



## SOLICITUD DE BUQUE OCEANOGRÁFICO PLAN DE CAMPAÑA

### DATOS DEL/DE LA INVESTIGADOR/A PRINCIPAL:

Investigador/a principal: **Antonio Luciano Velo Lanchas (IP) / Fiz Fernández Pérez (co-IP)**

Organismo: CSIC

Centro: Instituto de Investigaciones Marinas

Dirección: c/ Eduardo Cabello, 6

Teléfono: 986231930

E-mail: [avelo@iim.csic.es](mailto:avelo@iim.csic.es)

### DATOS DEL PROYECTO:

Título del proyecto: **Biennial Observation of Carbon, Acidification, Transport and Sedimentation in the North Atlantic (BOCATS2)**

### PLAN DE CAMPAÑA.

Documento de formato libre en el que se describirá con suficiente detalle el plan de campaña, adjuntando uno o varios mapas detallados, así como todas las coordenadas de aquellos lugares en que se desarrolle la labor. A modo de índice, recogerá **obligatoriamente** los siguientes puntos:

- Acrónimo de la campaña.
- Jefe/a de campaña previsto.
- Duración máxima y mínima de la campaña y, en su caso, requerimientos de temporalidad debidamente justificados.
- Objetivos de la campaña.
- Mapa general y de detalle de las zonas de muestreo.
- Tabla con coordenadas de las estaciones, o del principio y final de las líneas o lances. Incluirá la profundidad de las estaciones o cualquier otro detalle de referencia. En el caso de campañas en las que los puntos de muestreo no se puedan definir a priori, descripción detallada de la zona de trabajo, así como del tipo de maniobras y operaciones previstas.
- Requerimiento detallado de apoyo por parte de la tripulación para las maniobras de cubierta. En el caso de fondeos, u otras maniobras no habituales, aportar el máximo detalle sobre la instrumentación y sobre la propuesta de maniobra.
- Instrumentación del buque o sistemas portátiles que se emplearán, tanto del sistema nacional, como del propio equipo científico, así como los requerimientos del personal técnico necesarios para la campaña.
- Requerimiento de apoyo técnico para asegurar el desarrollo de la campaña.



- Personal científico o técnico que embarcará y, en su caso, referencia a su responsabilidad en relación con las maniobras o sistemas de buque que se emplearán.
- Reactivos y materiales peligrosos que se plantea embarcar.
- Incluir el plan de trabajo diario de campaña, con el detalle de las maniobras y operaciones previsto.
- Alternativas en caso de mal tiempo que puedan afectar a los muestreos previstos.

***El/la IP contemplará que la información del plan de campaña que se incluya en este documento, definirá el contexto máximo de la campaña, en términos de área de trabajo, duración e instrumentación, que se pondrá a su disposición en caso de ser aprobado el proyecto.***

**NOTA.- El/la IP y/o jefe/a de campaña serán, en su caso, responsables de la tramitación inicial de los permisos de trabajo en aguas extranjeras o en zonas protegidas.**

RESUMEN DEL PLAN DE CAMPAÑA (máximo 10 líneas)

Las dos campañas constan de una Fase I idéntica en 2021 y 2023, que consistirá en realizar la sección A25-OVIDE en 39 días, un transecto desde cerca de Lisboa hasta el extremo sur de Groenlandia que ya se hizo en el BIO SdG en 2012 y 2016. Será una campaña hidrográfica con 98 estaciones de Roseta/CTD hasta fondo. Se tomarán muestras de parámetros biogeoquímicos que se almacenarán o analizarán a bordo y se emplearán los ADCPS de buque en continuo y roseta en estación para computar velocidades a lo largo de la sección. Se lanzarán 24 (~12 en 2023) flotadores deep Arvor. En la Fase II, de 11 días (15 en 2023) de duración se realizarán prospecciones con Box-Corer y Piston/Gravity-Corer en 3 ubicaciones (4 en 2023) siguiendo la alineación de la Bight Fracture Zone (Charlie-Gibbs Fracture Zone en 2023). Previamente, se realizará en cada estación una malla de registro con sondas multihaz y paramétrica, para la caracterización de los cuerpos sedimentarios.

## **PLAN DE CAMPAÑA**

### **Acrónimo de la campaña**

- Campaña 2021: **BOCATS-COMFORT**
- Campaña 2023: **BOCATS-2023**

### **Jefe/a de campaña previsto**

- BOCATS-COMFORT (2021)
  - Fase I: Fiz Fernández Pérez
  - Fase II: Guillermo Francés Pedraz



- BOCATS-2023
  - Fase I: Fiz Fernández Pérez
  - Fase II: Guillermo Francés Pedraz

## **Duración máxima y mínima de la campaña y, en su caso, requerimientos de temporalidad debidamente justificados**

Se prevén las siguientes duraciones, desglosadas por fases para cada campaña:

1ª Campaña: BOCATS2-COMFORT (Jun-Jul 2021)

- Fase I: BOCATS2-A25-OVIDE'21 (**Jun-Jul 2021 - 39 días**). Aprobada actualmente en COCSABO con ID: COC-DI-2019-02-COMFORT-Huertas. Se solicita en esta propuesta el traslado de la salida del 23/Abril (aprobado) a principios del mes de Junio, manteniendo el número de días aprobados.
- Fase II: BOCATS2-BFZ'21 (**Julio 2021 - 11 días**) Se solicita en esta propuesta transformar el tránsito actualmente aprobado Reykjavic-Vigo (5 días) en una segunda fase que precisaría de 6 días adicionales, es decir, pasaría de los actuales 5 a 11 días.

2ª Campaña: BOCATS2-2023 (Jun-Jul 2023)

- Fase I: BOCATS2-A25-OVIDE'23 (**Jun-Jul 2023 – 39 días**)
- Fase II: BOCATS2-CGFZ'23 (**Jul 2023 – 15 días**)

El objetivo primordial de primera fase de ambas campañas es la realización de la décima (2021) y undécima (2023) repeticiones de la sección A25-OVIDE (indicada en el mapa) desde la península Ibérica hasta Groenlandia realizando medidas precisas de la circulación oceánica y los ciclos biogeoquímicos que están siendo afectados por el cambio climático. Tal como se indica en los objetivos y descripción de la campaña, para la Fase I (sección A25-OVIDE) es crítico poder realizar la totalidad de estaciones y completar la sección en el menor tiempo posible, tanto desde un punto de vista de sinopticidad, como porque si no se llegase a completar la sección o hubiese huecos intermedios, no sería posible computar los transportes a lo largo de la sección, objetivo principal del proyecto. Se calcula por tanto un mínimo de 39 días para esa fase. Para efectuar el cálculo en detalle estos 39 días de tiempo de trabajo se ha partido del tiempo que se ha necesitado para completar la sección en las repeticiones anteriores de esta campaña, seleccionando, para que los tiempos sean comparables, únicamente las efectuadas por el mismo buque solicitado (BIO Sarmiento de Gamboa, campañas de 2012 y 2016) y en el mismo período estacional (Junio-Julio), ya que las estaciones a realizar son las mismas (detalladas en el apartado 5 de área geográfica). El cómputo de tiempos se realizó teniendo en cuenta tiempos de navegación entre estaciones, y el propio sondeo a la profundidad indicada para cada estación.

