

Series de tiempo ecológica EPEA III

Código: VA – 2021/09

¹Segura, Valeria; ¹Berghoff, Carla; ¹Allega, Lucrecia; ¹Ruiz, Guillermina; ^{1,2}Del Valle Daniela; ^{1,2}Epherra, Lucia; ¹Leonarduzzi, Ezequiel; ¹Maenza Reinaldo; ¹Cadaveira Gustavo, ¹Fenco Harold, ¹Domínguez, Horacio, ¹Acevedo Daniel; ¹Sonvico Pablo; ¹Pappi Alejandro

Resumen

Se llevó a cabo la campaña de investigación EPEA-número 3 del año 2021, y 150 del Programa del Programa Dinámica del Plancton Marino y Cambio Climático (DiPlaMCC)- a bordo del buque de investigación pesquera Victor Angelescu el 13 de diciembre de 2021. Los objetivos de la misma fueron analizar las condiciones ambientales y de los diferentes componentes del plancton. Se realizó un perfil en la columna de agua de temperatura, salinidad, fluorescencia *in vivo*, oxígeno disuelto y de penetración luminosa-irradiancia de Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR). Con la información en tiempo real de la estructura termohalina, de fluorescencia y de oxígeno disuelto del perfil, así como de las características lumínicas en la columna de agua (porcentajes de irradiancia PAR), se definieron las profundidades donde se colectaron las muestras de agua utilizando las botellas Niskin para el análisis de oxígeno disuelto, sistema de los carbonatos (pH y alcalinidad total), nutrientes, salinidad, clorofila *a*, diversidad de pigmentos fotosintéticos, absorción del material particulado y del orgánico disuelto, producción primaria, estudio del bacterioplancton, bacterias degradadoras de hidrocarburos, bacterias en microplásticos, y análisis cuali-cuantitativo de fitoplancton. A su vez se colectaron muestras de plancton: fitoplancton, zooplancton e ictioplancton, con distintas redes





Serie de tiempo ecológica EPEA III

¹Segura, Valeria; ¹ Berghoff, Carla; ¹Allega, Lucrecia; ¹ Leonarduzzi, Ezequiel; ¹ Ruiz, Guillermina; ^{1,2} del Valle Daniela; ^{1,2} Epherra, Lucia; ¹ Maenza Reinaldo; ¹ Cadaveira Gustavo; ¹ Fenco Harold; ¹ Domínguez Horacio; ¹ Acevedo Daniel; ¹ Sonvico Pablo; ¹ Pappi Alejandro

- ¹ ¹ Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
² ² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET – CCT Mar del Plata)

Buque de Investigación Pesquera (BIP) “V́ctor Angelescu” Ćdigo de campaa: VA202109

Resumen

Se llev́ a cabo la campaa de investigaci³n EPEA-número 3 del a³o 2021, y 150 del Programa del Programa Dinámica del Plancton Marino y Cambio Climático (DiPlaMCC)- a bordo del buque de investigaci³n pesquera Victor Angelescu el 13 de diciembre de 2021. El área de investigaci³n comprendió la Estaci³n Permanente de Estudios Ambientales (EPEA). Los objetivos de la misma fueron analizar las condiciones ambientales y de los diferentes componentes del plancton. Se realiz³ un perfil de CTD de temperatura, salinidad, fluorescencia *in vivo*, oxígeno disuelto y de penetraci³n luminosa-irradiancia en diferentes longitudes de onda. Con la informaci³n en tiempo real de la estructura termohalina, de fluorescencia y características de oxígeno disuelto del perfil, así como de las características lumínicas en la columna de agua (porcentajes de irradiancia PAR), se definieron los niveles donde se colectaron las muestras de agua utilizando las botellas Niskin para el análisis de oxígeno disuelto, sistema de los carbonatos (pH y alcalinidad total), nutrientes, salinidad, clorofila *a*, diversidad de pigmentos, absorci³n del material particulado y del orgánico coloreado disuelto, producci³n primaria, estudio del bacterioplancton, bacterias degradadoras de hidrocarburos, bacterias en microplásticos, cuali-cuantitativo de fitoplancton. A su vez se colectaron muestras de plancton: fitoplancton, zooplancton, ictioplancton, con distintas redes.

Palabras Clave

Cambio Climático, series de tiempo ecológicas, variables ambientales; plancton, bio-óptica, acidificaci³n oceánica.

Objetivos principales



- Analizar la variación temporal de los diferentes componentes del plancton y las condiciones ambientales en la estación EPEA.

Desarrollo de la campaña

Zarpada: Mar del Plata, 131221, 08.00 hs

Arribo: Mar del Plata, 131221, 18.30 hs

Duración en días: 1 días

Condiciones hidro-meteorológicas durante la campaña.

Durante la misma se presentó buen tiempo.

- Identificación (apellidos y nombres) del personal perteneciente a la dotación náutica.
- Identificación del personal perteneciente a la dotación científico-técnica. Indicando la institución a la que pertenecen y la tarea principal asignada a bordo.

Personal científico-técnico participante

Nombre	Institución	Función
1_ Domínguez, Horacio	INIDEP	Técnico Operaciones
2_ Fenco, Harold	INIDEP	Investigador O. Física
3_ Maenza, Reinaldo	INIDEP	Investigador O. Física
4_ Cadaveira, Gustavo	INIDEP	Técnico Data Manager, Radiometría (Rad)
5_ Allega, Lucrecia	INIDEP	Investigadora Data Manager, Radiometría (Rad) & bio-óptica (BO)
6_ Berghoff, Carla F.	INIDEP	Investigadora Sist. Carbonatos (SC) & oxígeno disuelto (OD)
7_ del Valle, Daniela A.	CONICET/INIDEP	Investigadora bio-óptica (BO) y Producción Primaria



(PP)

8_Epherra, Lucía	CONICET/INIDEP	Investigadora Sist. Carbonatos (SC) & oxígeno disuelto (OD)
9_Leonarduzzi, Ezequiel	INIDEP	Fito_Ictio- y Zooplancton (IZP)
10_Ruiz, Guillermina	INIDEP	Investigadora Radiometría (Rad) & bio-óptica (BO)
11_Segura, Valeria	INIDEP	Investigadora Producción primaria (PP) & bio-óptica (BO) Jefa Científica
12_Sonvico, Pablo	INIDEP	Agrupamiento General Informático
13_Pappi, Alejandro	INIDEP	Técnico/ Bio-óptica (BO)
14_Acevedo, Daniel	INIDEP	Técnico Operaciones

Diseño de la campaña

Área de Investigación y actividades desarrolladas.

