

2024

Informe de
INVESTIGACIÓN

019-24

NO-2024-39498348-APN-DNI#INIDEP
16/04/2024

Estudio de las Variables Ambientales y del Plancton en la Serie de Tiempo Ecológica Marina EPEA durante el año 2022

Valeria Segura, Daniela A. del Valle, Vivian A. Lutz, Lucia Epherra, Carla F. Berghoff, Jorge M. Fernández Acuña, Micaela Giorgini, Ricardo I. Silva, Marina Diaz, Marina Do Souto, Moira Luz Clara, Lucrecia Allega, Georgina Cepeda, Ezequiel Leonarduzzi, M. Guillermina Ruiz, Constanza Hozbor, Silva Peresutti, Reinaldo A. Maenza, Nora Montoya y Macarena Albornoz

Dirección: Pesquerías de Invertebrados y Ambiente Marino

Área: Programa Dinámica de Plancton Marino y Cambio Climático (DiPlaMCC)

Citar como:

Segura V, del Valle D, Lutz V, Epherra L, Berghoff C, Fernández Acuña J, Giorgini M, Silva I, Diaz M, Do Souto M, Luz Clara M, Allega L, Cepeda G; Leonarduzzi E, Ruiz M, Hozbor C, Peresutti S, Maenza R, Montoya N, Albornoz M. 2023. Estudio de las Variables Ambientales y del Plancton en la Serie de Tiempo Ecológica Marina EPEA durante el año 2022. Inf Investigación INIDEP N° 019/24, 34 pp.



Estudio de las Variables Ambientales y del Plancton en la Serie de Tiempo Ecológica Marina EPEA durante el año 2022

¹Valeria Segura; ^{1,2}Daniela A. del Valle; ^{1,2}Vivian A. Lutz; ^{1,2}Lucía Epherra; ¹Carla F. Berghoff; ¹Jorge M. Fernández Acuña; ¹Micaela Giorgini; ¹Ricardo I. Silva; ^{1,2}Marina Diaz; ^{1,2}Marina Do Souto; ^{1,2}Moira Luz Clara; ¹Lucrecia Allega; ^{1,2}Georgina Cepeda; ¹Ezequiel Leonarduzzi; ¹M. Guillermina Ruiz; ¹Constanza Hozbor; ¹Silvia Peressutti; ¹Reinaldo A. Maenza; ¹Nora Montoya y ¹Macarena Albornoz

¹ Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET – CCT Mar del Plata)

Resumen

Las Series de Tiempo Ecológicas Marinas (STEM) son sitios en los cuales se colectan muestras regularmente desde embarcaciones, lo que permite obtener mediciones continuas a lo largo del tiempo. Las STEM representan una valiosa herramienta para abordar el estudio de los océanos ya que permiten un profundo entendimiento del sistema marino y la capacidad de distinguir entre cambios naturales y aquellos causados por la actividad humana. El INIDEP, en el marco del Programa Dinámica de Plancton Marino y Cambio Climático (DiPlaMCC), realiza estudios de STEM en la Estación Permanente de Estudios Ambientales (EPEA; 38° 28' S y 57° 41' O), iniciada en el año 2000 con el objetivo de evaluar los cambios en el medio marino y las comunidades de plancton en un escenario de cambio global. El amplio espectro de variables medidas *in situ* en la EPEA permiten una mirada integral y ecosistémica. Durante el año 2022, se llevaron a cabo siete campañas a la EPEA. Los objetivos de este informe son: 1) reportar los resultados obtenidos en las campañas EPEA del 2022 de las propiedades físicas, biogeoquímicas, bio-ópticas y la composición de diferentes fracciones del plancton; (2) poner en contexto dichos resultados en el marco de la información adquirida desde el inicio de la EPEA; y (3) realizar un análisis integral entre las variables estudiadas. Durante el año estudiado, las condiciones termohalinas mostraron valores esperables, mientras que los macronutrientes fueron bajos, y la concentración de oxígeno disuelto presentó valores elevados en comparación a los valores históricos. Se registró un elevado florecimiento fitoplanctónico entre finales de agosto y principios de octubre, dominado por la presencia de diatomeas del nanoplancton (*Pseudonitzschia* spp) y dinoflagelados del microplancton (*Neoceratium tripos*). Las abundancias de bacterias fueron las más bajas de toda la serie histórica durante los meses de agosto, septiembre y diciembre. La composición de la comunidad zooplanctónica fue acorde a lo registrado históricamente, aunque se destacó la presencia de salpas en marzo. Las abundancias de huevos de *Engraulis anchoita* fueron mayores a las históricas en el mes de junio; mientras que, durante septiembre y octubre, las abundancias de huevos y larvas fueron menores. A pesar de ello, los valores de condición nutricional larval fueron mayores durante todo el 2022 respecto de sus valores históricos. La identificación de singularidades en el año estudiado fue factible gracias a la disponibilidad de registros históricos recopilados a lo largo de la serie, permitiendo así contextualizar y comprender los resultados obtenidos.

Palabras Clave

Investigación transversal, comunidades planctónicas, variables ambientales, cambio climático, Series de Tiempo Ecológicas Marinas

1. Introducción

Las Series de Tiempo Ecológicas Marinas (STEM) son sitios en los cuales se colectan muestras regularmente desde embarcaciones, lo que permite obtener mediciones continuas a lo largo del tiempo. En la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), donde se proclama el período 2021-2030 como la Década de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible, se enfatizó el rol



esencial del océano en la mitigación del cambio climático, a través de la captura de calor y la absorción de dióxido de carbono (CO₂) (IPCC 2019). En este sentido, las STEM son una valiosa herramienta para abordar el estudio de los océanos ya que permiten un profundo entendimiento del sistema marino y la capacidad de distinguir entre cambios naturales y aquellos causados por la actividad humana. Para lograr esta distinción, se requieren décadas de mediciones marinas sostenidas e ininterrumpidas (Henson 2014). Las STEM proveen datos para caracterizar y cuantificar los ciclos, patrones, variabilidad y tendencias del ambiente marino y su biota (Karl 2010, Benway et al. 2019, entre otras). A nivel internacional existen numerosas series de tiempo (IGMETS, 2017), sin embargo, las series de tiempo actuales no abordan la diversidad de ecorregiones del océano global y son escasas en el Atlántico Sudoccidental.

El INIDEP, en el marco del Programa Dinámica de Plancton Marino y Cambio Climático (DiPlaMCC), realiza estudios de STEM. La Estación Permanente de Estudios Ambientales (EPEA) es una de ellas, iniciada en el año 2000 con el objetivo de evaluar los cambios en el medio marino y las comunidades de plancton en un escenario de cambio global. La EPEA, localizada a los 38° 28' S y 57° 41' O, se encuentra a aproximadamente 13,5 millas náuticas de Miramar y a 27 millas náuticas de Mar del Plata. Su ubicación corresponde a una zona de aguas costeras, por su proximidad a la isobata de 50 m, que en algunas instancias puede ser influenciada por la advección de las aguas de la Plataforma Media y, en ocasiones particulares, por agua del Río de la Plata (Carreto et al. 1995, Guerrero y Piola 1997, Lucas et al. 2005). Esto hace que esta estación sea altamente dinámica hidrográficamente. Para comprender las interacciones en escalas temporales estacionales, anuales e interanuales, se realizan muestreos en los que se miden diversas variables físicas, bio-geoquímicas; bio-ópticas y biológicas que caracterizan las diferentes componentes del plancton (bacterio-, fito-, zoo- e ictio-plancton), así como algunos procesos fisiológicos (producción primaria y condición nutricional de larvas); y se mide la contaminación por microplásticos.

El 7 de septiembre de 2023, en las instalaciones del INIDEP, se llevó a cabo un taller de trabajo organizado por el DiPlaMCC. Este taller tuvo como objetivo general compartir la información obtenida durante las campañas realizadas en el año 2022 en la EPEA, generando así un espacio de debate y análisis integrado entre los miembros y colaboradores del Programa. Durante este taller se decidió la elaboración del presente informe de investigación con el objetivo general de resumir, integrar e interpretar los resultados obtenidos en dichas campañas.

Los objetivos particulares del presente informe son: 1) caracterizar la EPEA durante el año 2022 a través del análisis integral de sus propiedades físicas, biogeoquímicas, bio-ópticas y la composición de diferentes fracciones del plancton; y 2) en la medida de lo posible, poner en contexto dichos resultados en el marco de la información adquirida desde el inicio de la serie de tiempo EPEA en el año 2000.

2. Materiales y métodos

Durante el año 2022, se llevaron a cabo un total de siete campañas a la EPEA. Una de estas campañas (EH202202) fue de carácter oportunista, lo que significa que se realizó un muestreo mínimo en el contexto del desarrollo de la campaña organizada por el Programa Pesquería de Merluza y Fauna Acompañante del INIDEP. En la Tabla 1 se especifica la posición geográfica, fecha y hora de llegada a la EPEA correspondiente a las campañas 2022. La totalidad de las variables estudiadas en cada campaña puede encontrarse junto a las especificaciones y detalles adicionales de cada campaña publicados en los informes de campaña oficiales del INIDEP (ver Tabla 1).