Para computar los tiempos de la Fase II 2021 (BOCATS2-BFZ'21), se ha partido de una estimación media de 2500 m de profundidad para cada estación, desglosándose los cálculos del siguiente modo:



- Prospección Geofísica: 19 horas
  - Box-corer: 2.5 horas
  - Piston corer/Gravity corer: 2 horas
  - Tiempo total por estación: 23.5 horas
- Total tiempo para las 3 estaciones: 70.5 horas (3 días)

Cálculo tiempo de tránsitos:

- Total millas recorridas (REYKJAVIK->BIGHT FRACTURE->VIGO): 2250 Mn, a 11 nudos, da un total de 8.2 días.

Total tiempo de campaña que se solicita (2021): **11 días**

Para computar los tiempos de la Fase II 2023 (BOCATS2-CGFZ'23), se ha partido de una estimación media de 2500 m de profundidad para cada estación, desglosándose los cálculos del siguiente modo:

- Prospección Geofísica: 20 horas
  - Box-corer: 4 horas
  - Piston corer/Gravity corer: 3.5 horas
  - Tiempo total por estación: 27.5 horas
- Total tiempo para las 3 estaciones: 110 horas (4.6 días)

Cálculo tiempo de tránsitos:

- Total millas recorridas (REYKJAVIK->CHARLIE-GIBBS FRACTURE->VIGO): 2609 Mn, a 11 nudos, da un total de 9.9 días.

Total tiempo de campaña que se solicita (2023): **15 días**

## Objetivos de la campaña. Descripción.

BOCATS2-COMFORT y BOCATS2-2023 tienen como objetivo el evaluar los transportes de agua, sal, calor, carbono natural y antropogénico, N<sub>2</sub>O y otros trazadores biogeoquímicos además de determinar los flujos de carbono entre la columna de agua y el sedimento a lo largo de una sección que se viene repitiendo desde 2002 (<http://www.ifremer.fr/lpo/ovide/>) y que es parte de los programas internacionales GOSHIP (<http://www.go-ship.org/CruisePlans.html>) y CLIVAR/IOPCC (véase Fig 1 a continuación). Estos programas permiten coordinar las diferentes acciones en el Atlántico. Se incluirá también el seguimiento de la dispersión de otros elementos traza de origen antropogénico en colaboración con otros investigadores europeos y americanos. Los estudios de la variabilidad en el giro subpolar a partir de una sección hidrográfica que se integrará en las bases de datos del GLODAP y GO-SHIP han venido siendo objeto de estudio en los proyectos europeos CARBOOCEAN (<http://www.carboocean.org/>), CARBOCHANGE y del recientemente aprobado COMFORT EU H2020 (<https://comfort.w.uib.no/>) y de los pasados proyectos del Plan Nacional CATARINA (<http://catarina.iim.csic.es/>) y BOCATS (<http://bocats.iim.csic.es/>).

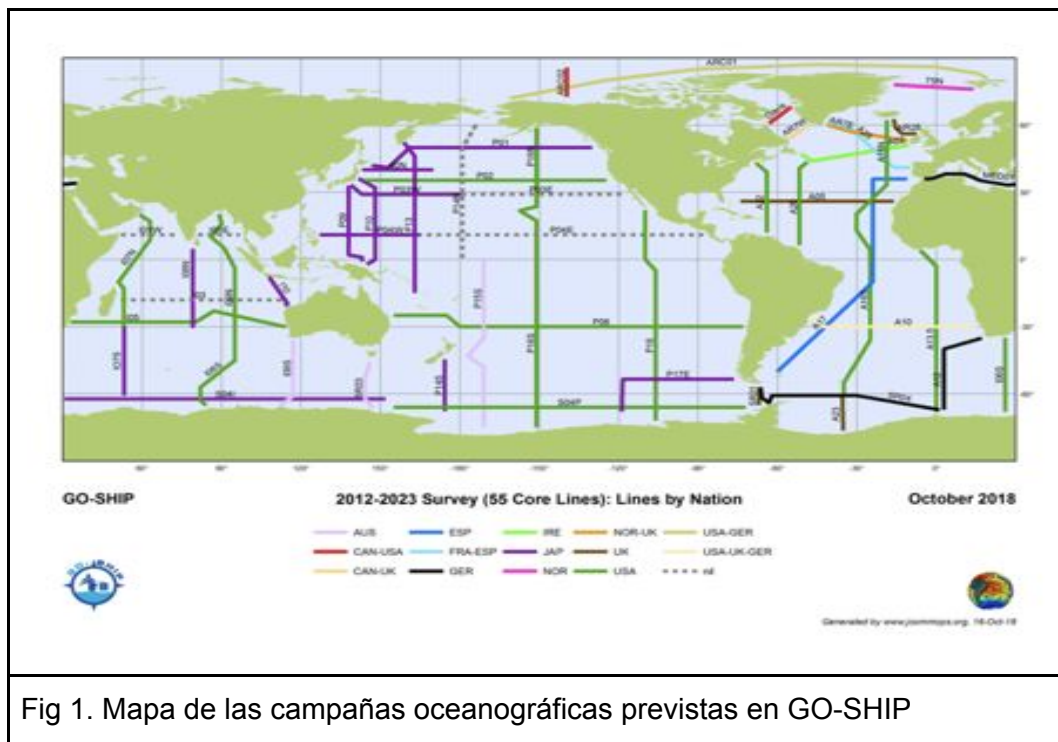


Fig 1. Mapa de las campañas oceanográficas previstas en GO-SHIP

Ambas campañas se articulan en dos fases:

- Una Fase I de tipo hidrográfico, con 98 estaciones más 2 ubicaciones de prueba, que se realizará a lo largo de la sección A25-OVIDE (Fig 2). Dicha sección parte de la costa Ibérica, a unas 30 millas de Figueira da Foz, y llega, dibujando una especie de S invertida, al extremo sur de Groenlandia, con un espaciado típico entre estaciones de 30 millas, pero que disminuye hasta 2.5 millas en puntos más someros, se registrarán datos de los ADCPs montado en el buque en continuo a lo largo de toda la sección. En las estaciones se lanzará el sistema roseta/CTD hasta fondo (especialmente crítico lograr la mayor aproximación a este) y se registrarán los datos de los ADCPs instalados en la roseta. Con las muestras obtenidas se evaluarán parámetros físicos y biogeoquímicos en columna de agua, así como velocidades y transportes. Adicionalmente se lanzarán 24 flotadores Deep Arvor en BOCATS2-2021, con el objetivo de establecer una red deep Argo en el giro subpolar del Atlántico Norte (SPNA). La característica principal de los flotadores deep Arvor es que descienden y perfilan hasta 4000m de profundidad (2000 en los flotadores Argo), adicionalmente incorporan sensor de oxígeno disuelto. En la Fase I de la campaña de 2023 se prevé lanzar al menos otros 12 para mantenimiento en activo de la red.
- Una Fase II de tipo geológico en la que se emplearán sondas multihaz y paramétrica para caracterizar el fondo de las fracturas Bight (*Bight Fracture Zone* - BFZ) en 2021 y Charlie-Gibbs (*Charlie-Gibbs Fracture Zone* - CGFZ) en 2023 y se realizarán muestreos con Box-Corer y prospecciones con Piston-Corer en 3 ubicaciones en 2021 y 4 en 2023 siguiendo la alineación de las fracturas BGZ y CGFZ respectivamente. Ambas fracturas tienen una especial relevancia ya que suponen una parte importante del transporte de la Iceland-Scotland Overflow Water (ISOW) a través de la dorsal.