El área de investigación comprendió la Estación Permanente de Estudios Ambientales, EPEA ubicada en la Latitud 38,2793°S y la Longitud 57,4105°O (Figura 1).

Las actividades desarrolladas y la cantidad de muestras que se colectaron en la EPEA de las diferentes variables analizadas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de muestras colectadas en la Estación Permanente de Estudios Ambientales (EPEA) de las diferentes variables analizadas.

Estación	EG693 EPEA (201_N°150)	
	Lat_decimal (°S)	Lon_decimal (°O)



38,2793	57,4105
---------	---------

Actividad	Muestreo con perfilador
<i>CTD</i>	1
<i>Radiómetro</i>	2

Variable	Muestreo con botellas Niskin
<i>OXIG</i>	4
<i>pH</i>	4
<i>AT</i>	4
<i>CDOM</i>	4
<i>NUTR</i>	5
<i>ABSO</i>	8
<i>CLAT</i>	9
<i>CLA5</i>	4
<i>HPLC</i>	3
<i>FITO</i>	5
<i>BBIO</i>	3
<i>BDIV</i>	1
<i>PP</i>	1
<i>MPLAS</i>	2
<i>BDH</i>	1

Tipo de red	Muestreo con redes de plancton
<i>Fitoplancton</i>	2
<i>Mini-Bongo</i>	2
<i>Bongo</i>	2
<i>Multired</i>	1

Variable	Muestreo del sistema en continuo
<i>Isótopos</i>	1

Actividades realizadas a bordo

Las principales propiedades evaluadas fueron:



- **Oceanografía física (O.F.):** Se realizó un perfil de **CTD** a fin de observar la estructura física de la columna de agua (temperatura y salinidad). A lo largo de toda la derrota se registraron mediciones de temperatura, salinidad y fluorescencia de la capa de superficie (5 db). Asimismo, se registraron datos meteorológicos de temperatura del aire, humedad y presión atmosférica.
- **Oceanografía química (O.Q.):** A fin de caracterizar la estructura química de la columna de agua, se tomaron muestras de agua a profundidades discretas para la determinación de la concentración de nutrientes (**Nut**), oxígeno disuelto en el agua (**OD**) y sistema de los carbonatos (**SC**): **pH** y alcalinidad total (**AT**). También se incluyeron lecturas de sensores asociados al CTD de propiedades químico biológicas: fluorometría *in vivo* y oxígeno disuelto. A lo largo de toda la derrota se registraron mediciones de fluorometría *in vivo* de la capa de superficie (5 db).
- **Distribución y abundancia de microplásticos (MPLAS)**
- **Radiación fotosintéticamente activa (PAR) en continuo en superficie, y PAR e hiper_espectral en perfiles:** Se montó un sensor de coseno PAR (LICOR) en la cubierta sobre el puente para registro continuo de la luz incidente en el mar durante toda la campaña. Se realizaron perfiles con un radiómetro hiperespectral Satlantic HyperPro II para medir la irradiancia incidente y en la columna de agua (**Rad**).
- **Bio-óptica (BO):** También se tomaron muestras de agua a profundidades discretas para determinar la absorción por los componentes ópticamente activos (Particulado: **ABSO**; Material orgánico disuelto coloreado: **CDOM**); así como muestras para la determinación de la concentración de clorofila-a total (**CLAT**) y en la fracción de fitoplancton < 5 µm (**CLA5**).
- **Producción primaria del fitoplancton (PP):** Se realizó una incubación con agua de superficie (5 m) para la estimación de la tasa de fotosíntesis.
- **Composición pigmentaria del fitoplancton:** Se tomaron muestras de agua a dos profundidades (5 m y máximo de fluorescencia) para la identificación y cuantificación de pigmentos por cromatografía líquida de alta performance (**HPLC**).
- **Toxinas:** Se realizó un lance de red de fitoplancton para determinar la presencia de toxinas de forma cualitativa.
- **Se estudiaron los diferentes componentes del plancton:**
 - **Bacterioplancton (BBIO y BDIV)** para estimación de abundancia y diversidad
 - **Bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH)**
 - **Fitoplancton** de red (FP) y muestra de agua para cuali-cuantitativo por microscopía, citometría de flujo y FlowCAM (**FITO** y **FLOW**)
 - **Zooplancton e Ictioplancton**

Instrumental utilizado

Equipos propios del buque:

- Roseta Sea-Bird modelo SBE 32 con 12 Botellas tipo Niskin de 8 litros cada una.
- CTD SBE 911 plus N° de serie 091327 con un par de sensores de Temperatura y salinidad, además de sensores auxiliares de fluorescencia Sea Point, configurado con una ganancia de 3X, y dos de oxígeno Sea-Bird modelo SBE 43.



- Sistema de flujo en continuo con sensores para: temperatura y salinidad (termógrafo SBE 38 y Termosalinógrafo SBE 45), fluorescencia (WETLabsWETStar).
- Estación meteorológica automática modelo AWS 310, equipada con un sensor multiparamétrico XWT 536 (temperatura, presión, humedad, viento y precipitación), ambos marca Vaisala.
- El sistema de medición de la presión parcial de dióxido de carbono en la superficie oceánica y el sensor asociado de oxígeno disuelto (AanderaOptode 3835) no se pudo utilizar, por un daño en el detector infrarrojo de gases.
- Ultra-freezer
- Estufa
- Heladera
- Sistema de agua ultrapura (MilliQ)
- Computadoras portátiles (al menos 2)
- Computadoras de escritorio (varias)
- Snapper

Instrumental embarcado:

- Pasteca contámetro para muestreo con botellas y redes de plancton
- 2 Redes Minibongo completas (equipadas con mallas de 67 y 200 μm y 2 flujómetros)
- 2 Redes Bongo completa (equipada con dos mallas de 300 μm y 1 flujómetro)
- Red de fitoplancton
- Red Multired completa (equipada con 3 mallas de 200 μm)
- Radiómetro perfilador hiperespectral HyperPROII (Satlantic)
- Radiómetro (PAR) aéreo LICOR (coseno)
- Radiómetro (PAR) esférico Biospherical QSL-100
- Espectrofotómetro de campo (OceanOptics)
- 2 Baños termoreguladores circulantes LowProfile (Polyscience).
- Caja incubadora (para producción fitoplanctónica)
- Baterías de filtración
- Bombas de vacío
- Bomba peristáltica
- Termo de nitrógeno líquido
- 6 botellas de vidrio de 250 cm^2 para muestras de agua para medición de salinidad, con el fin de corregir la señal de salinidad de CTD (3 botellas) y para la calibración de salinidad del termosalinógrafo (3 botellas).
- Material de laboratorio general (probetas, botellas, pinzas, etc.)
- Microfiltro es un sistema de filtración secuencial que se conecta al sistema en continuo de circulación de agua de mar del buque

Observaciones y/o mediciones realizadas

Obtención de imágenes de satélites [A cargo de L. Allega].