Tabla 1. Detalles de las campañas de investigación realizadas en la estación EPEA durante 2022. Hora GMT aproximada.

| Código de Campaña | Estación General | Fecha GMT | Hora GMT | Latitud decimal | Longitud decimal | Informe de campaña |
|-------------------|------------------|------------|----------|-----------------|------------------|-------------------------|
| MA202204 | 97 | 23/03/2022 | 17:21 | -38,467 | -57,693 | A. Segura et al. (2022) |
| MA202205 | 98 | 5/05/2022 | 15:43 | -38,353 | -57,392 | B. Segura et al. (2022) |
| MA202207 | 126 | 23/06/2022 | 14:59 | -38,352 | -57,397 | C. Silva et al. (2022) |
| MA202211 | 252 | 19/08/2022 | 15:15 | -38,466 | -57,685 | D. Segura et al. (2022) |
| EH202202 | 202 | 18/09/2022 | 23:48 | -38,467 | -57,682 | No disponible |
| MA202217 | 390 | 19/10/2022 | 15:58 | -38,466 | -57,681 | E. Silva et al. (2023) |
| MA202220 | 513 | 20/12/2022 | 15:43 | -38,471 | -57,693 | F. Segura et al (2023) |

En la Tabla 2 se presentan las variables analizadas para este informe, las abreviaciones que se utilizarán en el documento y las referencias correspondientes a las técnicas y métodos utilizados para su análisis. Los protocolos asociados a las variables que se miden en la EPEA pueden encontrarse en <https://www.argentina.gob.ar/inidep/programa-dinamica-del-plancton-marino-y-cambio-climatico/protocolos-diplamcc>.



Tabla 2. Variables estimadas en la estación EPEA durante las campañas 2022 que fueron utilizadas en el presente informe, junto a sus abreviaturas y unidades utilizadas. Se menciona la técnica/método de medición y referencia correspondiente. Se provee el nombre y dirección de contacto del/a responsable de cada variable.

| Variable | Abreviatura | Unidades | Referencia Método Protocolo | Responsables | Contacto - Email | Observaciones |
|---|---|--|---|--|---|---|
| Muestras Continuas verticales | | | | | | |
| <i>Sensores CTD</i> | | | | | | |
| Temperatura | Ts = temperatura en superficie Tf = temperatura de fondo | °C | Registros procesados con el software "SBEDDataProcessing-Win32" (seabird.com). Los procedimientos de control de calidad se realizan utilizando el software Data Quality Cruise Editor (QCEd-NODC-GTSPP). <i>Rafossi et al. (2008)</i> | Gabinete Oceanografía Física (GOF) | bardo@iniddep.edu.ar | |
| Salinidad | Ss = salinidad en superficie Sf = salinidad de fondo | No posee. | Fofonoff y Millard Jr. (1983) | GOF | bardo@iniddep.edu.ar | La salinidad se deriva de los registros de conductividad y temperaturas. Corrección a partir de mediciones de muestras discretas a diferentes niveles de prof con salinómetro (AutoSal) |
| Fluorescencia in vivo | Fl | n.l. | (?) | GOF | bardo@iniddep.edu.ar | Los perfiles de fluorescencia in vivo se pueden convertir luego en perfiles de Clorofila-a (Chl), calculando una relación de fluorescencia a Chl a las profundidades donde se analizaron las muestras de Chl e interpolando linealmente las relaciones de fluorescencia de Chl entre estos puntos (Lutz et al. 2010). |
| Oxígeno disuelto | Oxig. (Sensor) | | Bitting et al (2018) | GOF & C. Berghoff (calibración de la señal del sensor) | cberghoff@iniddep.edu.ar | Calibración de la señal del sensor por método Winkler según Bitting et al., 2018. |
| Perfiladores libres | | | | | | |
| Irradiancia-perfil -PAR | Edz(PAR) | $\mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$ | Sadaric (2016) | L. Allegra & G. Ruiz | lallegra@iniddep.edu.ar mgruiz@iniddep.edu.ar | |
| Irradiancia-Perfil -Espectral | Edz(l) | $\mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{nm}^{-1}$ | | L. Allegra & G. Ruiz | lallegra@iniddep.edu.ar mgruiz@iniddep.edu.ar | |
| Reflectancia Superficial | Rsr | sr ⁻¹ | | L. Allegra & G. Ruiz | lallegra@iniddep.edu.ar mgruiz@iniddep.edu.ar | |
| Muestras a Profundidades Discretas | | | | | | |
| Oxígeno disuelto | Oxig. (Winkler) | $\mu\text{mol Kg}^{-1}$ | Strickland y Parsons (1972) | C. Berghoff & L. Epheria | cberghoff@iniddep.edu.ar lepherra@iniddep.edu.ar | Detección del punto final por método yodimétrico |
| pH | pH | sin unidades (escala total de protones). | Berghoff (2020) | C. Berghoff & L. Epheria | cberghoff@iniddep.edu.ar lepherra@iniddep.edu.ar | El protocolo INIDEP sigue los lineamientos de Dickson, A.G., Sabine, C.L., Christian, J. R. (Eds.) 2007. Guide to best practices for ocean CO2 measurements. Sidney, British Columbia, North Pacific Marine Science Organization. 191pp. (PICES Special Publication 3; IOCCP Report 8) |
| Alcalinidad Total | Al | $\mu\text{mol Kg}^{-1}$ | Berghoff et al. (2021) | C. Berghoff & L. Epheria | cberghoff@iniddep.edu.ar lepherra@iniddep.edu.ar | El protocolo INIDEP sigue los lineamientos de Dickson, A.G., Sabine, C.L., Christian, J. R. (Eds.) 2007. Guide to best practices for ocean CO2 measurements. Sidney, British Columbia, North Pacific Marine Science Organization. 191pp. (PICES Special Publication 3; IOCCP Report 8) |
| Concentración de nitrato + nitrato | [N+N] | $\mu\text{mol L}^{-1}$ | Armstrong et al (1967) | M. Albornoz | malbornoz@iniddep.edu.ar | documento disponible en: https://www.argentina.gob.ar/iniddep/programa-dinamica-del-plancton-marino-y-cambio-climatico/protocolos-diplomac |
| Concentración de fosfato | [fosf] | $\mu\text{mol L}^{-1}$ | Murphy y Riley (1962) | M. Albornoz | malbornoz@iniddep.edu.ar | documento disponible en: https://www.argentina.gob.ar/iniddep/programa-dinamica-del-plancton-marino-y-cambio-climatico/protocolos-diplomac |
| Concentración de silicato | [silic] | $\mu\text{mol L}^{-1}$ | Grossoff y Kremliug (1983) | M. Albornoz | malbornoz@iniddep.edu.ar | documento disponible en: https://www.argentina.gob.ar/iniddep/programa-dinamica-del-plancton-marino-y-cambio-climatico/protocolos-diplomac |
| Absorción del material orgánico disuelto coloreado (CDOM) | aCDOM(l) | m ⁻¹ | Ruiz y Lutz (2018) | J. Fernandez | jfernandez@iniddep.edu.ar | |
| Absorción del fitoplancton | aPhy(l) | m ⁻¹ | Lutz et al (2021) | V. Segura & J. Fernandez | vsegura@iniddep.edu.ar jfernandez@iniddep.edu.ar | |
| Absorción del material particulado no-algal | aNAP(l) | m ⁻¹ | Lutz et al (2021) | V. Segura & J. Fernandez | vsegura@iniddep.edu.ar jfernandez@iniddep.edu.ar | |
| Concentración de clorofila-a Total | ChlT | mg m ⁻³ | Segura et al (2022) | V. Segura & J. Fernandez | vsegura@iniddep.edu.ar jfernandez@iniddep.edu.ar | Calibración del instrumento de acuerdo a: Berghoff, C. F.; Lobo, Y.; Rata, R.; Lutz, V. A. 2016. Procedimiento de calibración del fluorómetro Turner Design 10-AU para cuantificación de la concentración de clorofila-a. Inf. Asesoram. y Transf. INIDEP N° 6/2016, 15 pp. |
| Concentración de clorofila-a correspondiente a la fracción de tamaño de fitoplancton menor a 5 micrones | Chl5 | mg m ⁻³ | Segura et al (2022) | V. Segura & J. Fernandez | vsegura@iniddep.edu.ar jfernandez@iniddep.edu.ar | Calibración del instrumento de acuerdo a: Berghoff, C. F.; Lobo, Y.; Rata, R.; Lutz, V. A. 2016. Procedimiento de calibración del fluorómetro Turner Design 10-AU para cuantificación de la concentración de clorofila-a. Inf. Asesoram. y Transf. INIDEP N° 6/2016, 15 pp. |
| Diversidad de pigmentos del fitoplancton | Pigml'rio | mg m ⁻³ | Zapata et al (2000) | G. Ruiz & N. Montoya | nmontoya@iniddep.edu.ar mgruiz@iniddep.edu.ar | |



Tabla 2 (Continuación). Variables estimadas en la estación EPEA durante las campañas 2022 que fueron utilizadas en el presente informe, junto a sus abreviaturas y unidades utilizadas. Se menciona la técnica/método de medición y referencia correspondiente. Se provee el nombre y dirección de contacto del/a responsable de cada variable.