## FASE I: Sección A25-OVIDE 2021 y 2023

Las campañas hidrográficas a lo largo de la sección A25-OVIDE, deberán tener la resolución espacial necesaria para la posterior obtención de un campo de velocidades fiable. Por eso es especialmente crítico completar la totalidad de estaciones de la sección (98), de modo que no se produzcan huecos en la resolución espacial, y aproximar lo más posible la roseta a fondo en cada estación. Durante las campañas BOCATS2-CONFORT en 2021 y la campaña BOCATS2-2023, se repetirá la sección **A25-OVIDE** con un total de 98 estaciones hidrográficas con una profundidad media de 4000 metros y separadas entre sí unas 30 millas náuticas, resolución que aumentará en regiones de batimetría somera. Al final del documento se adjunta tabla con las posiciones y profundidades en detalle de cada estación. Además de las 98 estaciones programadas, se realizarán dos estaciones de prueba: la primera (Test-00) para comprobar el funcionamiento del CTD y de la roseta y la segunda (Test-0) en la que se cerrarán todas las botellas oceanográficas a un mismo nivel profundo, para realizar un ejercicio de reproducibilidad de la toma de muestra y de los análisis de las diferentes variables.

En cada estación se obtendrán perfiles de CTD hasta el fondo con sensores duplicados de temperatura y salinidad y se usarán sensores adicionales de oxígeno disuelto, fluorescencia y turbidez. En la subida de la roseta desde el fondo se cerrarán 24 botellas oceanográficas Niskin para la recogida de agua a diferentes profundidades, necesaria para los análisis biogeoquímicos de los siguientes parámetros:

1. Clorofluorocarbonos y trazadores
2. Oxígeno disuelto
3. Alcalinidad, carbono inorgánico total (DIC), pH
4.  $N_2O$
5. Nutrientes (fosfato, nitrato, silicato y probablemente amonio)
6. Salinidad

Adicionalmente, como en las campañas anteriores y debido a la especificidad del mar de Irminger se recogerán muestras de  $^{13}C$  y  $^{18}O_2$ . Que permiten evaluar los aportes de agua dulce de distintos orígenes. También se tomarán muestras para el análisis de isótopos derivados radionucleidos como C-14, I-126 y U-236.

Para resolver el campo de velocidades en la columna de agua, se emplearán por un lado los ADCPs instalados a bordo del buque (vmADCP), en particular los de 75 y 150KHz instalados en la quilla retráctil, que se mantendrán adquiriendo datos en continuo a lo largo de la sección, y por otro, en cada estación se usarán los IADCPs instalados en la roseta, tanto el superior como el inferior, y que se emplearán para perfilar la columna de agua hasta fondo. El uso de los ADCPs y el procesado de sus datos requiere de personal específico, y supondrá un gran avance en la posterior determinación de los transportes de masas de agua a través de las secciones y la interacción de las aguas de fondo con los sedimentos. Los perfiles de IADCP son analizados conjuntamente con los datos de los vmADCPs para optimizar las observaciones de corrientes y minimizar las incertidumbres en el modelo inverso que determina las velocidades geostroficadas en toda la columna de agua y a la postre evaluar la recirculación meridional (MOC en inglés) a lo largo de toda la





sección, la cual es el objeto prioritario de estudio en el proyecto.

Dentro del programa de boyas ARGO (<http://www.argo.ucsd.edu/>), en el que España también colabora, La ocupación de la línea A25-OVIDE en la primavera de 2021 ha sido elegida específicamente para desplegar 24 boyas Deep-Arvor (Le Reste et al., 2016) en el SPG oriental (60% de la flota completa del SPG). Se desplegarán lotes de cuatro flotadores en seis lugares distribuidos a lo largo de todo el transecto para asegurar estadísticas satisfactorias. Las regiones objetivo incluirán tanto zonas marginales como de fractura y los interiores de las cuencas más inactivos. Los despliegues se dividirán de la siguiente manera: el talud continental frente al extremo sur de Groenlandia (4 boyas), el Mar de Irminger interior (4 boyas), el flanco oriental de la Cresta de Reykjanes (4 boyas), la cuenca interior de Islandia (4 boyas), la entrada de la Zona de Fractura de Charlie Gibbs (4 boyas) y la llanura abisal ibérica (4 boyas). Esta operación sólo demanda unos 20 minutos una vez finalizada la estación.

## **FASE II: PALEOCEANOGRFÍA 2021 2023**

Se han seleccionado 2 áreas de muestreo en las dos zonas de fractura de mayor envergadura de la dorsal del Atlántico Norte (Bight Fracture Zone - BFZ y Charlie-Gibbs Fracture Zone - CGFZ), con el fin de analizar el registro sedimentario asociado a las corrientes de fondo que cruzan la dorsal de Reykjanes a través de estos corredores que comunican las cuencas oriental y occidental del Atlántico Norte.

Durante la campaña de 2021 (Cruise 1, BOCATS2-BFZ'21) se abordará el muestreo de la Bight Fracture Zone, donde se han seleccionado 3 estaciones a lo largo del valle generado por la fractura (Fig 3.A, detalle de ubicaciones en tabla). La primera de ellas (BFZ-1) se encuentra en el sector más occidental, la segunda (BFZ-2) en una zona central, próxima a la dorsal y la tercera (BFZ-3) en el sector más oriental.

Durante la campaña de 2023 (Cruise 2 BOCATS2-CGFZ'23) se abordará el muestreo de la Charlie Gibbs Fracture Zone, donde se han seleccionado 4 estaciones en el valle norte (Fig 3.B, detalle de ubicaciones en tabla). La primera de ellas (CGFZ-1) se encuentra en el sector más occidental, la segunda (CGFZ-2) en una zona central próxima al sector norte de la dorsal y la tercera (BFZ-3) y cuarta (BFZ-4) hacia el sector más oriental de la zona de fractura.

En ambas campañas el protocolo de muestreo será el mismo. En cada estación, previo a la toma de muestras de sedimento, se realizará una malla de prospección geofísica. Para ello se utilizarán tanto el perfilador de onda paramétrica de alta resolución como la sonda multihaz, obteniendo así una visión general del subsuelo y del relieve de la zona de muestreo. De esta manera se localizará el punto más apropiado para muestrear, en función de la estructura y espesor de los cuerpos sedimentarios.

Una vez localizada la mejor zona para establecer la estación, se lanzará en primer lugar la box-corer por la popa del barco, con el objeto registrar los sedimentos más superficiales. Una vez a bordo se procederá a su muestreo. Recuperada la Box-corer se lanzará el Piston corer/Gravity corer por estribor. Una vez a bordo, el testigo será cortado en secciones (1 m de longitud), sellado y etiquetado. Se ha solicitado que se embarque el *Multi sensor core logger* (MSCL-GEOTEK), de modo que se pueda obtener la primera caracterización del registro sedimentario a bordo a partir de los parámetros geofísicos que registra el equipo (densidad, porosidad, susceptibilidad magnética, etc.). Se procurará, en función del tiempo disponible, que una media sección longitudinal de cada testigo sea muestreada a bordo a intervalos de 1 cm de espesor.