Para la estimación de la concentración de clorofila-a y temperatura superficial del mar se contó con la imagen satelital del día de la campaña de cada variable. La misma fue procesada por el Programa de Sensoramiento Remoto del INIDEP (Figura 1).

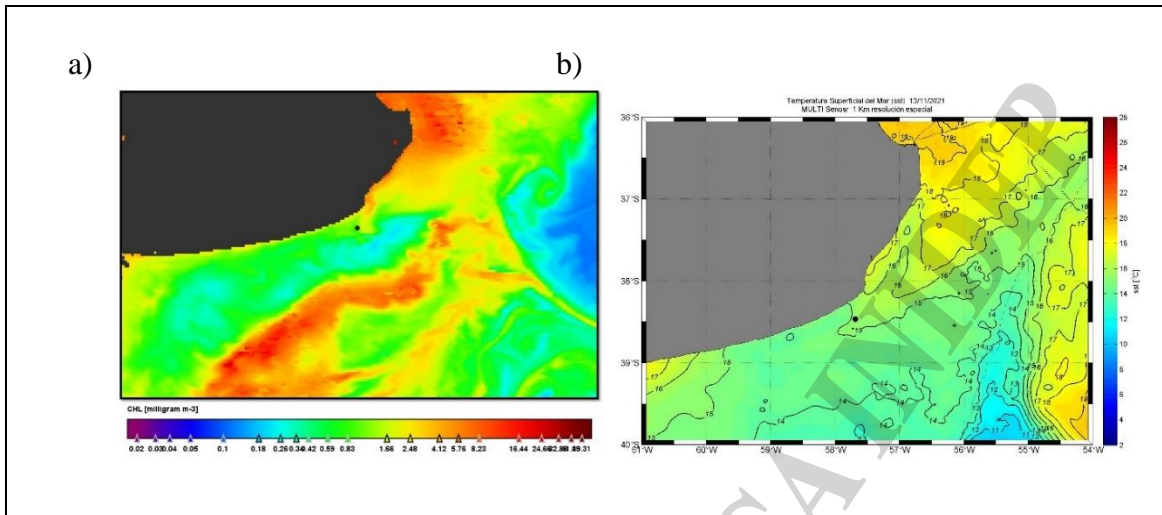


Figura 1. Imágenes satelitales de (a) la concentración de Clorofila a [CMEMS¹] y (b) la temperatura superficial del mar [MUR²] correspondientes al 13/12/2021. El punto (negro) indica la estación permanente de estudios ambientales (EPEA) donde se realizaron los muestreos. ¹CMEMS: Copernicus Marine Service. <http://www.globcolour.info> GlobColour has been originally funded by ESA with data from ESA, NASA, NOAA and GeoEye. This version has received funding from the European Community s Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n. 282723 [OSS2015 project]. ²MUR: Multi-scale Ultra-high Resolution. JPL MUR MEaSURES Project. 2015. GHRSSST Level 4 MUR Global foundation Sea Surface Temperature Analysis. Ver. 4.1. PODAAC, CA, USA.

Muestreo en navegación

- a. *Medición de irradiancia PAR incidente (LICOR) [A cargo de V. Segura y personal de Operaciones del INIDEP]*

Se instaló en una parte alta de la cubierta sobre el puente del barco, un radiómetro de coseno que registró en forma continua la irradiancia PAR incidente. Estas estimaciones son un insumo clave en el modelado de la producción primaria.

- b. *Sistema de flujo de agua en continuo y sensores asociados georeferenciado (temperatura, salinidad y fluorescencia). [Fenco Harold - Maenza Reinaldo]*

Se puso en funcionamiento y controló la normal provisión de agua a los siguientes sensores: un termosalinógrafo, un termógrafo remoto y un fluorómetro. Se controló la correcta adquisición de datos provenientes de los sensores mencionados. Durante la navegación se hicieron registros continuos georeferenciados de temperatura, salinidad y fluorescencia con un período de muestreo de 30 segundos. [Fenco Harold - Maenza Reinaldo]

Muestreo en estación



Cabe destacar que las actividades de operaciones constituyen un imprescindible apoyo en todas las maniobras de alistamiento y uso de muestreadores en todas las estaciones. [A cargo de Daniel Acevedo y Horacio Domínguez]

Todas las actividades de toma de datos y muestras en la EPEA se realizaron en horas del mediodía, debido a la necesidad de contar con radiación solar para las mediciones de penetración luminosa en la columna de agua. Es importante destacar que una vez terminada la maniobra de cubierta, se continuó trabajando con el procesamiento, y desarrollo de experimentos en laboratorio a bordo de las muestras colectadas en la estación.

A continuación, se mencionan en forma general todas las variables que se colectaron:

1) Perfiles de la radiancia ascendente ($L_u(\lambda, z)$) y de la irradiancia descendente ($E_d(\lambda, z)$) en función de la profundidad en el rango de longitud de onda de 340-800 nm, para la determinación de la penetración luminosa (Radiación Fotosintéticamente Activa – PAR, profundidad de la capa eufótica y reflectancia, entre otras.

2) Realización de perfiles de temperatura, salinidad, fluorescencia *in vivo* y oxígeno disuelto con CTD.

3) Recolección de muestras de agua con Roseta a diferentes profundidades de interés (a demanda de las actividades planificadas a bordo), con el fin de analizar:

- a. oxígeno disuelto
- b. pH del agua de mar
- c. Alcalinidad Total
- d. nutrientes
- e. salinidad
- f. clorofila a Total
- g. clorofila a $< 5 \mu\text{m}$
- h. absorción del material particulado
- i. absorción del material orgánico disuelto, CDOM
- j. abundancia, biomasa y diversidad de bacterias
- k. bacterias degradadoras de hidrocarburos
- l. microplásticos en agua
- m. isótopos estables en muestras de agua
- n. comunidad del fitoplancton (cuali-cuantitativo)
- o. tasa de producción primaria a 5 m de profundidad
- p. pigmentos del fitoplancton

4) Recolección de muestras de plancton con distintas redes para la obtención de:

-Fitoplancton utilizando una red de $25 \mu\text{m}$ de poro en forma vertical

-Microzooplancton, mesozooplancton, macrozooplancton y larvas de peces utilizando una Multired HydroBios Modelo Midi con una boca de $0.5 \times 0.5\text{m}$, un flujómetro interno y otro externo ($200 \mu\text{m}$); una red de Bongo (con malla de $300 \mu\text{m}$ de poro) y una MiniBongo (con mallas de 67 y $200 \mu\text{m}$).