| Variable | Abreviatura | Unidades | Referencia Método Protocolo | Responsables | Contacto - Email | Observaciones |
|--|-------------|---------------------------|---|--------------------------|---|--|
| Plancton | | | | | | |
| Bacterioplancton - biomasa | BactBio | mg Cm ⁻³ | al (1997) Noble y Fuhrman (1998) | M.C. Horber | marine.horber@gmail.com | |
| Bacterias degradadoras de hidrocarburos | BODH | UFC ml ⁻¹ | Peresutti (2021, 2022) | S. Peresutti | silvrip_ar@iniddep.edu.ar | |
| Recuentos - genes catabólicos | Fluo | mg C m ⁻³ | Karlson et al (2010) | R. Silva | rsilva@iniddep.edu.ar | |
| Fitoplancton | FlTO | mg C m ⁻³ | | | | |
| Parámetros (derivados de las variables medidas en forma discreta) | | | | | | |
| Porcentaje de Cla5 | %Cla5 | % | | V. Segura & J. Fernandez | vsegura@iniddep.edu.ar jfernandez@iniddep.edu.ar | Obtenida por $(Cla5 \times 100) / ClaT$ |
| Concentración de clorofila-a integrada en la columna de agua | ChZ | mg m ⁻² | https://www.argentina.gob.ar/iniddep/programa-dinamico-del-plancton-marino-y-cambio-climatico/material-explicativo | V. Segura & J. Fernandez | vsegura@iniddep.edu.ar jfernandez@iniddep.edu.ar | En el sitio mencionado del DiPlaMCC se puede bajar el archivo "Conversión de fluorescencia in vivo a Concentración de Clorofila-a" donde se explica cómo convertir la señal de Fl a ChZ metro a metro (para calcular luego el valor integrado en la columna de agua). |
| Coficiente específico de absorción del fitoplancton | alphy(443) | m2 (mg Cla) ⁻¹ | | V. Segura & J. Fernandez | vsegura@iniddep.edu.ar jfernandez@iniddep.edu.ar | Obtenida por el cociente: $alphy(B)/alphy(D)ChT$ |
| Profundidad de la Zona Eufótica | Zeu | m | | L. Allega & G. Ruiz | lallega@iniddep.edu.ar gruiz@iniddep.edu.ar | Definida como la profundidad a la que Edz (PAR) = 1%Edz(PAR) a 0 m. |
| Profundidad de la Capa de Mezcla | MLD | m | | M. Laz Clara | mlazclara@iniddep.edu.ar | |
| Muestreo con redes | | | | | | |
| Zooplancton | ZOOP | ind m ⁻³ | Protocolo DiPlaMCC en elaboración siguiendo la metodología Postel et al (2000) | G. Cepeda | gcepeda@iniddep.edu.ar | |
| Ictoplancton | ICTIOP | ind m ⁻³ | Smith y Richardson (1977) | E. Leonardi | eleonardi@iniddep.edu.ar | |
| Condición nutricional de las larvas de anchoíta | RDs | | Diaz y Pájaro (2012) | M.V. Diaz | mdiaz@iniddep.edu.ar | En cada campaña de separar a bordo larvas de anchoíta, las que son congeladas para estudios de condición nutricional. En caso de no contar con ejemplares congelados se la determinó la condición nutricional de ejemplares fijados en formal mediante técnicas morfométricas. |
| Datos obtenidos de Bases de Datos externas | | | | | | |
| Intensidad del viento a 10 m de la superficie | Ws | m s ⁻¹ | European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF, http://www.ecmwf.int/) | GOF | maozza@iniddep.edu.ar | Promedio anual de estimaciones de intensidad del viento a 10 m de la superficie, obtenidos del Reanalysis ERA5 del ECMWF, en nodos marítimos cercanos a la georreferencia de EPEA. |
| Información obtenida de sensores remotos satelitales | | | | | | |
| Temperatura superficial del mar (satelital) | TSM | °C | Brújulas informáticas desarrolladas en el Programa de Sensorización Remoto del INIDEP | L. Allega | lallega@iniddep.edu.ar | |
| Concentración de clorofila-a satelital superficial | Chl-a sat | mg m ⁻³ | Brújulas informáticas desarrolladas en el Programa de Sensorización Remoto del INIDEP | L. Allega | lallega@iniddep.edu.ar | Las resolución temporal de los productos de concentración de clorofila se ajustan a la disponibilidad de información radiométrica. En lo días con faltante de datos se utilizan promedios de 3 días o semanales. |

3. Resultados y Discusión

3.1. Análisis de las variables medidas en la EPEA

3.1.1. Condiciones físicas

Distribución termohalina y estabilidad de la columna de agua

Durante 2022, las condiciones físicas en la EPEA mostraron en general rasgos termohalinos dentro de los esperables para la fecha correspondiente a las campañas realizadas. El máximo valor de temperatura de las campañas analizadas en 2022, tanto en superficie (Ts) como en el fondo (Tf), se registró en el mes de marzo (MA202204). El mes de marzo de 2022 mostró un valor de Ts dentro de los rangos esperados para ese mes con un valor medio de 19,76 °C, siendo su valor medio histórico de



19,95 °C (ver Tabla 3, Figura 1 A). Para el mes de mayo se obtuvo un valor medio de T_s de 16,29 °C, muy próximo al valor medio histórico, mientras que para junio se obtuvo un valor medio de T_s de 11,78 °C, valor muy por debajo del primer cuartil histórico. Los meses de agosto y septiembre mostraron valores de T_s de 10,28 y 10,85 °C, respectivamente, valores considerados esperables en el registro. Las campañas de octubre y diciembre mostraron en este año valores de 13,10 y 18,91 °C, respectivamente, resultando valores relativamente altos, por encima del tercer cuartil histórico. Para las T_f , se observó que las únicas campañas que presentaron valores por fuera de lo normal fueron los meses de junio y diciembre (datos no mostrados) con valores relativamente más bajos.

Los valores de salinidad superficial (S_s) presentaron variabilidad con valores dentro de los rangos esperados en los meses de marzo (MA202204), con un valor de 34,0, mayo, con un valor de 34,0, octubre, con un valor de 33,8, y en diciembre, donde el valor medio resultó de 33,7. En el mes de junio la salinidad presentó un valor de 33,6, valor por debajo del rango intercuartil. El mes de agosto presentó un valor bajo de 33,7, igualando al valor más bajo del registro histórico para ese mes. Por último, el mes de septiembre registró un valor medio de S_s de 33,7 valor apenas por debajo del primer cuartil (Figura 1 B). Los resultados de la S_f mostraron un comportamiento similar, con los resultados para junio y agosto por debajo de los valores esperables.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP



Tabla 3. Variables medidas/estimadas en cada una de las campañas de investigación (código de campaña) en la estación EPEA durante 2022 y su correspondiente registro satelital en superficie (#), a 5 m (*), integrado en la columna de agua (**) o profundidad definida (***). NA, no disponible; ND, no detectable.

