: 30 cm diámetro, 40 µm malla
- 2 redes bongo: 50 cm diámetro, 333 µm malla
- 2 Bombas aspiradoras de agua para filtración de gran volumen, Eyela
- 3 Boyas lagrangianas de deriva
- 1 Boya ARGO
- 

### *IEO Vigo:*

- 8 botellas oceanográficas específicas para medidas de metales con sus respectivos mensajeros
- Botellas de plástico para preservación de muestra
- Filtro de cartucho en línea para filtrar muestras de la toma en continuo del barco
- Tubería variada de goma y plástico

### *IIM:*

- Espectrofotómetro Shimadzu
- Incubador
- Baños termostáticos x2
- Cubetas espectrofotométricas cuarzo (60 unidades)
- Titrando Methrom 809
- Agitador Methrom 808
- Dosificador Dosino Methrom 800
- Aquatrode Methrom sensor
- 4 Equipos informáticos portátiles
- Bidones 25 L, 3-4 unidades

- Matraz 5 L (2 unidades)
- Bureta knudsen 200mL
- Bomba de vacío
- Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI) 1-2 unidades
- 716 DMS Titrino Methrom
- 649 Agitador Methrom
- 665 Dosimat Methrom
- Unidad intercambiable 5 mL Dossimat Methrom
- Electrodo oxígeno
- Equipo ferry-box TS autocontenido en maleta pelicase
- Equipo CONTROS HydroC® CO<sub>2</sub> FT 2 unidades

### **DURACIÓN DE LA CAMPAÑA Y ESCALAS PREVISTAS**

La duración prevista es de 11 días. El puerto de salida previsto es Vigo, y el de llegada A Coruña.

### **DIFUSIÓN DE RESULTADOS**

Los datos obtenidos, propiedad de los participantes del proyecto, se depositarán en el banco de datos del IEO, también del ICES y de las EEMM, y podrán utilizarse de acuerdo con las reglas al uso en los Centros de Datos.

## LISTADO DE ESTACIONES A MUESTREAR

### RADPROF (Fisterra; Figura 1)

| Tipo           | Estaciones | Latitud | Longitud | Profundidad |
|----------------|------------|---------|----------|-------------|
| extra metales  | 103        | 43.0000 | -9.3367  | 56          |
|                | 003        | 43.0000 | -9.4000  | 120         |
|                | 004        | 43.0000 | -9.4583  | 158         |
| BIO            | 005        | 43.0000 | -9.5167  | 194         |
|                | 006        | 43.0000 | -9.5833  | 1000        |
|                | 007        | 43.0000 | -9.6500  | 1493        |
| BIO            | 008        | 43.0000 | -9.7167  | 2232        |
|                | 104        | 43.0000 | -9.8658  | 2290        |
| BIO-μplásticos | 011        | 43.0000 | -10.0167 | 3036        |
|                | 012        | 43.0000 | -10.1333 | 3200        |
|                | 013        | 43.0000 | -10.3333 | 3325        |
| extra metales  | 014        | 43.0000 | -10.6667 | 3350        |
|                | 015        | 43.0000 | -11.0000 | 2477        |
| BIO            | 016        | 43.0000 | -11.3333 | 2486        |
|                | 017        | 43.0000 | -11.6667 | 2073        |
|                | 018        | 43.0000 | -12.0000 | 1736        |
|                | 107        | 43.0000 | -12.3333 | 2350        |
| BIO            | 108        | 43.0000 | -12.6667 | 4620        |
| extra metales  | 109        | 43.0000 | -13.1225 | 5140        |
|                | 110        | 43.0000 | -13.5783 | 5220        |
| BIO-μplásticos | 111        | 43.0000 | -14.0340 | 5242        |
|                | 132        | 43.0000 | -14.4898 | 5257        |
|                | 133        | 43.0000 | -14.9456 | >5200       |
| BIO            | 134        | 43.0000 | -15.4014 | >5200       |

Estas son las estaciones estándar del radial profundo de Fisterra. Se marcan en rojo las estaciones biológicas (BIO), en rojo y negrita las estaciones de muestreo de micro-plásticos, y en violeta las estaciones extra para metales.

### REDEIRA (ARIOS; Figura 2)

| Tipo | Estaciones | Latitud | Longitud | Profundidad |
|------|------------|---------|----------|-------------|
|      | 7          | 42.2400 | -8.7620  | 40          |
|      | 5          | 42.1620 | -8.8920  | 50          |
|      | 4          | 42.1330 | -8.9460  | 80          |
|      | 3          | 42.1330 | -9.0500  | 125         |
|      | 2          | 42.1330 | -9.1670  | 150         |
|      | 1.2        | 42.1330 | -9.2781  | 190         |
|      | 1          | 42.1330 | -9.5000  | 200         |

## REACTIVOS A EMBARCAR.

Listado de reactivos:

| REACTIVOS                          | [Conc ]            | Cantidad                      |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Iodato Potásico                    | 0.01 N             | 3 L                           |
| Tiosulfato de Sodio                | 0.03 M             | 4 L                           |
| R1: MnCl <sub>2</sub>              | 3 M                | 1 L                           |
| R2: Na+I NaOH                      | 4 M+8 M            | 1 L                           |
| R3: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 5 M                | 1 L                           |
| Lugol                              | diluido            | 1 L                           |
| HCl                                | 0.1 N              | 5 L                           |
| HCl comercial                      | 1 N                | 300 mL                        |
| Buffer ftalato                     | pH 4.3             | 100 mL                        |
| KCl                                | 3 M                | 100 mL                        |
| m-Cresol                           | 2 mM               | 250 mL                        |
| Acetona                            |                    | 500 mL                        |
| Formaldehído                       | 37%                | 4 L                           |
| Ácido tricloroacético              |                    | 500 g                         |
| Glutaraldehído                     |                    | 100 mL                        |
| Etanol                             |                    | 2.5 L                         |
| Leucina titriada                   |                    | 1 mCi                         |
| Filter count                       |                    | 10 L                          |
| P+G                                |                    | 100 mL                        |
| Lysis buffer                       |                    | 200 mL                        |
| OSIL Standards                     | agua de mar 35 psu | 8 botellas (200 mL botella)   |
| CO <sub>2</sub> estándar CRM       | agua de mar        | 5-7 unidades (450 mL/botella) |
| Nitrógeno líquido                  |                    | contenedor de 40 L            |