- Las muestras de la Multired fueron analizadas a bordo, bajo una lupa binocular, en busca de huevos de anchoíta, para su posterior incubación.

5) Muestreos adicionales:



-Se realizó la puesta en marcha de los servidores científicos (MDM500, CTD y thermosal), sistema de posicionamiento (SEAPTH) y MATRIX. Se configuraron los clientes de backup automático para el resguardo de la información generada en tiempo real. No se reportaron fallas y los equipos funcionaron de manera correcta durante toda la navegación.

Datos obtenidos

Métodos utilizados para las diversas actividades y responsables a bordo

- a. *Perfil de temperatura, salinidad, Oxígeno disuelto y Fluorescencia in vivo* – [Fenco Harold y Maenza Reinaldo]

Se utilizó un sistema CTD/Roseta marca SeaBird, modelo SBE 9, equipada con 12 botellas Niskin de 8 litros cada una. El equipo se configuró con sensores de temperatura y conductividad principales y secundarios, con sus respectivas bombas para establecer un flujo de circulación constante de agua. Además, se instalaron sensores auxiliares de fluorometría, oxígeno y uno acústico para medir la distancia al fondo. La frecuencia de muestreo fue de 24 Hz y se utilizó una unidad de cubierta SBE 11 plus, marca SeaBird, para decodificar el flujo de información de los sensores y comunicarlo al ordenador.

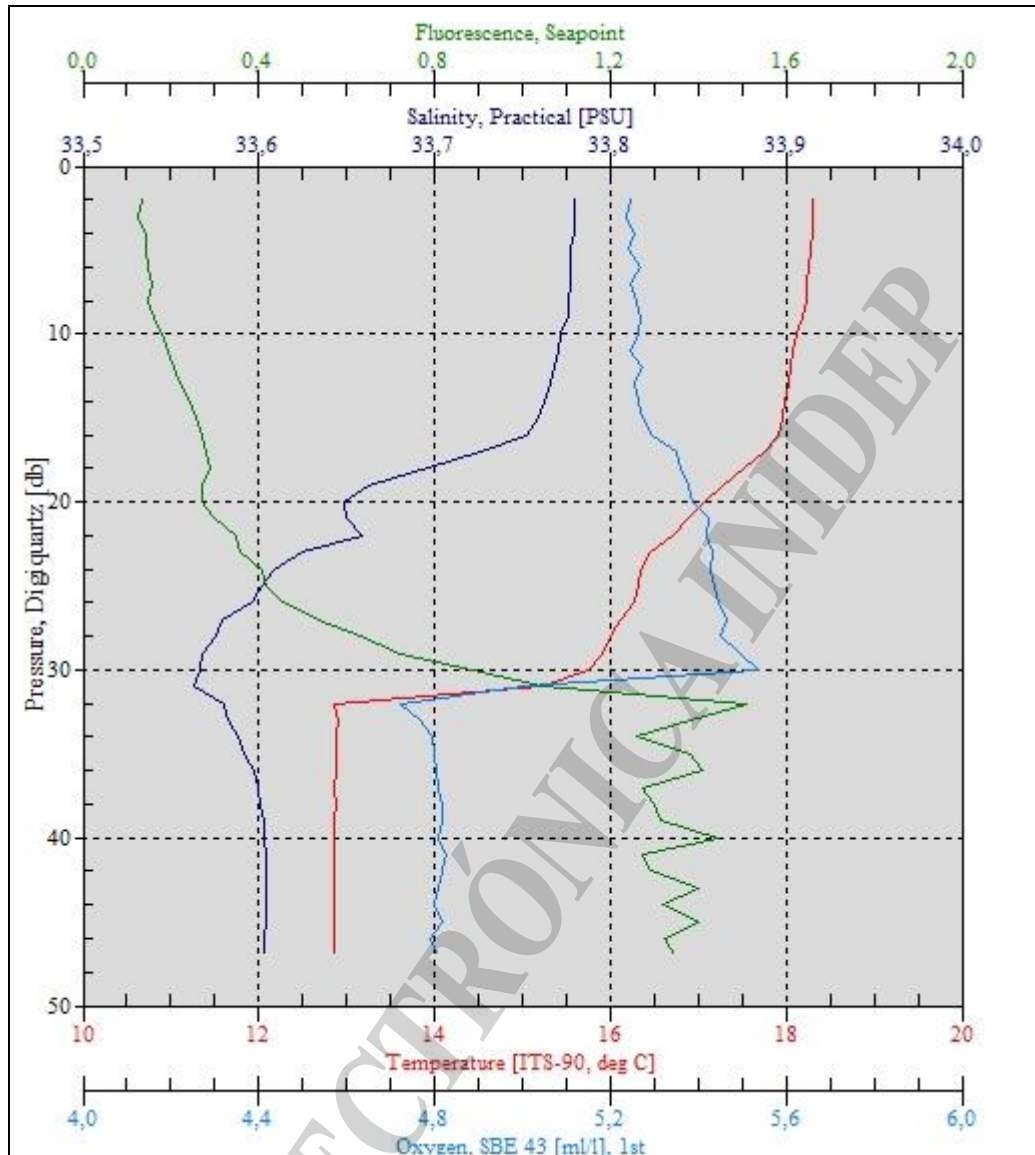


Figura 2. Perfil de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinidad (PSU), oxígeno disuelto (ml/l) y fluorescencia en la estación EPEA ($38^{\circ} 27.93' \text{ S}$, $57^{\circ} 41.05' \text{ W}$).

b. *Radiometría* (Perfil de luz) – [Guillermina Ruiz _Lucrecia Allega– Gustavo Cadaveira– Daniel Acevedo – Horacio Domínguez]

Para registrar los niveles de luz en la columna de agua y poder ubicar la profundidad de la capa eufótica (1% de la luz que llega a la superficie), se registraron los valores de irradiancia con un radiómetro hiperspectral Satlantic HyperPro II. El mismo permite obtener mediciones de la radiancia ascendente (L_u) y de la irradiancia descendente (E_d) de forma hiperspectral, - es decir, en todas las longitudes de onda entre el ultravioleta y el infrarrojo - en la columna de agua en coincidencia con la irradiancia incidente en la superficie (E_s). Esto permite estimar la radiancia integrada en la región visible del espectro electromagnético (PAR: radiación fotosintéticamente activa). La maniobra es manual, la cual demanda la participación de varias personas – en esta oportunidad se requirieron cinco personas operando en cubierta, una en la PC y la comunicación constante con el Puente, ya que requiere posicionar el buque con proa al viento. Si bien el uso del

Instrumento requiere de ciertas condiciones meteorológicas y del estado del mar adecuadas (mar 1 o 2), la maniobra se pudo realizar con éxito en la EPEA (muestreo número 201, campaña DiPlaMCC número 150).