| Código Campaña | | MA202204 | MA202205 | MA202207 | MA202211 | EH202202 | MA202217 | MA202220 |
|------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------|-----------------|------------------|
| Mes | | Marzo | Mayo | Junio | Agosto | Septiembre | Octubre | Diciembre |
| Variables | | | | | | | | |
| *Temp | | 19.76 | 16.29 | 11.78 | 10.30 | 10.85 | 13.31 | 18.94 |
| *Sal | | 34.0 | 34.0 | 33.6 | 33.7 | 33.7 | 33.9 | 33.7 |
| *Oxig (Winkler) | | 294.1 | 290.2 | 306.7 | 334.2 | NA | 332.9 | 285.4 |
| *Nutr | Nitrato | 0.00 | 0.23 | 1.06 | NA | 0.58 | 0.33 | 0.61 |
| | Nitrito | 0.01 | 0.16 | 0.15 | NA | 0.05 | 0.01 | 0.01 |
| | Silicato | 0.74 | 1.01 | 1.00 | NA | 0.88 | 0.80 | 0.81 |
| | Fosfato | 0.83 | 3.79 | 2.91 | NA | 1.03 | 0.73 | 2.10 |
| *pH | | NA | 8.040 | 8.065 | 8.112 | NA | 8.070 | 7.994 |
| *AT | | 2294.7 | 2292.7 | 2277.9 | 2280 | NA | 2290.1 | 2254.9 |
| *a _{CDOM} (443) | | 0.093 | NA | 0.014 | 0.043 | NA | 0.015 | 0.023 |
| *a _{ph} (443) | | 0.021 | 0.038 | 0.027 | 0.033 | NA | 0.021 | 0.018 |
| *a _{OC2} (443) | | 0.021 | 0.021 | 0.024 | 0.013 | NA | 0.006 | 0.003 |
| *aphyB(443) | | 0.024 | 0.032 | 0.017 | 0.013 | NA | 0.041 | 0.052 |
| *ClaT | | 0.903 | 1.162 | 1.595 | 2.500 | 5.253 | 0.528 | 0.351 |
| *Cla5 | | 0.382 | 0.690 | 0.487 | 0.321 | NA | 0.247 | 0.264 |
| **Cla5 | | 42 | 59 | 31 | 13 | NA | 47 | 75 |
| **ClaZ | | 52 | 54 | 65 | 123 | 155 | 40 | 49 |
| *PigmFito | Clorofila a | 0.322 | 0.819 | 1.284 | NA | NA | 0.592 | 0.286 |
| | Clorofila b | 0.020 | 0.053 | 0.042 | NA | NA | 0.046 | 0.027 |
| | Fucoxantina | 0.045 | 0.269 | 0.505 | NA | NA | 0.242 | 0.052 |
| | Peridiniina | 0.043 | 0.029 | 0.096 | NA | NA | 0.063 | 0.027 |
| | 19'-hexanoil-oxi-fucoxantina | 0.002 | 0.157 | 0.062 | NA | NA | 0.037 | 0.040 |
| | 19'-butanoil-oxi-fucoxantina | ND | 0.015 | 0.011 | NA | NA | 0.008 | ND |
| | Aloxantina | 0.066 | 0.010 | 0.010 | NA | NA | 0.037 | 0.013 |
| Zeaxantina | | 0.005 | 0.011 | ND | NA | NA | ND | 0.034 |
| *BactBio | | 22.94 | 20.47 | 16.48 | 3.48 | 1.48 | 16.68 | 6.03 |
| *BDH | | 10500 | 900 | 400 | 430 | 850 | 1100 | 5600 |
| *FITO_ (mgCm ⁻³) | Diatomeas microplacton | 5.01 | 1.07 | 4.09 | 20.02 | 0.06 | 1.23 | 0.15 |
| | Dinoflagelados microplacton | 1.02 | 0.77 | 3.54 | 3.17 | 11.21 | 2.48 | 1.59 |
| | Diatomeas nanoplacton | 1.22 | 1.71 | 0.51 | 1.49 | 21.9 | 6.95 | 0.06 |
| | Dinoflagelados nanoplacton | 1.13 | 1.62 | 0.21 | 1.39 | 0.11 | 6.88 | 0.05 |
| | Criptofitas | 6.82 | 11.85 | 15.24 | 0.93 | 0 | 0 | 1.36 |
| | Haptofitas | 1.21 | 2.09 | 2.49 | 0.24 | 0.99 | 5.18 | 0.11 |
| | Coccolitoforidos | 6.57 | 12.97 | 5.28 | 0.76 | 0.92 | 0.19 | 1.65 |
| | Cianobacterias | 6.23 | 3.62 | 2.36 | 0.1 | 0.17 | 4.25 | 16.51 |
| Picofitocariotas | | 5.46 | 3.7 | 2.46 | 0.15 | 1.56 | 6.9 | 0.37 |
| **Zoop | Oithonidae | 4316.98 | 1717.51 | 492.61 | 2310.27 | 2645.12 | 1250.42 | 1569.12 |
| | Para-Clausocalanidae | 3386.37 | 849.84 | 777.66 | 4520.09 | 3519.51 | 1324.37 | 588.42 |
| | Calanidae | 0 | 83.2 | 0 | 237.42 | 0 | 17.65 | 0 |
| | Nauplii | 8065.26 | 1016.24 | 484.31 | 7332.59 | 4536.59 | 776.47 | 5043.59 |
| | Cladoceros | 568.7 | 499.21 | 0 | 100.45 | 131.71 | 658.82 | 336.24 |
| | Apendicularias | 3722.43 | 303.09 | 445.56 | 3113.84 | 878.05 | 776.47 | 1344.96 |
| | Quetognatos | 16.54 | 28.53 | 19.37 | 100.45 | 21.95 | 11.76 | 224.16 |
| | Larvas lamelibranquios | 0.00 | 106.97 | 77.49 | 401.79 | 10.98 | 0.00 | 0.00 |
| **ICTIO | Huevos anchoita | 0.84 | 0.18 | 3.56 | 4.30 | 0.00 | 3.76 | 15.63 |
| | Larvas anchoita | 0.95 | 5.74 | 0.40 | 0.65 | 0.00 | 0.07 | 1.27 |
| **Nutr_larvas | Preflexión | 1.35 ± 1.24 (37) | 2.38 ± 1.14 (20) | 2.74 ± 0.78 (4) | 2.89 ± 3.41 (6) | NA | 3.28 ± 2.32 (6) | 2.06 ± 1.15 (16) |
| | Flexión | 0.11 ± 0 (1) | 2.49 ± 0.91 (13) | 3.13 ± 0.71 (19) | NA | NA | NA | 4.54 ± 1.09 (15) |
| ***Z _{sa} | | 33 | 26 | 19 | 28 | NA | 39 | 33 |
| ***Z _{abd} | | 30.00 | 48 | 48 | 46 | 28 | 12 | 15 |
| #SST_sat | | 16.18 | 12.38 | 9.82 | 8.71 | 8.22 | 10.82 | 18.01 |
| #Cla_sat | | 0.55 | 0.92 | 0.26 | 2.38 | 6.15 | 3.30 | 0.56 |

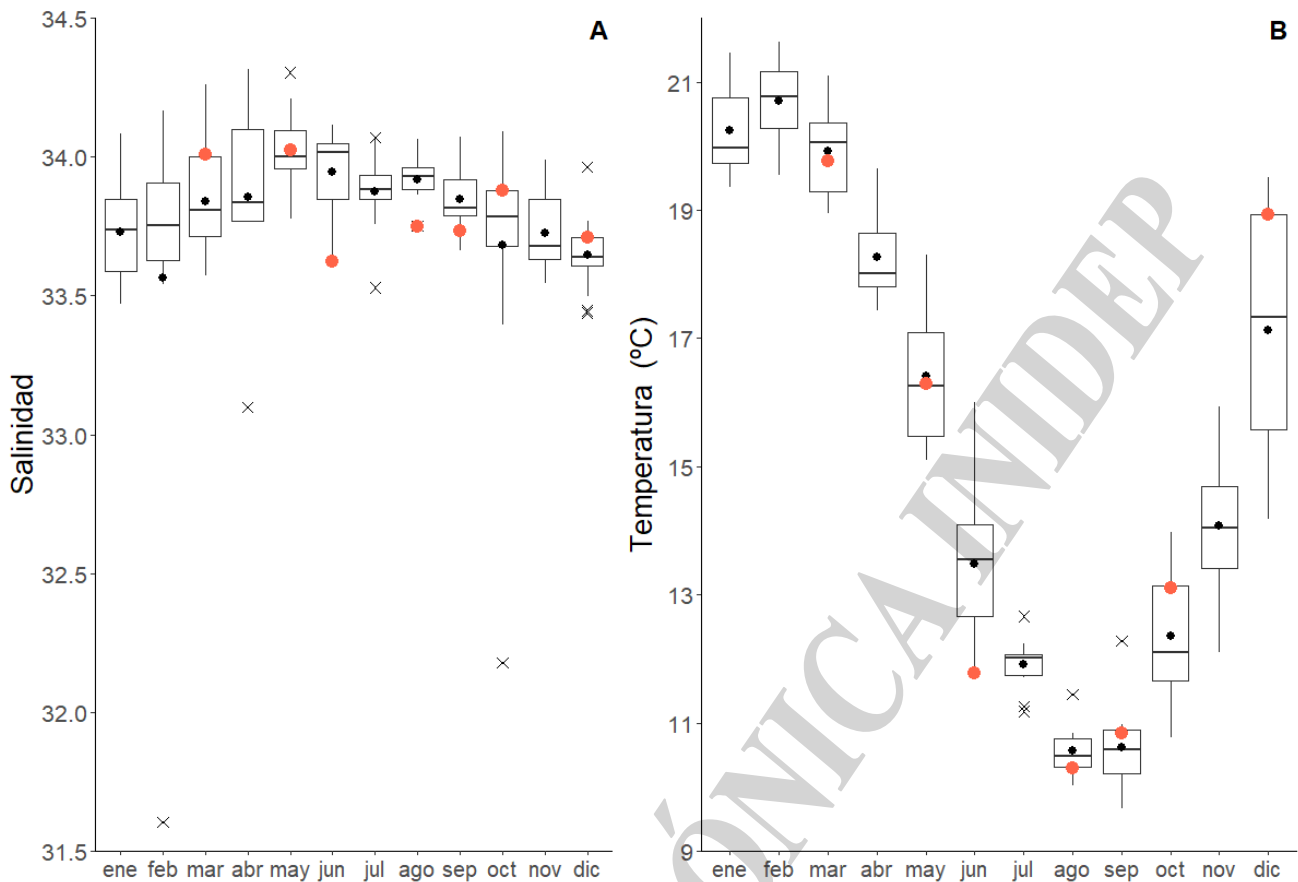


Figura 1. Diagrama de cajas de: (A) salinidad y (B) temperatura a 5 m, correspondientes a los datos recolectados en la serie EPEA durante el período 2000-2021. En círculos rojos se destacan los valores durante las campañas realizadas en el año 2022, mientras que los círculos negros indican los valores promedios de la serie temporal. Las cruces indican los valores atípicos dentro de la serie temporal completa.

Los registros termohalinos de las estaciones asociadas a la EPEA en 2022 pertenecieron al rango establecido para el agua definida como Agua de Plataforma de origen Subantártico ($33,5 < S < 34,5$), transportada hacia el norte por la corriente Patagónica (Guerrero y Piola 1997, Möller et al. 2008). Se observa una distinción entre valores de temperatura mayores y menores a 14 °C. En particular, se puede inferir la presencia de agua costera proveniente del área este del sistema estuarino de El Rincón ($S > 33,8$) (Lucas et al. 2005), en el mes de octubre de 2022 (MA202217). No se observó en ninguna de estas campañas presencia de agua del Río de la Plata (Figura 2).