El muestreo de los sedimentos recuperados con la box-corer se realizará aprovechando el tiempo de

maniobra del *Piston corer/Gravity corer*. Los sedimentos recuperados en cada estación serán sub-muestreados utilizando 3-4 tubos de PVC. Al menos dos de ellos serán a su vez sub-muestreados a bordo, a intervalos continuos de 1 cm de espesor para su posterior análisis en el laboratorio de diversos parámetros sedimentarios (tamaño de grano, textura y composición elemental, contenido en carbono orgánico y CaCO<sub>3</sub>, etc.) y dataciones. Uno de los tubos se reservará intacto para, una vez en tierra, ser radiografiado y fotografiado y para analizar las propiedades físicas del sedimento y su composición elemental mediante el ITRAX.

## Mapa general y de detalle de las zonas de muestreo

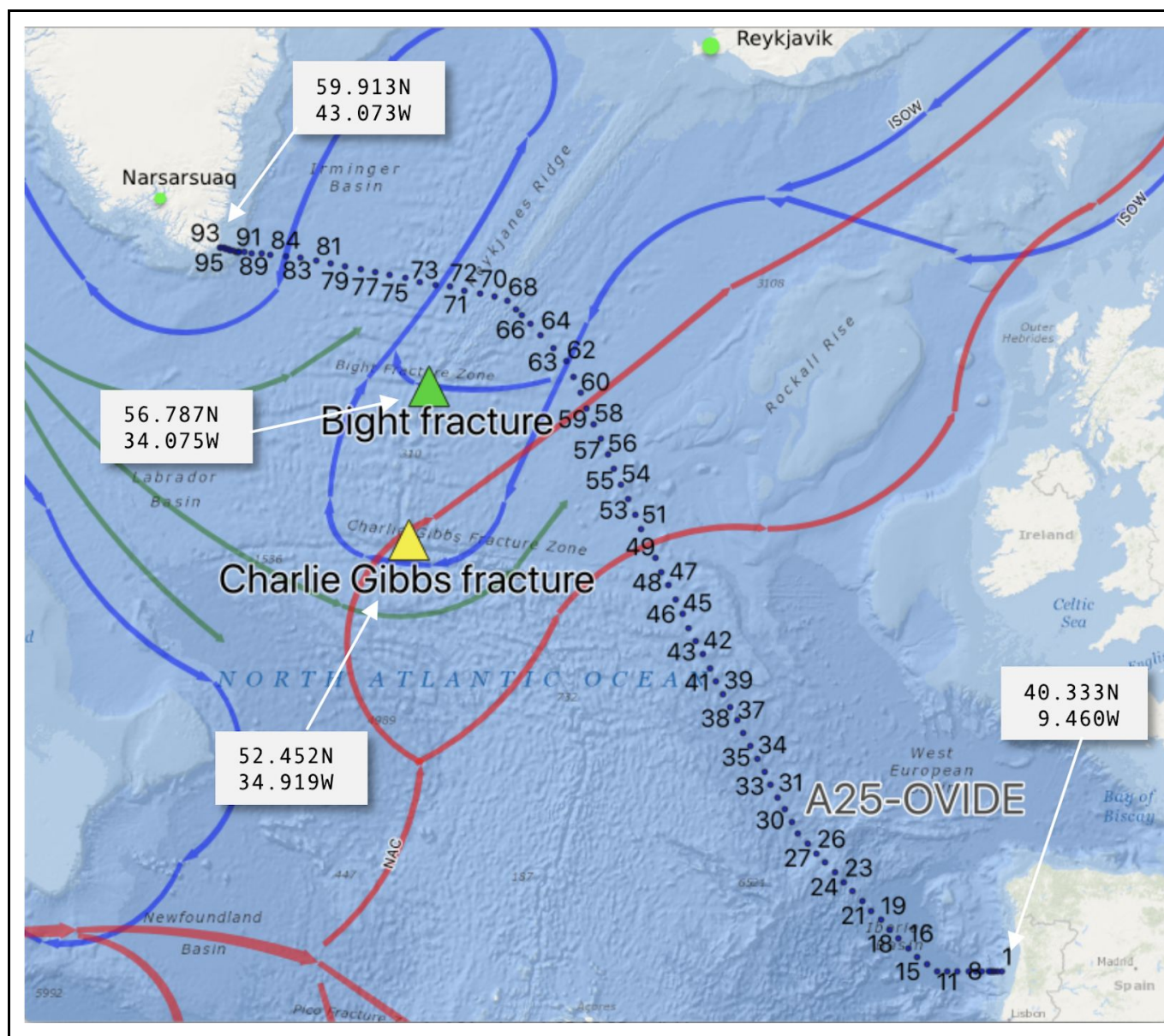


Fig 2. En el mapa se muestran los puntos donde se realizarán las estaciones a lo largo de la sección A25-OVIDE, correspondientes a la Fase I de 2021 y Fase I de 2023. Adicionalmente se realizará una estación de test entre el puerto de salida y la estación 1.



El Triángulo verde indica la posición de la Fractura Bight (*Bight Fracture Zone - BFZ*) que se estudiará en la Fase II de 2021.  
 El Triángulo amarillo indica la posición de la Fractura Charlie-Gibbs (*Charlie-Gibbs Fracture Zone - CGFZ*) que se estudiará en la Fase II de 2023.

Mapa de detalle de las posiciones de los muestreos geológicos en mapa:

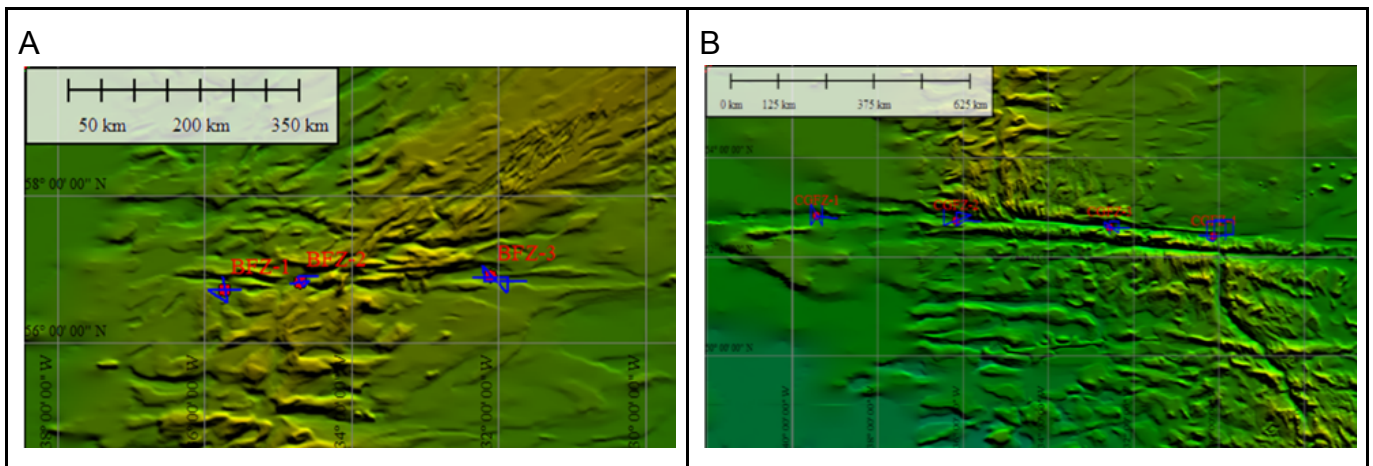


Fig 3. Detalle de la localización de las estaciones de muestreo de la FASE II. A La izquierda (A) BFZ en 2021 y a la derecha (B) CGFZ en 2023