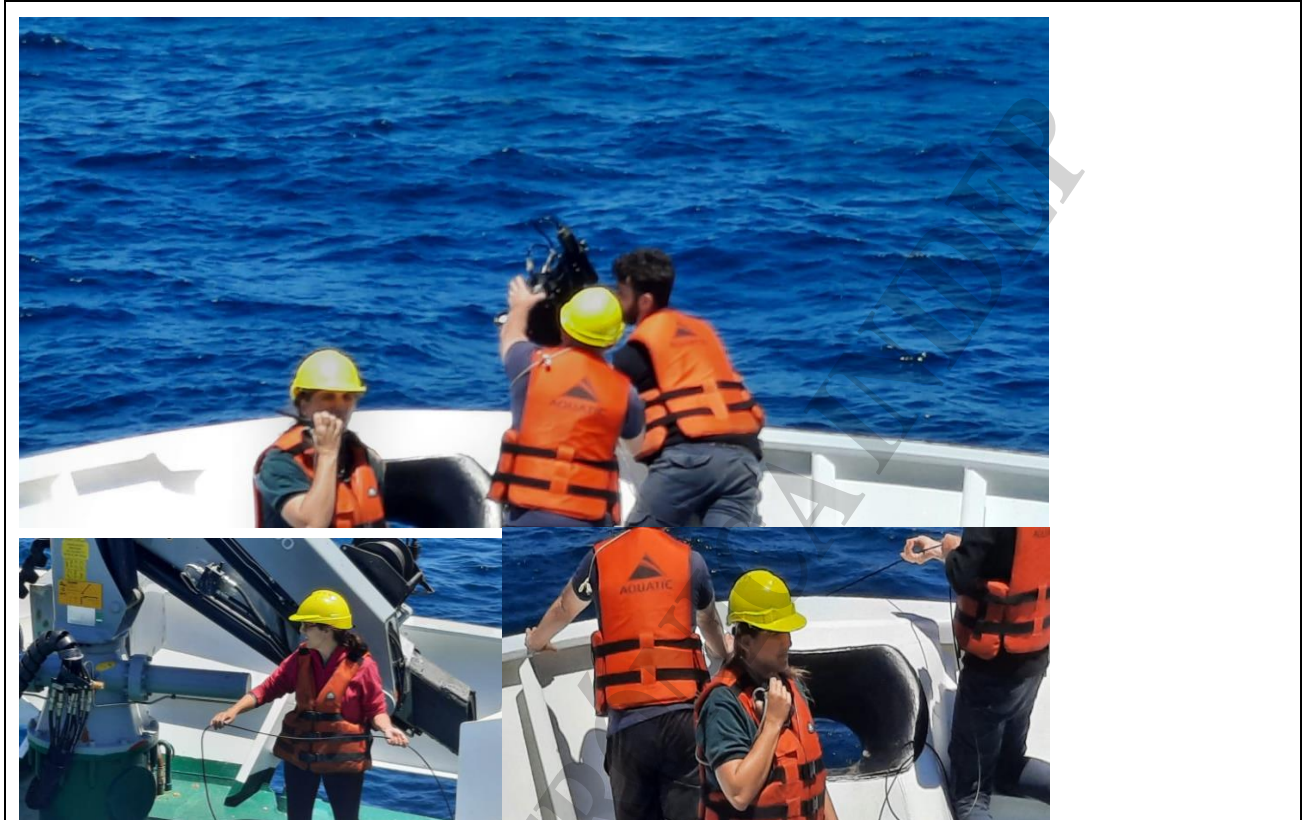


Figura 3. Imágenes de la maniobra del despliegue del radiómetro hiperspectral.

Material obtenido

Obtención de muestras de plancton con redes.

Fitoplancton – [Ezequiel Leonarduzzi]

En la estación se realizó un barrido vertical con una red bicónica de 25 μm de malla, desde algunos metros por debajo de la capa eufótica hasta la superficie.

Zooplancton e Ictioplancton – [Ezequiel Leonarduzzi, Daniel Acevedo y Horacio Domínguez].



Se tomaron muestras de plancton (micro, meso y macrozooplancton) en la EPEA. Para ello, se utilizaron las siguientes redes: una Bongo, equipada con malla de 300 μm y un flujómetro en el colector A, una Minibongo, con mallas de 67 μm y 200 μm (ambas con flujómetro), y 1 Multired HydroBios Modelo Midi con una boca de 0.5 x 0.5m, un flujómetro interno y otro externo.

Estaciones EPEA

MultiRed

La MultiRed fue armada con 3 redes de 200 μm (para el meso y macrozooplancton) y colectores blandos. La velocidad de arrastre durante el ascenso se mantuvo entre 2 y 3 nudos. Los arrastres fueron oblicuos dentro de cada estrato, con una duración que varió entre 2 y 5 minutos. Las 3 redes de 300 μm fueron operadas por encima de la termoclina, al nivel de la termoclina y por debajo de la misma.

Las muestras se revisaron a bordo para la detección de larvas de anchoíta. Las mismas fueron separadas y guardadas en crioviales en un superfreezer a -75°C . El resto de la muestra de plancton, al igual que aquellas que no fueron revisadas se fijaron en formol al 5% en agua de mar para ser observadas posteriormente bajo lupa binocular en los laboratorios del INIDEP. Sobre estas muestras se determinarán las densidades de huevos y larvas totales

Bongo

Se realizaron dos muestreos con red Bongo. De la primera red, las muestras obtenidas del colector A fueron fijadas en formol al 5% en agua de mar para ser observadas posteriormente bajo lupa binocular en los laboratorios del INIDEP. Las muestras obtenidas del colector B fueron filtradas y fijadas en etanol al 96%. Las dos muestras del segundo arrastre fueron conservadas en formol al 5%.

Minibongo

Las muestras obtenidas de cada malla (67 y 200 μm) de la Minibongo fueron fijadas en formol al 5% en agua de mar para ser observadas posteriormente bajo lupa binocular en los laboratorios del INIDEP. Se realizó una segunda MiniBongo y su contenido (mallas de 67 y 200 μm conjuntamente) fue fijado en etanol al 96%, para un posterior estudio de tramas tróficas mediante la determinación de isótopos estables de C y N.

Obtención de muestras de agua de diferentes profundidades

Para coleccionar las muestras de agua a las profundidades seleccionadas, se utilizaron botellas tipo "Niskin" de 8 litros de capacidad, ubicadas en una roseta que porta 12 botellas.