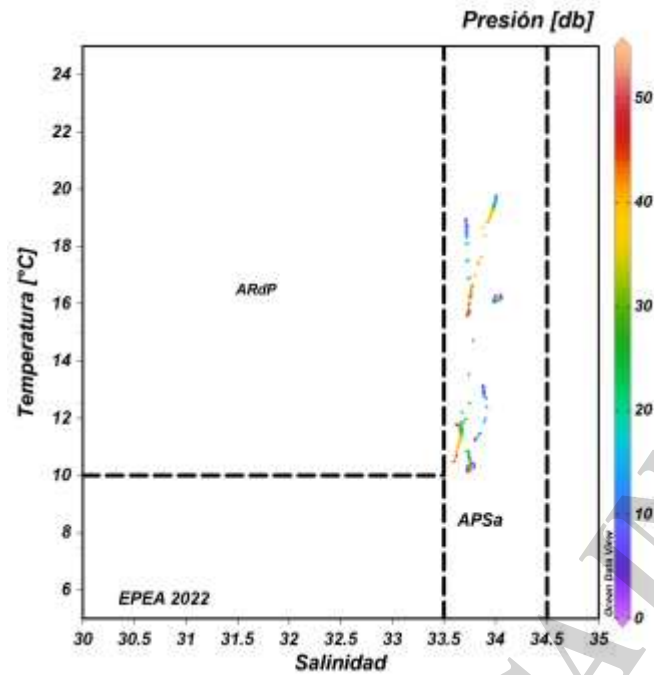


Figura 2. Diagrama Temperatura vs. Salinidad (TS) de los datos recolectados en la serie EPEA durante el 2022. Las siglas identifican las masas de agua identificadas en la región: ARdP es el agua del Río de la Plata y APSa es el agua de la plataforma de origen subantártico.

La profundidad en la columna de agua de la capa de mezcla (MLD) fue inferida por el criterio de densidad para cada perfil individual a partir de los datos obtenidos en las campañas siguiendo a de Boyer Montégut et al. (2004). Los resultados muestran una MLD más profunda en los meses de mayo, junio y agosto (por debajo de los 40 m; campañas MA202204, MA202207 y MA202211), y menos profunda en los meses de octubre (MA202217) y diciembre (MA202220), de 12 y 15 m, respectivamente (Figura 3, Tabla 3). Con el fin de analizar la relación lineal entre la intensidad del viento (W_s) y la profundidad de la MLD en el área, se generó una serie temporal horaria de intensidad del viento, promediando las estimaciones horarias de viento a 10 m de altura de la superficie del ERA5 Reanalysis (Herbasch et al. 2020), del pronóstico del Centro Europeo (ECMWF), en los nodos marítimos más cercanos a la georreferencia de EPEA (panel izquierdo, Figura 4). Se realizaron regresiones lineales simples (Canavos 1984) entre la MLD y distintos estadísticos de posición (deciles, cuartiles y valor medio) calculados en la semana previa al desarrollo de cada estación CTD. La variabilidad de la MLD entre campañas mostró un buen ajuste lineal con el percentil-90 de las estimaciones de la intensidad del viento ERA5 durante la semana previa (panel derecho, Figura 4). Dicho estadístico de posición explica cerca del 92% de la varianza contenida en la MLD entre las campañas analizadas.

Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

Como es esperable a lo largo del año se evidenciaron variaciones en la profundidad de penetración de la radiación fotosintéticamente activa (PAR, por sus siglas en inglés) en la columna de agua (Figura 3, Tabla 3). La profundidad de la zona eufótica (Zeu), aquí definida como aquella a la cual la irradiancia PAR corresponde al 1% de su valor en superficie, varió entre 39 m en octubre (MA202217) y 19 m en junio (MA202207); mientras que en las campañas de marzo y diciembre (MA202204 y MA202220), la Zeu fue similar, alcanzando los 33 m (Tabla 3).

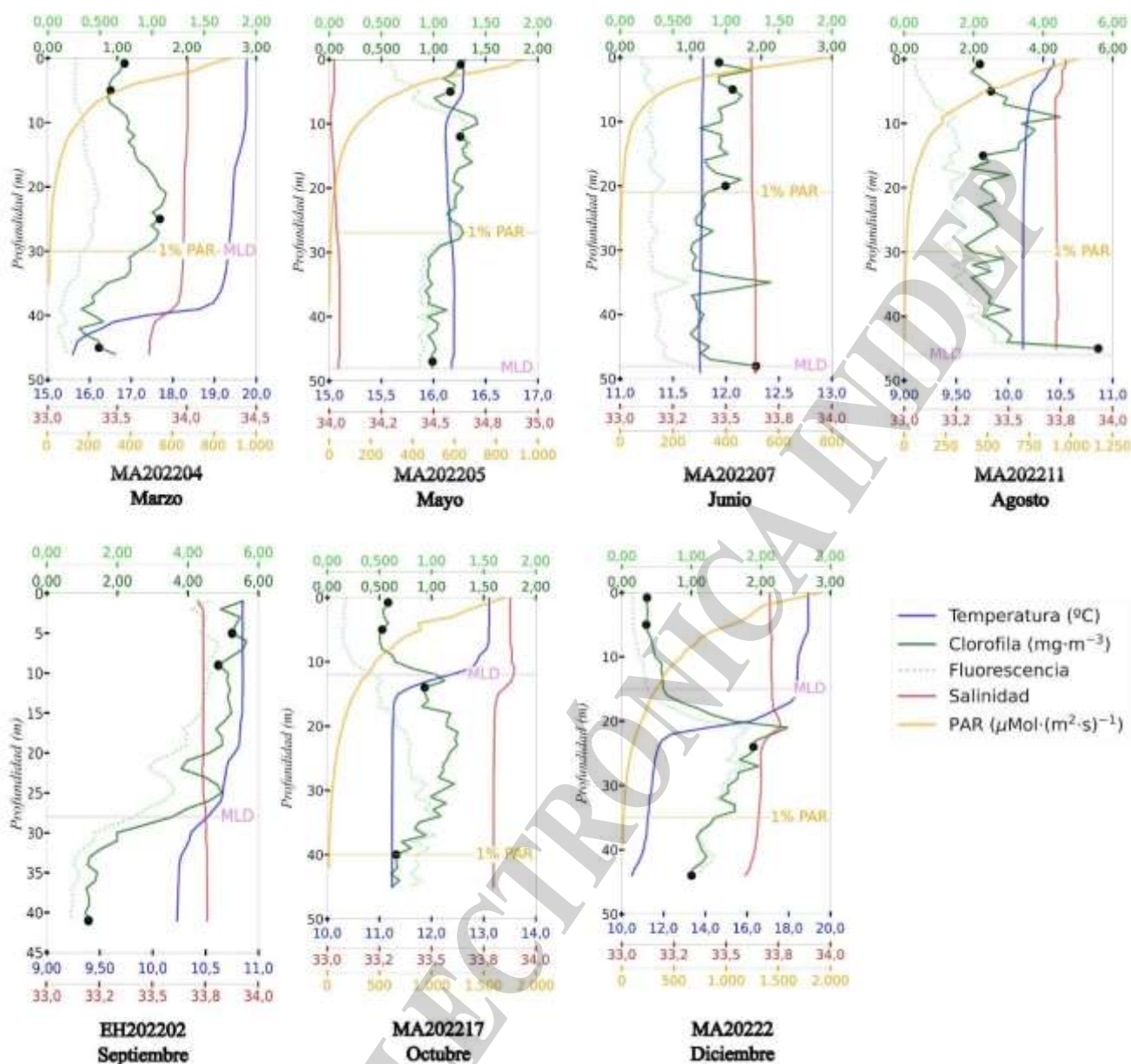


Figura 3. Perfiles de profundidad de temperatura (línea continua azul), salinidad (línea continua roja), irradiancia PAR (línea continua amarilla), fluorescencia *in vivo* (línea punteada verde claro) y concentración de clorofila *a* de muestras discretas (puntos verdes) y derivada a partir del perfil de fluorescencia *in vivo* (línea continua verde), obtenidos en la EPEA en el año 2022. La profundidad de la zona de mezcla (MLD) y la zona eufótica (1% PAR) están representadas con líneas punteadas horizontales rosa y amarillas, respectivamente.

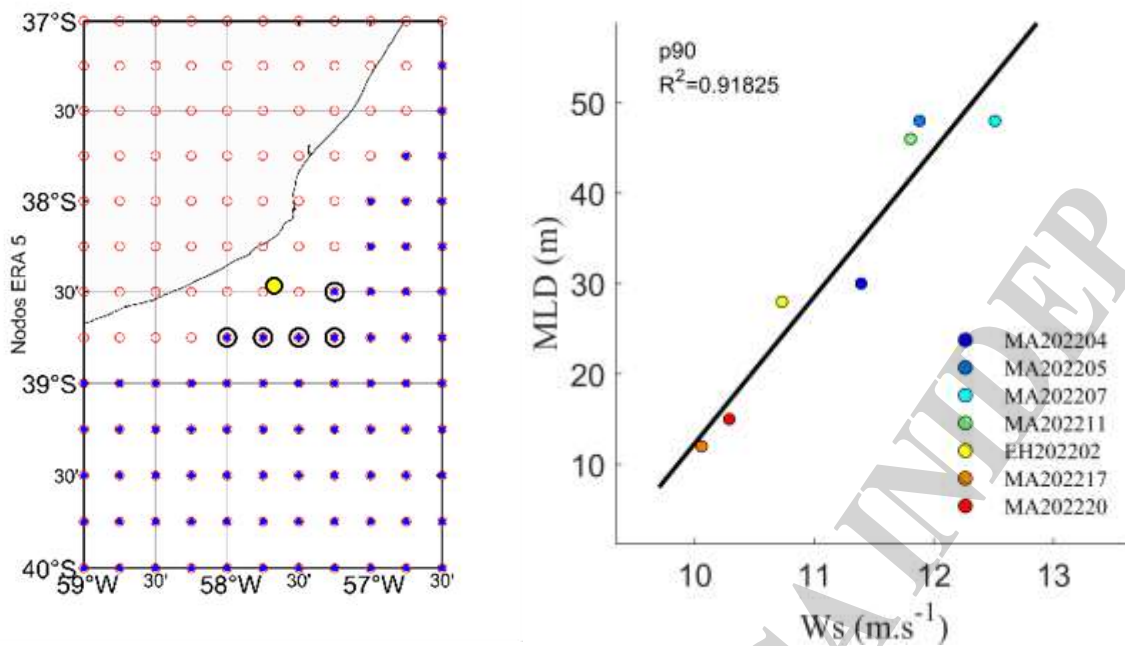


Figura 4. (Izquierda) nodos del ERA5 Reanalysis (círculos en rojo), nodos marítimos (puntos en azul); nodos marítimos usados para el cálculo de la serie temporal de viento durante la semana previa al desarrollo de la estación CTD (círculos con contorno negro), y georreferencia de la estación EPEA (círculo amarillo). (Derecha) ajuste lineal entre el percentil-90 (novenno decil) de la intensidad del viento en la semana previa y la profundidad de la capa de mezcla durante el desarrollo de la estación CTD. El coeficiente de determinación es mostrado en el panel de la figura.