**Tabla con coordenadas de las estaciones, o del principio y final de las líneas o lances. Incluirá la profundidad de las estaciones o cualquier otro detalle de referencia. En el caso de campañas en las que los puntos de muestreo no se puedan definir a priori, descripción detallada de la zona de trabajo, así como del tipo de maniobras y operaciones previstas**

- FASE I en 2021 y 2023 (Sección A25-OVIDE):

A25-OVIDE SECTION (2021 y 2023)								
Estación	Latitud (°N)	Longitud (°E)	Bottom		Estación	Latitud (°N)	Longitud (°E)	Bottom
Test-00	42.000	-9.117	114		50	51.402	-23.485	3268
Test-0	41.283	-9.733	3393		51	51.771	-23.785	3866
1	40.334	-9.463	155		52	52.149	-24.075	3914
2	40.334	-9.645	389		53	52.520	-24.359	3610
3	40.334	-9.768	822		54	52.892	-24.657	3624
4	40.334	-9.805	1277		55	53.265	-24.948	3536
5	40.334	-9.877	2408		56	53.640	-25.240	3568



<b>6</b>	40.334	-9.942	3420		<b>57</b>	53.640	-25.240	3568
<b>7</b>	40.334	-10.034	3511		<b>58</b>	54.018	-25.529	3068
<b>8</b>	40.334	-10.300	3897		<b>59</b>	54.387	-25.830	3057
<b>9</b>	40.334	-10.572	4360		<b>60</b>	54.762	-26.121	3610
<b>10</b>	40.334	-10.905	4848		<b>61</b>	54.762	-26.121	3610
<b>11</b>	40.334	-11.339	5096		<b>62</b>	55.149	-26.411	3379
<b>12</b>	40.334	-11.774	5212		<b>63</b>	55.506	-26.708	3234
<b>13</b>	40.334	-12.213	5251		<b>64</b>	55.883	-26.998	2886
<b>14</b>	40.334	-12.221	5261		<b>65</b>	56.256	-27.296	2746
<b>15</b>	40.552	-12.655	5311		<b>66</b>	56.630	-27.589	2720
<b>16</b>	40.787	-13.100	5335		<b>67</b>	57.012	-27.881	2752
<b>17</b>	41.084	-13.487	5345		<b>68</b>	57.380	-28.172	2612
<b>18</b>	41.384	-13.891	5344		<b>69</b>	57.674	-28.724	2466
<b>19</b>	41.682	-14.278	5336		<b>70</b>	57.969	-29.278	2130
<b>20</b>	41.981	-14.673	5330		<b>71</b>	58.209	-29.726	2223
<b>21</b>	42.281	-15.063	5306		<b>72</b>	58.411	-30.103	2179
<b>22</b>	42.580	-15.460	5045		<b>73</b>	58.550	-30.367	1590
<b>23</b>	42.884	-15.852	4204		<b>74</b>	58.727	-30.696	1450
<b>24</b>	42.884	-15.852	4204		<b>75</b>	58.845	-31.269	1450
<b>25</b>	43.183	-16.246	5130		<b>76</b>	58.910	-31.913	1665
<b>26</b>	43.478	-16.637	4174		<b>77</b>	58.975	-32.555	1854
<b>27</b>	43.777	-17.026	4008		<b>78</b>	59.041	-33.193	2284
<b>28</b>	44.076	-17.426	3778		<b>79</b>	59.101	-33.834	2276
<b>29</b>	44.377	-17.817	4940		<b>80</b>	59.166	-34.476	2485
<b>30</b>	44.674	-18.211	4820		<b>81</b>	59.233	-35.113	2988
<b>31</b>	45.052	-18.504	4603		<b>82</b>	59.299	-35.763	3100
<b>32</b>	45.419	-18.795	4565		<b>83</b>	59.363	-36.398	3095
<b>33</b>	45.794	-19.086	4513		<b>84</b>	59.427	-37.038	3117
<b>34</b>	46.170	-19.384	4602		<b>85</b>	59.492	-37.679	3112
<b>35</b>	46.541	-19.676	4479		<b>86</b>	59.559	-38.318	3040
<b>36</b>	46.918	-19.969	4497		<b>87</b>	59.624	-38.960	2928
<b>37</b>	47.291	-20.264	4514		<b>88</b>	59.654	-39.279	2863
<b>38</b>	47.663	-20.560	4352		<b>89</b>	59.685	-39.599	2792
<b>39</b>	48.037	-20.853	4452		<b>90</b>	59.705	-39.920	2739



40	48.037	-20.853	4452		91	59.724	-40.253	2659
41	48.410	-21.141	4333		92	59.740	-40.583	2640
42	48.787	-21.433	4075		93	59.757	-40.907	2271
43	49.158	-21.727	4355		94	59.772	-41.296	2035
44	49.534	-22.019	4195		95	59.798	-41.729	1845
45	49.904	-22.313	4004		96	59.797	-42.004	1722
46	49.904	-22.313	4004		97	59.809	-42.235	1200
47	50.282	-22.608	4131		98	59.816	-42.276	892
48	50.645	-22.898	3741		99	59.818	-42.313	574
49	51.028	-23.200	3934		REYKJAVIK	64.135	-21.895	

- Fase II 2021 (BOCATS2-BFZ'21):

Fase II campaña 2021: <i>Bight Fracture Zone - BFZ</i>			
Estación	Latitud (° N)	Longitud (° E)	Prof. (m)
BFZ-1	56.723364	-35.716929	2406
BFZ-2	56.823049	-34.692503	2401
BFZ-3	56.895162	-32.094321	2609

- Fase II 2023 (BOCATS2-CGFZ'23):

Fase II campaña 2023: <i>Charlie-Gibbs Fracture Zone - CGFZ</i>			
Estación	Latitud (° N)	Longitud (° E)	Prof. (m)
CGFZ-1	52,819080	-39,426924	3943
CGFZ-2	52,730389	-36,162176	3708
CGFZ-3	52,596592	-32,564061	4012
CGFZ-4	52,412819	-30,119705	3834

Puertos de atraque más próximos al punto inicial y final de campaña en el área de estudio:

		PUERTO INICIAL	PUERTO FINAL
<b>BOCATS2-COMFORT 2021</b>	FASE I: BOCATS-A25-OVIDE'21	VIGO	REYKJAVIK
	FASE II: BOCATS2-BFZ'21	REYKJAVIK	VIGO



## BOCATS2-2023

FASE I: BOCATS-A25-OVIDE'23	VIGO	REYKJAVIK
FASE II: BOCATS2-CGFZ'23	REYKJAVIK	VIGO

### **Requerimiento detallado de apoyo por parte de la tripulación para las maniobras de cubierta. En el caso de fondeos, u otras maniobras no habituales, aportar el máximo detalle sobre la instrumentación y sobre la propuesta de maniobra.**

De entrada queremos resaltar que la gran profesionalidad, dedicación y apoyo recibido por la capitana y tripulación del BIO Sarmiento de Gamboa en la campaña realizada en 2016 a lo largo de la sección A25-OVIDE. La contribución y esfuerzo de la capitana y la tripulación para mantener el barco estable y en posición en cada estación, así como la propia navegación en sí y la gestión del buque, han contribuido mucho a facilitar los trabajos de técnicos y científicos, lo que ha redundado en un enorme beneficio en cuanto a la calidad de los datos obtenidos, tanto a nivel de perfiles de CTD y muestras biogeoquímicas como a nivel de vmADCPs, sensibles al ruido de navegación.