Para la corrección de la lectura de salinidad, se utilizaron muestras de agua correspondientes a la mayor y menor profundidad de muestreo. Éstas serán analizadas posteriormente en el Gabinete de Oceanografía para la determinación de la salinidad utilizando un salinómetro (Autosal Guidline 8400B).

El agua colectada se utilizó para las determinaciones detalladas a continuación:

- a) *Obtención de muestras de agua de diferentes profundidades para análisis del sistema de los carbonatos (pH y alcalinidad total) y oxígeno disuelto [Lucía Epherra y Carla F. Berghoff]*

El muestreo para determinación de **pH** se realizó en todas las estaciones CTD, colectando muestras en 4 profundidades diferentes. Las muestras de agua de mar fueron colectadas en duplicado o triplicado directamente de botellas Niskin, en celdas de cuarzo de longitud óptica de 10 cm. En algunas profundidades seleccionadas las muestras fueron colectadas por triplicado en botellas de borosilicato de 100 ml y luego al momento de la determinación fueron trasvasadas a las celdas de cuarzo.

La determinación del pH del agua de mar, en la escala de pH de la concentración total de iones hidrógeno, fue realizada a bordo bajo el procedimiento desarrollado por Clayton y Byrne (1993), tal como lo descrito en el procedimiento estándar de operación 6b (SOP6b, por sus siglas en inglés) de la “Guía de Buenas Prácticas en Mediciones Oceánicas de CO₂” (Dickson et al., 2007) y como fue descrito en el Informe de Ases. y Transf. INIDEP 86/2020 (Berghoff, 2020). El equipamiento fue montado en el laboratorio termorregulado (a 23.5°C), para que las determinaciones fueran realizadas a $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$ (Figura 4). La concentración total de iones hidrógeno en micromoles por kilogramo de agua de mar, fue calculada a partir de la información registrada de absorbancias (con y sin el indicador), la temperatura de la celda y los valores de temperatura, presión y salinidad del registro CTD, una vez que estos últimos se encuentren procesados y con control de calidad.

Las muestras de agua de mar para determinación de la **alcalinidad total** fueron colectadas en 4 profundidades diferentes, directamente de las botellas Niskin en botellas de borosilicato de 0.5 l, según las indicaciones del procedimiento SOP1 (Dickson et al., 2007). Las muestras fueron inmediatamente fijadas con 100 µl de Cloruro de Mercurio saturado y preservadas en cajones plásticos con espuma de poliestireno y almacenadas en cámara fría hasta su posterior análisis en laboratorio en tierra bajo el método potenciométrico en celda abierta según las indicaciones del procedimiento SOP3b (Dickson et al., 2007), tal como lo descrito en el Informe de Procedimientos Operacionales INIDEP 01/2021 (Berghoff et al., 2021).

Las muestras de agua de mar para la determinación de la concentración de **oxígeno disuelto** fueron colectadas en 4 profundidades diferentes, directamente de las botellas Niskin en botellas “BOD” de borosilicato de 330 ml y fueron inmediatamente fijadas con 1 ml de sulfato de manganeso y 1 ml de solución alcalina de iodo. Hasta el momento de la determinación, las muestras se preservaron en oscuridad en un cajón de poliestireno expandido a temperatura ambiente de laboratorio. La determinación fue realizada en tierra luego de 48 hs de finalizada la campaña, empleando el método de Winkler tal como lo descrito por Strickland y Parsons (1972).

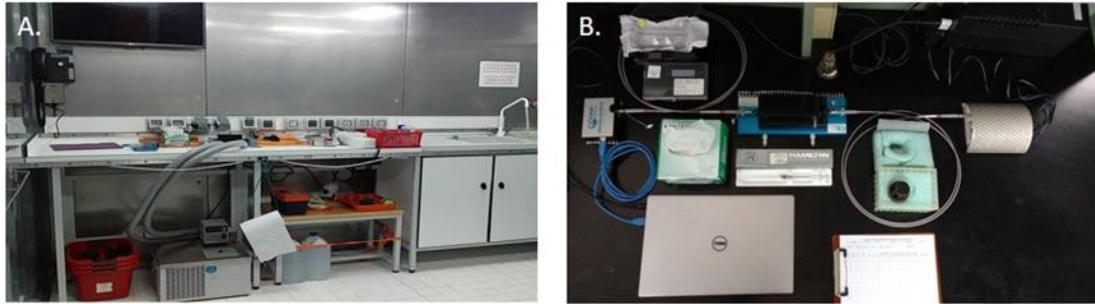


Figura 4. A) Equipamiento montado en el laboratorio termorregulado, B) Detalle de espectrofotómetro de campo para determinaciones de pH

b) *Absorción del material particulado* (fitoplancton y detrito) – [Daniela del Valle-Valeria Segura-Lucrecia Allega]

Un volumen conocido de agua de mar fue inmediatamente filtrado a bordo (entre 300 y 500 ml), a baja presión y a baja intensidad de luz, sobre filtros GF/F (tamaño de poro ~ 0,7 μm). Los filtros fueron guardados en cápsulas plásticas (extendidos) y almacenados en ultra-freezer a bordo (-80°C). En tierra las muestras serán traspasadas a un ultra-freezer (-86 °C) en el laboratorio del INIDEP y se utilizará la técnica cuantitativa en filtro de Mitchell (1990) para el análisis de las muestras, y el principio descrito por Kishino et al. (1985) para obtener el espectro del material no algal.

c) *Absorción del material orgánico disuelto coloreado (CDOM)* - [Guillermina Ruiz]

Se colectaron muestras de agua de mar en distintas profundidades de muestreo en botellas de vidrio ultra-limpias directamente de las botellas Niskin. Fueron conservadas en heladera a bordo y en cámara fría en tierra hasta su posterior análisis por el método de Mitchell et al. (2003) y Ruiz et al. (2017).

d) *Nutrientes* – [Lucrecia Allega- Guillermina Ruiz- Alejandro Pappi—Gustavo Cadaveira]

Las muestras para análisis de nutrientes fueron colectadas en viales resistentes de 50 ml y luego almacenadas en ultra-freezer hasta su posterior análisis en el laboratorio del INIDEP utilizando un autoanalizador.

e) *Clorofila total y correspondiente a la fracción menor a 5 μm* – [Lucrecia Allega – Daniela del Valle-Valeria Segura]