3.1.2. Propiedades biogeoquímicas

Concentración de nutrientes disueltos

En este informe, por nutrientes nos referimos a nitrato y nitrito inorgánico disuelto químicamente reactivo conjuntamente ([N+N]), ortofosfato ([fosf]) y ácido ortosilícico o silicato disuelto ([silic]). Durante el año 2022, las concentraciones de [N+N] a 5 m fueron generalmente más bajas (<Q1, Figura 5, Tabla 3) en comparación con los rangos históricos registrados entre 2000 y 2021, con excepción del mes de diciembre cuando [N+N] se encontró dentro del rango esperado para este mes (0,62 μM). En contraste, la concentración de [fosf] sólo fue comparativamente baja en los meses de marzo (0,83 μM) y septiembre (0,73 μM) respecto a los valores históricos. mientras que, en los meses de mayo, junio, octubre y diciembre, [fosf] estuvo en el rango intercuartil. La concentración de [silic] fue baja en todas las campañas EPEA del 2022 respecto a los valores históricos, excepto en el mes de diciembre. En los meses de marzo, mayo y septiembre, [silic] registró valores mínimos históricos.

La distribución vertical de nutrientes disueltos en las EPEA del 2022 se muestra en la Figura 6. Durante los meses de marzo, mayo y junio, se observan perfiles homogéneos (Figura 3), coincidente con la MLD profunda durante dichos muestreos (Figura 3). Se destacan la [N+N] en el mes de marzo, la cual fue <0.04 μM en toda la columna de agua. Durante septiembre, octubre y diciembre, meses en los cuales la columna de agua se encontró estratificada (Figura 3), los nutrientes disueltos muestran gradientes de concentración verticales acordes (Figura 6, D-F), con concentraciones menores en la capa de mezcla respecto a por debajo de ésta.

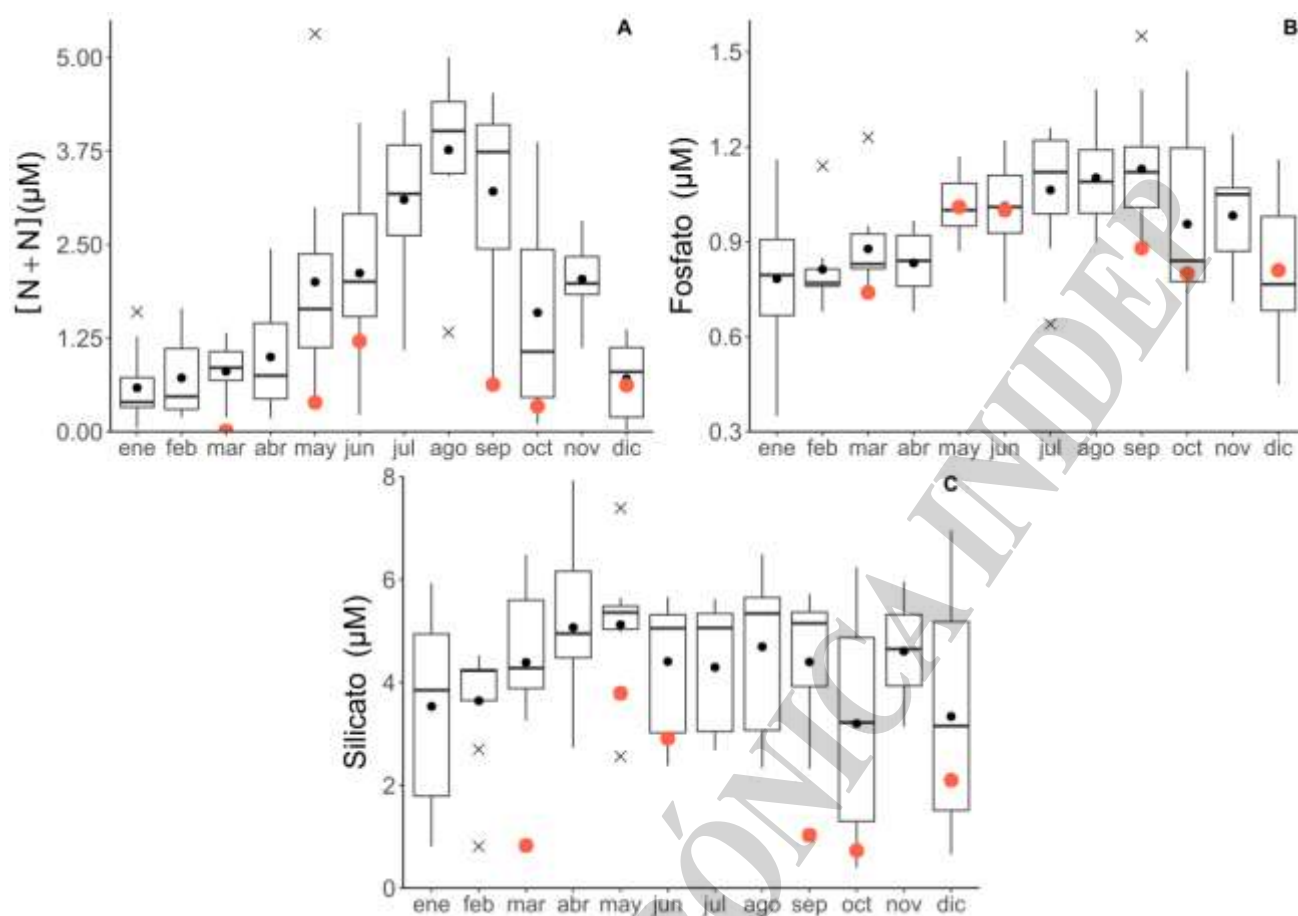


Figura 5. Diagrama de cajas de las concentraciones de nutrientes disueltos en la serie EPEA durante el período 2000-2021: (A) nitrato + nitrito ($[\text{N} + \text{N}]$), (B) fosfato ($[\text{fosf}]$) y (C) silicato ($[\text{silic}]$). Indicados en círculos rojos se destacan las concentraciones de nutrientes disueltos medidas durante las campañas realizadas en el año 2022, mientras que los círculos negros indican los valores promedios de la serie temporal.

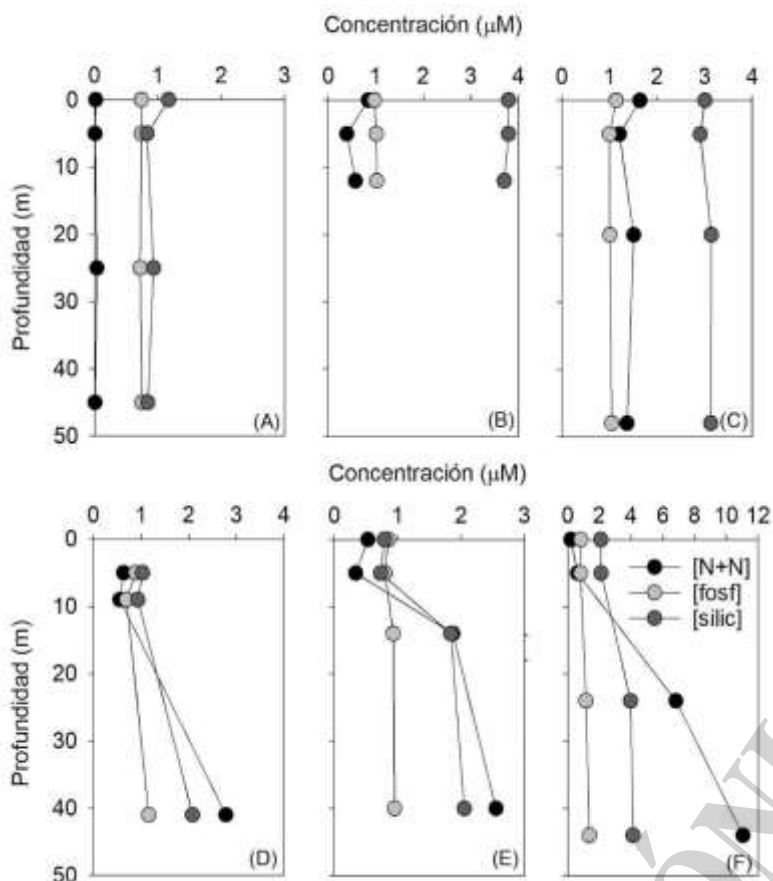


Figura 6. Perfiles de profundidad de concentraciones de nitrato + nitrito ([N+N]), fosfato ([fosf]) y silicato ([silic]) durante las campañas (A) MA202204 (marzo), (B) MA202205 (mayo), (C) MA202207 (junio), (D) EH220202 (septiembre), (E) MA202217 (octubre), y (F) MA202220 (diciembre). Notar las diferentes escalas de concentración utilizadas.