Para las Fases I de ambas campañas se requiere del apoyo habitual que se solicita en campañas de tipo hidrográfico en las que se realizan tomas de muestras y perfiles mediante sistema roseta/CTD. Por parte de la tripulación consistirá en la necesidad de mantener el buque en posición en cada estación, y dar soporte a las maniobras de lanzamiento y recuperación del sistema roseta/CTD y del despliegue de los flotadores deep Arvor.

Para las Fases II de ambas campañas se requerirá del apoyo habitual en campañas de tipo geológico en las que se realizan análisis de los fondos marinos mediante transectos con sondas multihaz y paramétrica, boxcorer y piston/gravity corer.

### **Instrumentación del buque o sistemas portátiles que se emplearán, tanto del sistema nacional, como del propio equipo científico, así como los requerimientos del personal técnico necesarios para la campaña.**

Se emplearán:

- Área de trabajo en cubierta Principal.
  - Se instalarán 4 contenedores de tipo ISO 20ft por parte de los grupos franceses que participan en el proyecto. Estos cuatro contenedores contienen un laboratorio para química, materiales específicos de Boyas Argos y los sistemas de mantenimiento y seguimiento del perfilador vertical de microestructuras o turbulencias.
  - Se solicita la instalación del contenedor que contiene el Multi Sensor Core Logger-GEOTEK, con el objeto de obtener a bordo las primeras medidas geofísicas de caracterización de los testigos.
- Laboratorio termorregulado para Salinidad.
- Hangar CTD / Vía Húmeda
- Laboratorios de análisis, química y disección
- Vía húmeda



- Laboratorio principal

Se solicita el siguiente material adscrito a la Unidad de Tecnología Marina (UTM):

- BATISONDA CTD
- LADCP CORRENTÍMETRO DOPPLER DESPLEGABLE
- PERFILADORES DE CORRIENTES DE EFECTO DOPPLER (ADCP) DE 75 Y 150 KHZ
- DESTILADOR MILLIPORE, MOD. ELIX 20.
- PURIFICADOR DE AGUA MILLI-Q, MILLIPORE, MOD. ADVANTAGE A10.
- ESPECTROFOTÓMETRO
- SALINOMETRO
- TITRANDOS
- SISTEMA DE MEDICIÓN DE pCO<sub>2</sub>
- VALORADOR AUTOMÁTICO
- AGITADOR, BAÑO CALEFACTOR, BAÑO DE ULTRASONIDOS, 4 BAÑOS TERMOSTÁTICOS, BOMBA DE SUCCIÓN, BOMBA DE VACÍO, CABINA DE SEGURIDAD, HORNO DE MUFLA, ESTUFA DE DESECACIÓN. NEVERA, ULTRACONGELADOR. BINOCULAR CON CÁMARA INCORPORADA.
- ECOSONDA MULTHAZ DE AGUAS PROFUNDAS
- ECOSONDA PARAMÉTRICA PARASOUND P-35
- BOX CORER
- PISTON CORER
- GRAVITY CORER
- MICROSCOPIO BINOCULAR CON CÁMARA
- PÓRTICO ABATIBLE DE POPA
- PÓRTICO ABATIBLE COSTADO ESTRIBOR
- PÓRTICO TELESCÓPICO HANGAR CTD
- CONTENEDOR DEL MULTI SENSOR CORE LOGGER- GEOTEK

**SE SOLICITA LA INCORPORACIÓN DE SENSORES DOBLES DE CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA EN LA BATISONDA DEL CTD**

**La calidad de los datos de temperatura y salinidad para la determinación precisa de los campos de densidad que sirven para computar las velocidades geostróficas es el elemento determinante de los resultados del proyecto. Por ello la existencia de sensores dobles de salinidad y temperatura reduce las incertidumbres en la determinación de los flujos de agua permitiendo mejorar el conocimiento del campo termohalino, punto clave en la comprensión del clima oceánico.**

Se necesita soporte técnico para las operaciones de CTD, IADCP, vmADCP, Draga y testificadores de fondo (piston corer/gravity corer). Además, se necesita soporte técnico para los trabajos acústicos: multihaz y sonda paramétrica.





Por último, se necesita el soporte del sistema informático y otro para el equipamiento de laboratorio y sistema de adquisición en continuo (Estación meteorológica, Termosalinógrafo, fluorómetros, sistema de pCO<sub>2</sub> etc.).

A bordo habrá expertos en CTD, LADCP, ADCP, sondas, muestreo de sedimentos y especialistas en adquisición de datos geofísicos. También a bordo irá una persona del equipo investigador que está familiarizada con el MSCL-GEOTEK y posee la titulación requerida para su manejo.

### **Requerimiento de apoyo técnico para asegurar el desarrollo de la campaña.**

Se necesita soporte técnico para las operaciones de CTD, IADCP, vmADCP, Draga y testificadores de fondo (piston corer/gravity corer). Además, se necesita soporte técnico para los trabajos acústicos: multihaz y sonda paramétrica.

Por último, se necesita el soporte del sistema informático y otro para el equipamiento de laboratorio y sistema de adquisición en continuo (Estación meteorológica, Termosalinógrafo, fluorómetros, sistema de pCO<sub>2</sub> etc.).

A bordo habrá expertos en CTD, LADCP, ADCP, sondas, muestreo de sedimentos y especialistas en adquisición de datos geofísicos. También a bordo irá una persona del equipo investigador que está familiarizada con el MSCL-GEOTEK y posee la titulación requerida para su manejo.

### **Personal científico o técnico que embarcará y, en su caso, referencia a su responsabilidad en relación con las maniobras o sistemas de buque que se emplearán.**

A continuación se describen las plazas necesarias a ocupar por el proyecto, incluyendo los técnicos UTM de apoyo para las distintas tareas.

- BOCATS2-COMFORT 2021
  - FASE I (Sección **BOCATS-A25-OVIDE'21**): Se necesitan **21** plazas para las tareas que se detallan a continuación:

<b>Tareas</b>	<b>Nº Científicos/Técnicos</b>
<b>Jefe de Campaña</b>	1 (Fiz Fernández Pérez [co-IP])
<b>Perfiles CTD-O<sub>2</sub></b>	3 (en tres turnos de 8 horas) (Resp: G. Rosón, P. Lherminier)
<b>vmADCP y IADCP</b>	2 (análisis in situ de los datos recogidos) (Resp: M. Gil, P. Lherminier)
<b>Salinidad y Oxígeno disuelto</b>	2 (análisis a bordo/contenedor específico) (Resp. G. Rosón, C. Le Bihan)
<b>Muestreo CFCs, N<sub>2</sub>O</b>	2 científicos (Resp: M. de la Paz)
<b>Medidas de Nutrientes a bordo</b>	3 científicos (tres turnos de 8 horas) (Resp: F. Alonso)
<b>Medidas pH, alcalinidad y CO<sub>2</sub></b>	3 científicos (tres turnos de 8 horas) (Resp: A. Velo)