Inmediatamente después de ser colectadas las muestras de agua, fueron filtradas por duplicado a través de filtros de fibra de vidrio GF/F con tamaño de poro ~ 0,7 μm a baja luminosidad y utilizando baja presión (< 35 kPa). Para el análisis de la concentración de clorofila a en la fracción de tamaño celular <5 (Cla<5 μm) la muestra de agua fue primero filtrada a través de un filtro de membrana Nuclepore de 5 μm de poro y el agua recogida en el Kitasato fue filtrada nuevamente a través de un filtro de fibra de vidrio GF/F. Todas las muestras fueron secadas y conservadas en el



superfreezer (-80 °C). La determinación de clorofila a (Cla) se realizará en el laboratorio con un espectrofluorómetro utilizando el método fluorométrico de Holm-Hansen et al. (1965) modificado según Lutz et al. (2010).

f) Pigmentos por HPLC – [Guillermina Ruiz]

Se filtró un volumen variable de agua (aproximadamente 2,0 litros) de acuerdo a la concentración de material, a través de filtros de fibra de vidrio de 47 mm de diámetro y tamaño de poro 0,7 µm (Whatman GF/F). Los filtros se secaron y se conservaron en el superfreezer (-80 °C) hasta su posterior análisis en el laboratorio por cromatografía líquida de alta performance (HPLC).

g) Toxinas – [Guillermina Ruiz- Ezequiel Leonarduzzi]

Se hizo **un lance de red vertical y se colectó** el concentrado obtenido en el copo de la red y se pasó el concentrado por una malla de 300 µm y descarto el material retenido. El líquido resultante se filtró en filtro GF/F de 47mm de diámetro. También, se tomó una muestra de agua con balde y se vertió 100 ml en envase plástico y se fijó con lugol para recuento de fitoplancton tóxico y otros 100 ml se vertieron en el frasco con medio de cultivo, el cual se mantuvo en lugar fresco hasta el arribo al laboratorio.

h) Producción primaria – [Valeria Segura – Daniela del Valle]

La irradiancia en el rango fotosintéticamente activo (PAR: 400 a 700 nm) en superficie, E0, fue monitoreada continuamente durante la navegación, con un radiómetro de coseno LI-COR. Un volumen de 8 litros de agua de mar (de 5 m) fue inoculado con una solución de $\text{NaH}^{13}\text{CO}_3$ para lograr un enriquecimiento final de ~ 8 %, se colocó en 15 botellas claras y 1 oscura (como control), que fueron incubadas por 4 horas en una caja de incubación con lámparas halógenas con un sistema de circulación de agua conectado a un baño termostático en las estaciones seleccionadas (ver tabla). No fue posible medir el valor de intensidad de luz dentro de cada botella con un radiómetro Biospherical QSL-100 en la incubación por falta de tiempo. El método del isótopo estable ^{13}C seguido es el de Hama et al. (1983). La temperatura del baño termostático se configuró a la temperatura del agua de mar. Una muestra no inoculada fue filtrada al comienzo de cada experiencia para ser usada en la determinación de la concentración natural de ^{13}C en el mar. Después de la incubación, un volumen conocido de cada botella fue filtrado sobre filtros de fibra de vidrio Whatman GF/F pre-combustionados. Los filtros fueron completamente secados a ~60°C y envueltos en papel de aluminio pre-combustionado.

En tierra los filtros serán procesados y encapsulados para ser enviados al Laboratorio de Isótopos UC Davis (California) para su análisis en un espectrómetro de masa de relación isotópica; pendiente de la obtención de fondos para el pago del servicio.

i) Abundancia y Biomasa del bacterioplancton (BBIO)– [Alejandro Pappi-Valeria Segura-Daniela Del Valle]

Para la estimación de la abundancia y biomasa del bacterioplancton se tomaron 50 ml de agua de distintas profundidades y se preservaron con formaldehído (2% V/V concentración final) en heladera.

j) Diversidad del bacterioplancton (BDIV)– [Alejandro Pappi-Valeria Segura- Daniela Del Valle]



Las muestras de agua para caracterizar la comunidad del bacterioplancton fueron colectadas en 2 profundidades diferentes en todas las estaciones con botellas de un volumen conocido de agua (entre 1000 y 1500 ml) y conservadas en heladera hasta el posterior procesamiento en el laboratorio del GGMM del INIDEP.

k) Obtención de Bacterias Degradadoras de Hidrocarburos (BDH) – [Alejandro Pappi-Valeria Segura- Daniela Del Valle]

Las muestras de agua para caracterizar la comunidad del bacterioplancton fueron colectadas en 2 profundidades diferentes en todas las estaciones con botellas de un volumen conocido de agua (entre 1000 y 1500 ml) y conservadas en heladera hasta el posterior procesamiento en el laboratorio del GGMM del INIDEP.

Muestras de microplásticos [Alejandro Pappi-Carla Berghoff]

Se tomaron muestras de agua (1 l) a dos profundidades: a 5 m de la superficie y cerca del fondo. El agua fue almacenada en botellas de vidrio, previamente enjuagadas, y se agregaron 2 ml de formol para su conservación a temperatura ambiente.

m) Isótopos Estables en muestras de agua– [Ezequiel Leonarduzzi]

Se tomaron muestras de agua de la salida del continuo (5m) con bidones de 5 litros y fueron conservadas en la heladera hasta el posterior chequeo de presencia de larvas de anchoíta de las muestras de red.

o) Fitoplancton cuali-cuantitativo– [Lucrecia Allega- Guillermina Ruiz- Alejandro Pappi— Gustavo Cadaveira-Valeria Segura]

Un total de 250 ml fueron preservados con formaldehído para análisis cuali-cuantitativo de fitoplancton por el método de sedimentación con microscopio invertido; y 2 ml (prefiltrados por malla de 5µm) preservados con paraformaldehído y almacenados en heladera hasta su posterior estudio en el laboratorio.

Resultados preliminares



Perfiles radiométricos

A modo de ejemplo se muestra una foto correspondiente al color del mar y al estado del cielo, los gráficos de la irradiancia descendente y ascendente en función de la profundidad y de la longitud de onda (350-804 nm), y los valores de radiación fotosintética disponible y temperatura en la columna de agua en una de las estaciones de la campaña (Figura 5). El grado de penetración de la luz y el color del mar son funciones tanto de la luz incidente como de la cantidad y calidad de componentes ópticamente activos en la columna de agua. Se estimó la profundidad de la capa eufótica en 37 m. El radiómetro cuenta además con sensores auxiliares (temperatura, presión, conductividad, angulación) equivalentes a los de un CTD. Se registró una termoclina cercana a los 30 m de profundidad.