Concentración de oxígeno disuelto

En las campañas realizadas a la EPEA durante 2022 los valores de concentración de oxígeno disuelto (Oxígeno Winkler) considerando todas las profundidades muestreadas variaron en el rango de 241 a 353,9 $\mu\text{mol kg}^{-1}$, con un promedio de $306,5 \pm 30 \mu\text{mol kg}^{-1}$ ($n=18$). Si bien a 5 m de profundidad el promedio fue similar ($307,3 \pm 21,6 \mu\text{mol kg}^{-1}$, $n=6$), el rango de valores fue más acotado entre 285,4 y 334,2 $\mu\text{mol kg}^{-1}$ (Figura 7, Tabla 3). Las mayores concentraciones de Oxígeno (Winkler) en la columna de agua ($\sim 340 \mu\text{mol kg}^{-1}$) se encontraron en los meses de agosto (MA202211) y octubre (MA202217), mientras que las menores concentraciones de Oxígeno ($\sim 261 \mu\text{mol kg}^{-1}$) se encontraron durante el mes de diciembre (MA202220). En el mes de marzo se encontraron los mayores rangos de concentración de Oxígeno (Winkler) en la columna de agua, con valores que variaron en el rango de 294,1 $\mu\text{mol kg}^{-1}$ a 5 metros y 328,1 $\mu\text{mol kg}^{-1}$ a 43 metros. En agosto, se registró la máxima concentración de Oxígeno (Winkler) encontrada con un valor de 353,9 $\mu\text{mol kg}^{-1}$ a la mayor profundidad muestreada (44 m). Los valores de Oxígeno (Winkler) registraron valores que si bien no fueron máximos históricos se encuentran en sobre el tercer cuartil.

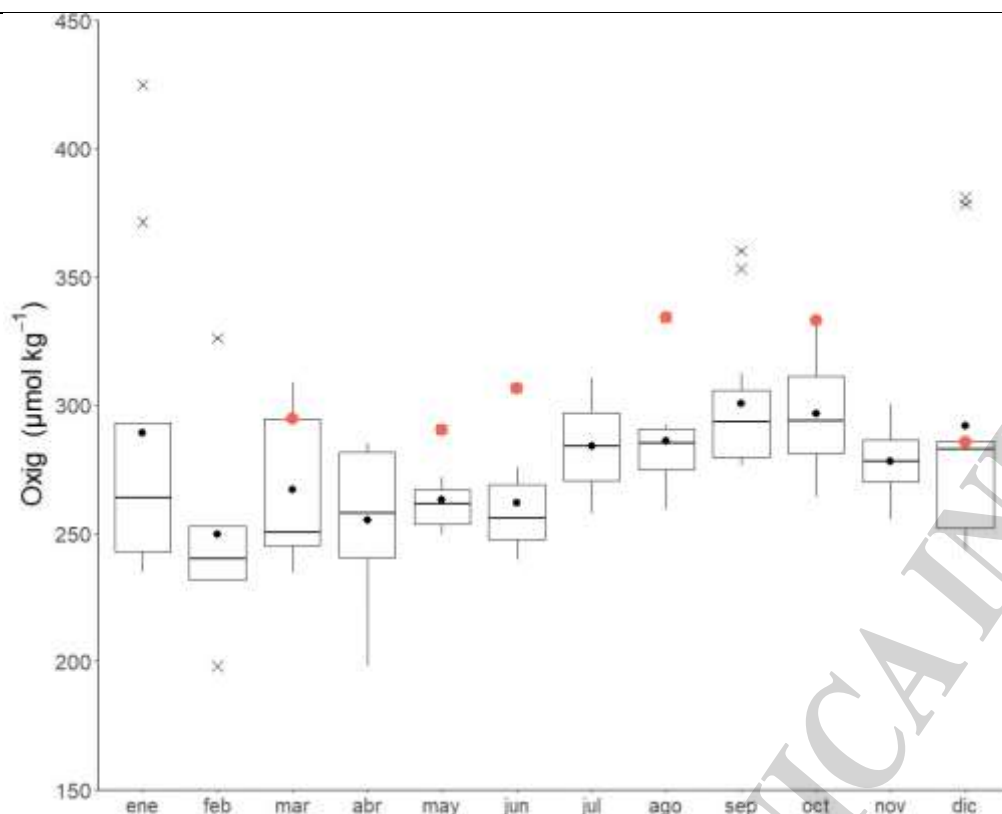


Figura 7. Diagrama de cajas de la concentración de oxígeno disuelto (Oxig (Winkler)) a 5 m de profundidad en los distintos meses del año en el periodo de 2000 a 2022 en la Serie EPEA. Los círculos rojos indican los valores de Oxig (Winkler) de las campañas EPEA del año 2022, las cruces señalan aquellos valores que se consideran atípicos y los círculos negros indican los valores promedios de la serie temporal.

Sistema de los carbonatos: pH y alcalinidad total

En las campañas realizadas a la EPEA durante 2022 el pH *in situ* en todas las profundidades muestreadas varió entre 7,91 y 8,12 con un promedio de $8,05 \pm 0,05$ unidades de pH ($n=17$), presentando valores promedio similares a 5 m de profundidad ($8,06 \pm 0,04$ unidades de pH; $n=5$). Estos valores hallados a 5 m de profundidad se encontraron dentro del rango de valores registrados en campañas previas (Figura 8 A, Tabla 3). Cabe destacar la campaña MA202220 realizada en el mes de diciembre donde se hallaron bajos valores de pH ($7,95 \pm 0,04$ unidades de pH) y alcalinidad total ($2257,4 \pm 6,0 \mu\text{mol kg}^{-1}$).

Se exploró la relación entre la alcalinidad total (AT) y la salinidad (Sal) en las campañas realizadas a la EPEA durante 2022 con el objetivo de comprender si la variabilidad hallada fue debida a cambios en las propiedades termohalinas o por efectos biológicos. Estos últimos desvían la relación 1:1 de AT-Sal. Los resultados indicaron que la AT se encontró en gran parte relacionada con las condiciones termohalinas ($r^2=0,66$; $rms=9,7$; $n=17$). Por ejemplo, durante la campaña MA202204 (marzo), en la cual se observó una lengua de baja salinidad y temperatura en fondo, es muy probable que esta situación haya influido en el valor de AT hallado. Del mismo modo, durante la campaña MA202205 (mayo), la elevada salinidad (>34) hallada en la columna de agua se correspondió con una elevada AT.

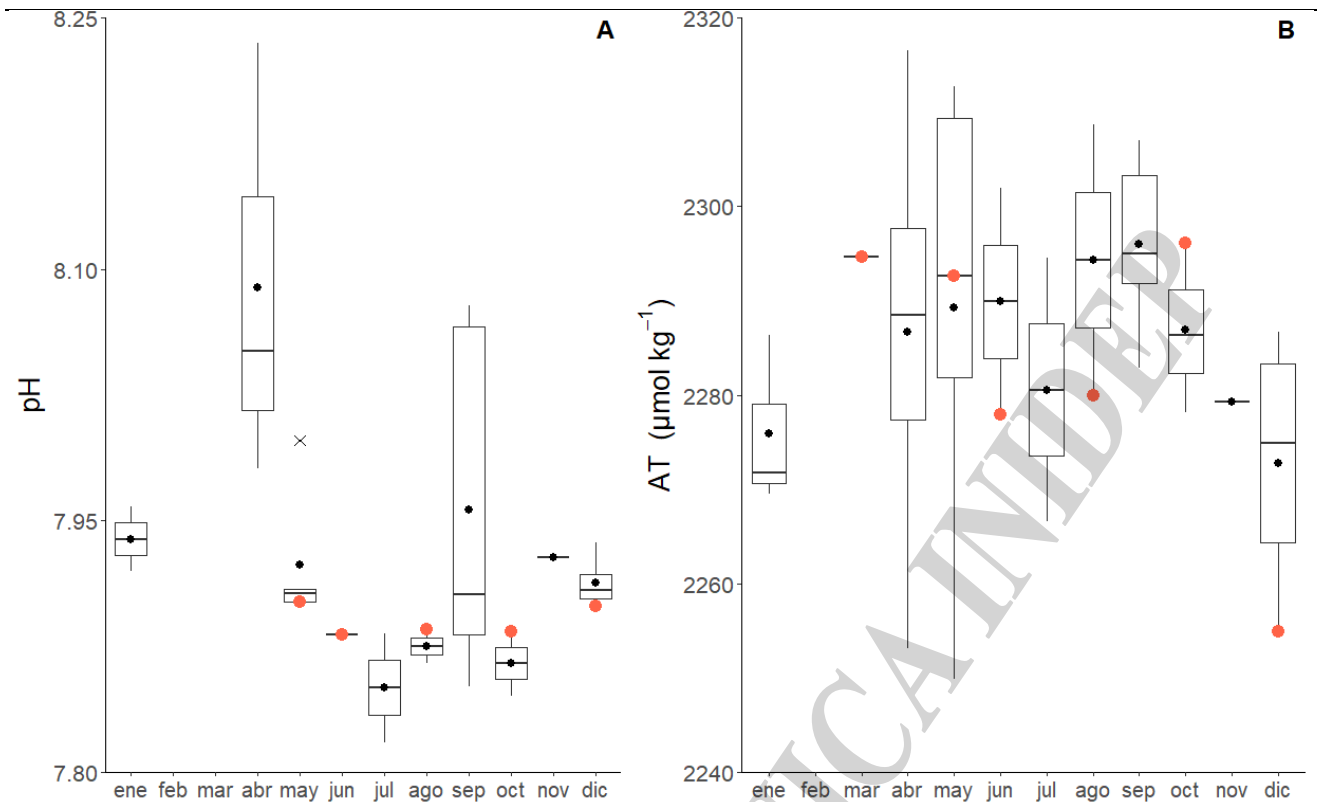


Figura 8. Diagrama de cajas de: A) pH y B) alcalinidad total a la profundidad de 5 m en las distintas épocas del año en el periodo de 2015 a 2022 en la Serie EPEA. Los círculos rojos indican los valores de pH y alcalinidad total de las campañas EPEA realizadas en diferentes meses del año 2022, las cruces señalan aquellos valores que se consideran atípicos y los círculos negros indican los valores promedios de la serie temporal.