<b>Medidas de superficiales</b>	1 científico (control y calibración de los sistemas en continuo) (Resp: X.A. Padín)
<b>Muestreo <math>^{18}\text{O}_2</math>, <math>^{14}\text{C}</math>, <math>^{129}\text{I}</math> and <math>^{236}\text{U}</math></b>	2 científicos (Resp: M. Castrillejo)
<b>Muestreo <math>^{13}\text{C}</math> y DIC</b>	2 científicos (Resp: C. Wei-Jun, A. Velo)
<b>Técnicos-UTM</b>	5 técnicos

- Fase II 2021 (**BOCATS2-BFZ'21**): Se necesitan **15** plazas para las tareas que se detallan a continuación:

<b>Tareas</b>	<b>Nº Científicos/Técnicos</b>
<b>Jefe de Campaña</b>	1 Guillermo Francés Pedraz (IP subproyecto 2)
<b>Geofísica</b>	2 científicos (F. Estrada y F.J. Hernández) /1 FPI /2 técnicos UTM
<b>Box corer Piston corer/Gravity corer</b>	4 científicos (M. Pérez-Arlucea, I. Alejo, M.A. Nombela y A. Mena) /2 estudiantes /2 técnicos UTM
<b>Informática</b>	1 técnico UTM

- BOCATS2 2023
  - FASE I (Sección **BOCATS-A25-OVIDE'23**): Se necesitan **21** plazas para las tareas que se detallan a continuación:

<b>Tareas</b>	<b>Nº Científicos/Técnicos</b>
<b>Jefe de Campaña</b>	1 (Fiz Fernández Pérez [co-IP])
<b>Perfiles CTD-O<sub>2</sub></b>	3 (en tres turnos de 8 horas) (Resp: G. Rosón, P. Lherminier)
<b>vmADCP y IADCP</b>	2 (análisis in situ de los datos recogidos) (Resp: M. Gil, P. Lherminier)
<b>Salinidad y Oxígeno disuelto</b>	2 (análisis a bordo/contenedor específico) (Resp. G. Rosón, C. Le Bihan)
<b>Muestreo CFCs, N<sub>2</sub>O</b>	2 científicos (Resp: M. de la Paz)
<b>Medidas de Nutrientes a bordo</b>	3 científicos (tres turnos de 8 horas) (Resp: F. Alonso)
<b>Medidas pH, alcalinidad y CO<sub>2</sub></b>	3 científicos (tres turnos de 8 horas) (Resp: A. Velo)
<b>Medidas de superficiales</b>	1 científico (control y calibración de los sistemas en continuo) (Resp: X.A. Padín)
<b>Muestreo <math>^{18}\text{O}_2</math>, <math>^{14}\text{C}</math>, <math>^{129}\text{I}</math> and <math>^{236}\text{U}</math></b>	2 científicos (Resp: M. Castrillejo)
<b>Muestreo <math>^{13}\text{C}</math> y DIC</b>	2 científicos (Resp: C. Wei-Jun, A. Velo)
<b>Técnicos-UTM</b>	5 técnicos



- Fase II 2023 (**BOCATS2- CGFZ'23**): Se necesitan **15** plazas para las tareas que se detallan a continuación:

Tareas	Nº Científicos/Técnicos
<b>Jefe de Campaña</b>	1 Guillermo Francés Pedraz (IP subproyecto 2)
<b>Geofísica</b>	2 científicos (F. Estrada y F.J. Hernández) /1 FPI /2 técnicos UTM
<b>Box corer Piston corer/Gravity corer</b>	4 científicos (M. Pérez-Arlucea, I. Alejo, M.A. Nombela y A. Mena) /2 estudiantes /2 técnicos UTM
<b>Informática</b>	1 técnico UTM

Propuesta actual de personal para las distintas fases:

- Fase I:

1	Fiz Fernández Pérez (ESP)
2	Anton Velo Lanchas (ESP)
3	Damién Desbruyères (FR)
4	Pascale Lherminier (FR)
5	Gabriel Rosón Porto (ESP)
6	Miguel Gil Coto (ESP)
7	Xosé Antonio Padín Álvarez (ESP)
8	Mercedes de la Paz Arándiga (ESP)
9	Fernando Alonso Pérez (ESP)
10	Jesús Rey (ESP)
11	Estudiante de Doctorado FPI
12	Rosa Reboreda (ESP)
13	Stéphane Leizour (FR)
14	Michel Hamon (FR)
15	Olivier Menage (FR)
16	Caroline Le Bihan (O2 analysis)
17	Técnicos CTD IFREMER (FR)
18	Maxi Castrillejo University of Zurich (ETHZ)
19	Estudiante postdoct University of Zurich (ETHZ)
20	Estudiante postdoct University of Delaware (EEUU)

21	Estudiante postdoct University of Delaware (EEUU)
22	Técnico CTD, UTM (ESP)
23	Técnico CTD, UTM (ESP)
24	Técnico CTD, UTM (ESP)
25	Técnico de Instrumental UTM (ESP)
26	Técnico UTM Informática (ESP)

- Fase II:

1	Guillermo Francés Pedraz (UVigo, ESP)
2	Irene Alejo Flores (UVigo, ESP)
3	Marta Pérez Arlucea (UVigo, ESP)
4	Miguel A. Nombela Castaño (UVigo, ESP)
5	Anxo Mena Rodríguez (UVigo, ESP)
6	Ferran Estrada Llacer (ICM, CSIC, ESP)
7	F. Javier Hernández Molina (UK)
8	Estudiante de Doctorado FPI
9	Estudiante de master
10	Estudiante de master
11	Técnico mecánico, UTM (ESP)
12	Técnico mecánico, UTM (ESP)
13	Técnico acústico, UTM (ESP)
14	Técnico acústico, UTM (ESP)
15	Técnico UTM Informática (ESP)

## Reactivos y materiales peligrosos que se plantea embarcar.

Se embarcarán los reactivos indicados en la siguiente tabla, ya empleados en campañas anteriores en 2012 y 2016:

		B/O Sarmiento de Gamboa						ANEXO II A	Listado de productos
UTM UNIDAD DE TECNOLOGÍA MARINA			Inflamable	Corrosivo	Tóxico	Nocivo	Radiactivo	Campaña:	BOCATS
Producto	Cantidad embarcada	Cantidad en Laboratorios						Ficha técnica	Ubicación a bordo
Acetona, 99%	3 litros	2 litros	X			X		X	principal
Ácido ascórbico, C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub>	1 kg	1 kg						X	principal
Acido clorhídrico, HCl, 37%	1 litro	1 litro		X	X	X		X	principal
Ácido oxálico, C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1 kg	1 kg				X		X	principal
Acido sulfúrico, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 98%	4 litros	3 litros		X	X	X		X	principal
Molibdato sódico, Na <sub>2</sub> Mo <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	1 kg	1 kg						X	principal
Naftil, C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub> *2HCl	6 g	6 g				X		X	principal
Cadmio	30 g	30 g	X		X			X	principal
Cloruro de amonio, NH <sub>4</sub> Cl	1 kg	1 kg				X		X	principal
Sulfanilamida, C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S	100 g	100 g						X	principal
Sulfato de cobre, CuSO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	20 g	20 g				X		X	principal
Tartrato antimónico potásico, KSB	250 g	250 g				X		X	principal
Cloruro sódico, NaCl	500 g	500 g						X	principal
Cloruro de mercurio, Cl <sub>2</sub> Hg	1 litro	1 litro		X	X	X		X	principal
Ácido fosfórico, H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , 10%	1 litros	1 litros		X				X	principal
Isopropenol	10 litros	10 litros	X		X				principal
Cloruro Potásico, KCl, 3M	400 ml	400 ml						X	principal
Ftalato potásico+bórax	500 mL	500 mL				X		X	principal
Hidróxido sódico, NaOH	15 g	15 g		X				X	principal
Carbonato sódico, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	50 ml 0.1 N	50 ml 0.1 N						X	principal
m-cresol púrpura	500 ml	500 ml						X	principal
Ácido clorhídrico, HCl, 0.5N	6 ampollas x 18 g	6 ampollas x 18 g		X	X	X		X	principal
Alcohol 95%	45 litros	45 litros	X						principal
Hexametáfosfato sodico	500 gr	500 gr						X	principal
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	10 Litros	10 Litros							principal
Perclorato de magnesio, MgCl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	200 g	200 g			X	X		X	principal
SodaLime (NaOH + Ca(OH) <sub>2</sub> )	200 g	200 g				X		X	principal
Hidroxido + Ioudro sódico, NaOH	4 litros	2 litros		X	X	X		X	container 1
Cloruro de manganeso, MnCl <sub>2</sub>	4 litros	2 litros			X	X		X	container 1
tiosulfato sódico, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.1 N	18 normadoses	9 normadoses			X	X		X	container 1
tiosulfato sódico, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.02 N	5 litros	5 litros			X	X		X	container 1
Yodato potásico, KIO <sub>3</sub> , 0.01 N	18 ampollas x 3.6 g	9 ampollas x 3.6 g						X	container 1
Ácido clorhídrico, HCl, 37%	1.5 litros	1.0 litros		X	X	X		X	container 1
Hipoclorito sodico 9.6%	0.5 Litros	0.5 Litros		X				X	container 1
Acido sulfúrico, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 28%	4 litros	2 litros		X	X	X		X	container 1

## Incluir el plan de trabajo diario de campaña, con el detalle de las maniobras y operaciones previsto.

Los trabajos a realizar en ambas fases se han detallado en el apartado de objetivos y descripción. A modo de plan de trabajo se detallan a continuación:

Fase I: BOCATS-A25-OVIDE para 2021 y 2023:

1. Tras partir del puerto de vigo se verificará que los instrumentos que se emplearán en continuo (vmADCP y GO8050) funcionan adecuadamente y se comenzará la adquisición de datos
2. En el transecto entre Vigo y la estación 1, se efectuará una estación de prueba (Test-00) para comprobar el correcto funcionamiento del CTD y de la roseta.





3. Después de la prueba anterior, y antes de la estación 1 se efectuará una segunda estación de prueba (Test-0) en la que se cerrarán todas las botellas oceanográficas a un mismo nivel profundo. Una vez esté la roseta a bordo, se muestreará como en las sucesivas estaciones. Este ejercicio permitirá comprobar que los equipos y laboratorios están a punto y servirá de ejercicio de reproducibilidad de la toma de muestra y de los análisis de las diferentes variables, que permitirá establecer su precisión e incertidumbre.
4. Los trabajos a realizar entre la estación 1 y 98 son similares, y consisten en el lanzamiento del sistema roseta/CTD hasta fondo, mantener el buque en posición para realizar la aproximación a fondo de la roseta, cerrar botellas oceanográficas en el trayecto de ascenso, y el trabajo habitual de muestreo y laboratorio una vez la roseta está a bordo.
5. En 24 estaciones, al finalizar las operaciones con la roseta, se lanzarán los flotadores deep Arvor, operación que lleva unos 20 minutos y que se realiza con la grúa. Las estaciones exactas se determinarán a lo largo de la campaña en función de los campos de velocidad de corriente y las posiciones de la red de boyas ya desplegadas.
6. Llegados a la estación 92, a unas 20 millas de la costa de Groenlandia (comienzo de la plataforma), se avanzará directamente hasta la costa y se realizarán las estaciones 93 a 98 en sentido inverso, de costa a zonas profundas. El motivo de realizar así esta parte es lograr la mayor sinopticidad posible en un área dominada por rápidas corrientes.
7. Finalizada la estación 98 se pondrá rumbo a REYKJAVIK mientras se finalizan los análisis a bordo y se recoge el material y laboratorios.

#### Fase II: BOCATS-BFZ'21 y BOCATS-CGFZ'23:

1. Tras llegar a cada estación y previa a la toma de muestras de sedimento, se realizará una malla de prospección geofísica. Se utilizarán el perfilador de onda paramétrica de alta resolución y la sonda multihaz, obteniendo así una visión general del subsuelo y del relieve de la zona de muestreo. De esta manera se localizará el punto más apropiado para muestrear, en función de la estructura y espesor de los cuerpos sedimentarios.
2. Una vez localizada la mejor zona para establecer la estación, se lanzará en primer lugar la box-corer por la popa del barco, con el objeto registrar los sedimentos más superficiales. Una vez a bordo se procederá a su muestreo. Recuperada la Box-corer se lanzará el Piston corer/Gravity corer por estribor. Una vez a bordo, el testigo será cortado en secciones (1 m de longitud), sellado y etiquetado. Se ha solicitado que se embarque el *Multi sensor core logger* (MSCL-GEOTEK), de modo que se pueda obtener la primera caracterización del registro sedimentario a bordo a partir de los parámetros geofísicos que registra el equipo (densidad, porosidad, susceptibilidad magnética, etc.). Se procurará, en función del tiempo disponible, que una media sección longitudinal de cada testigo sea muestreada a bordo a intervalos de 1 cm de espesor.
3. El muestreo de los sedimentos recuperados con la box-corer se realizará aprovechando el tiempo de maniobra del *Piston corer/Gravity corer*. Los sedimentos recuperados en cada estación serán sub-muestreados utilizando 3-4 tubos de PVC. Al menos dos de ellos serán a su vez sub-muestreados a bordo, a intervalos continuos de 1 cm de espesor para su posterior análisis en el laboratorio de diversos parámetros sedimentarios (tamaño de grano, textura y composición elemental, contenido en



carbono orgánico y CaCO<sub>3</sub>, etc.) y dataciones. Uno de los tubos se reservará intacto para, una vez en tierra, ser radiografiado y fotografiado y para analizar las propiedades físicas del sedimento y su composición elemental mediante el ITRAX.

4. Finalizada cada estación se partirá hacia la siguiente.
5. Finalizadas las prospecciones se pondrá rumbo a VIGO

### **Alternativas en caso de mal tiempo que puedan afectar a los muestreos previstos.**

Para las Fases I se considera que con los 39 días solicitados, con las condiciones meteorológicas habituales se debería conseguir completar la sección. No existen alternativas en caso de mal tiempo aparte de las de saltar estaciones intermedias que redundaría muy negativamente en la consecución de los objetivos del proyecto.

Para las Fases II, también se considera que se deberían poder realizar los trabajos en ese tiempo solicitado. No existen alternativas en caso de mal tiempo aparte de las de saltar estaciones intermedias que redundaría muy negativamente en la consecución de los objetivos del proyecto.