Evaluación operativa de la Campaña

Contingencias – Recomendaciones:

- Deben reemplazarse las tomas de alimentación eléctrica de todos los sensores del sistema en continuo, ya que se encuentran en estado muy precario, lo que puede generar la desconexión de los sensores, con la consecuente pérdida de valiosa información.
- Sería recomendable incrementar el lugar de guardado en el laboratorio termorregulado y adicionar un sistema de trincado para las mesadas rebatibles, del mismo modo en el que se encuentran en otras mesadas de los laboratorios.
- Se recomienda evaluar la posibilidad de colocar una protección de la rejilla de ventilación del ultrafreezer de modo tal que impida colocar material cerca de la misma.

a)	Color del mar	Estado del Cielo
EPEA		
b)		
ES	ED	LU

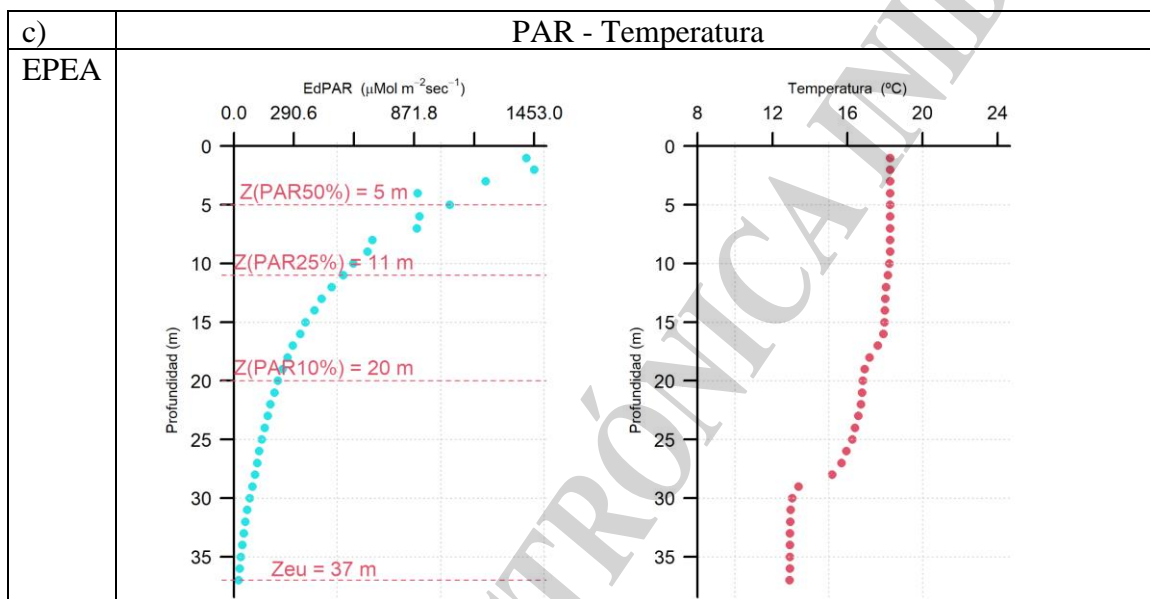
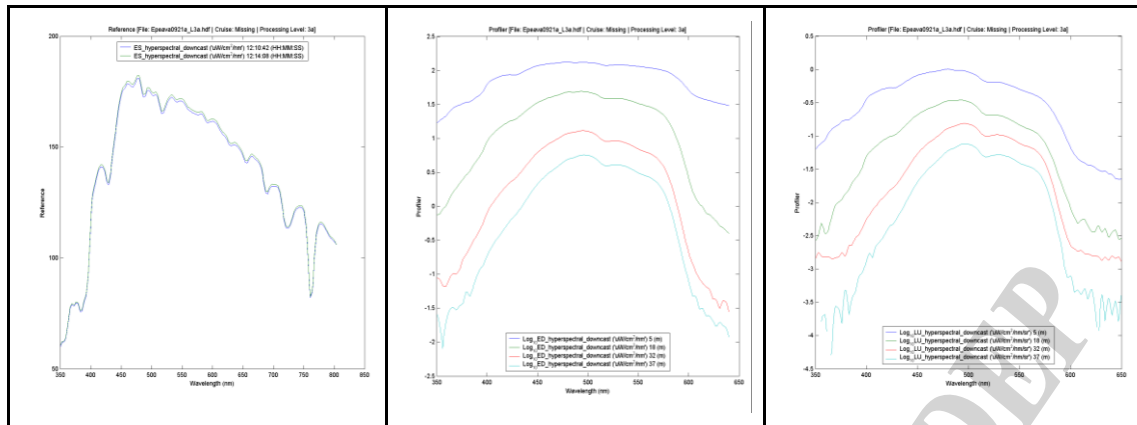


Figura 5. a) Foto del color del mar y del cielo; b) espectros de irradiancia en superficie (ES), irradiancia descendente (ED) e radiancia ascendente (LU) a profundidades de muestreo, c) perfil de la radiación fotosintética disponible (PAR) y de la temperatura en función de la profundidad.

Agradecimientos

Quiero expresar mi mayor agradecimiento, en nombre de todos los participantes de la campaña VA0921, hacia el capitán Pedro Dante Gómez y a su tripulación por su buena predisposición y por su trabajo tan profesional para realizar la campaña EPEA. También quiero agradecer en nombre del todo el grupo al responsable e integrantes del área de Operaciones, Martín Bertelo por su diligente y eficiente trabajo tanto para el armado y alistamiento previo de los equipos usados, así como el profesional trabajo de de D. Acevedo y H. Domínguez por puesta en el mar de los distintos y sofisticados instrumentos utilizados (radiómetro hiper-espectral, CTD, multired, etc.). También a A. Cuvilla por la puesta y chequeo del buen funcionamiento de los equipos requeridos al Gabinete de Oceanografía. Todo lo mencionado previamente fue crucial para lograr llevar a cabo con éxito todas las mediciones y actividades previstas.



Bibliografía

- Berghoff, C.F. (2020). Procedimiento de determinación espectrofotométrica del pH de agua de mar con púrpura de meta-cresol. Informe de Asesoramiento y Transferencia INIDEP 86/2020.
- Berghoff C. F., et al., (2021). Determinación potenciométrica de alcalinidad total de agua de mar en celda abierta. Informe de Procedimientos Operacionales INIDEP 01/2021.
- Clayton, T.D. & Byrne, H. (1993). Spectrophotometric seawater pH measurements: total hydrogen ion concentration scale calibration of m-cresol purple and at-sea results. Deep-Sea Research 40, 2115-2129.
- Dickson A.G., et al., 2007, Guide to best practices for ocean CO₂ measurements. PICES Special Pubs. 1-191.
- Strickland, J.D. & Parsons, T.R. (1972). A practical handbook of seawater analysis.



Valeria Segura
Jefa Científica