3.1.3. Propiedades ópticas

Clorofila *in situ* y satelital

En las campañas realizadas a la EPEA durante 2022 la ClaT a 5 m de profundidad varió entre 0,35 y 5,25 mg m^{-3} , con un promedio de 1,76 mg m^{-3} (Tabla 3). Los valores de marzo y mayo se ubicaron dentro de los esperados, agosto y septiembre representaron los máximos valores históricos reportados para la serie en dichos meses (Ruiz et al. 2020). En contraste, los meses de octubre y diciembre, se encontraron por debajo del primer cuartil, y en el caso particular de octubre correspondió a un mínimo histórico para este mes (Figura 9 A). Estos resultados coinciden con las observaciones realizadas a través de registros satelitales de concentración de clorofila, Cla_sat, donde se destacaron valores elevados ($> 5,50 \text{ mg m}^{-3}$) durante el período de agosto a octubre, superando incluso los valores históricos semanales ($> 4,10 \text{ mg m}^{-3}$). En la última semana de septiembre se registraron los valores más elevados, con un promedio de 11,16 mg m^{-3} (Figura 10).

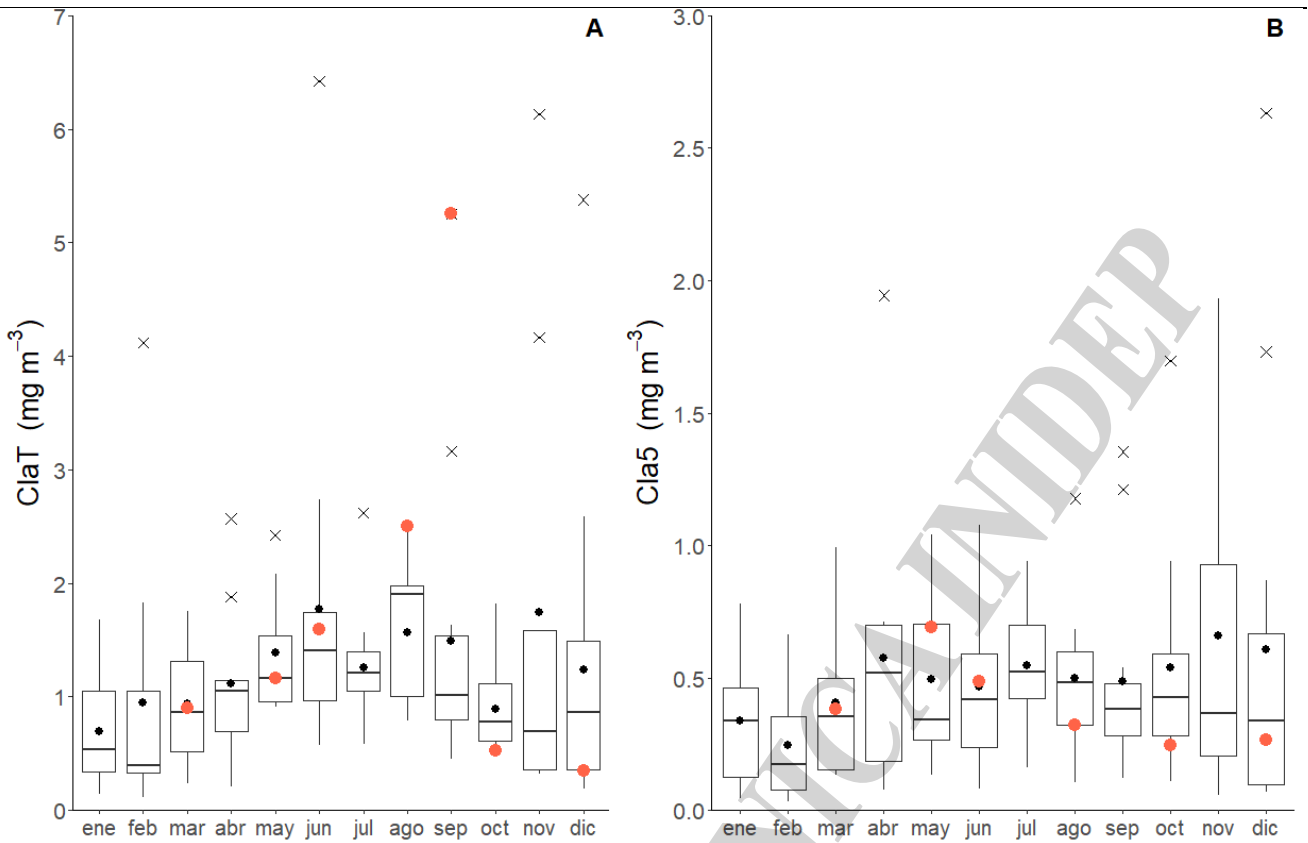


Figura 9. Diagrama de cajas de: A) ClaT y B) Cla5 a 5 m en las distintas épocas del año en el periodo de 2000 a 2022 en la Serie EPEA. Los círculos rojos indican los valores de las campañas EPEA realizadas en diferentes meses del año 2022, las cruces señalan aquellos valores que se consideran atípicos y los círculos negros indican los valores promedios de la serie temporal.

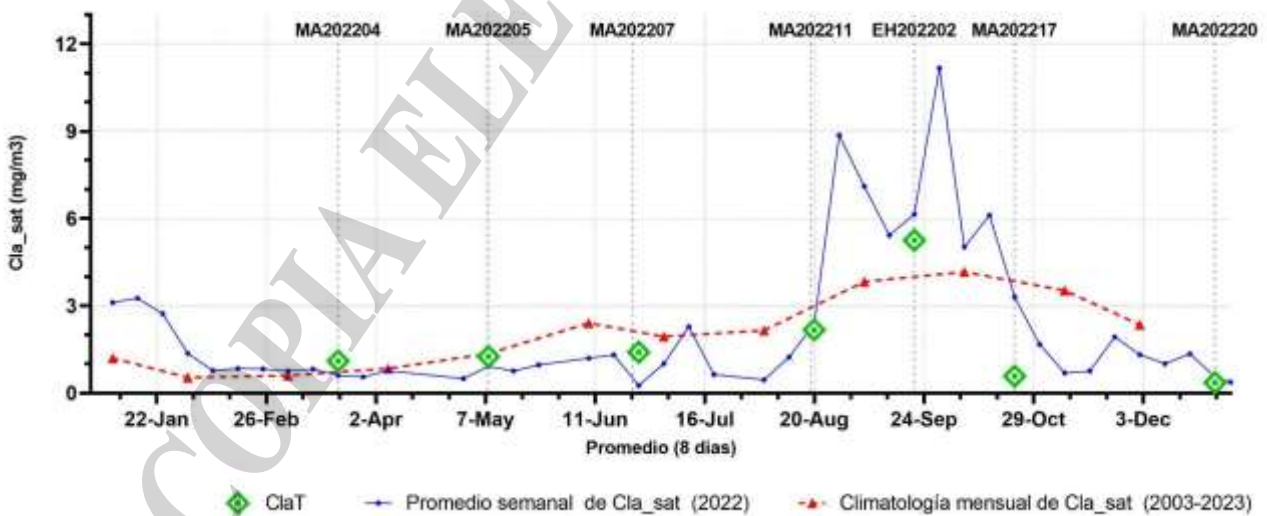


Figura 10. Serie temporal de la concentración de clorofila satelital. La línea punteada roja muestra los valores climatológicos mensuales calculados para el período 2003-2023; la línea continua azul muestra los valores del promedio de 8 días para el 2022; los puntos verdes representan los valores de clorofila total in situ a 5 m (ClaT). Los datos fueron obtenidos del satélite-sensor Aqua MODIS.



La Cla5 a 5 m de profundidad varió entre 0,25 y 0,69 mg m⁻³, con un promedio de 0,40 mg m⁻³ (Figura 9 B). Durante los meses de mayo y diciembre, se observaron contribuciones importantes de la fracción de fitoplancton menor a 5 µm a la ClaT, con %Cla5 de 59% y 75%, respectivamente; valores que superaron el tercer cuartil. En agosto, el %Cla5 estuvo por debajo del primer cuartil con un valor de 13% (Tabla 3).

En el mes de marzo, se registró el máximo de ClaT de 1,70 mg m⁻³ a 21 metros de profundidad. Mientras que los perfiles de ClaT en los meses de mayo y junio fueron homogéneos con valores de ClaT < 2,20 mg m⁻³ en toda la columna de agua. Los perfiles de ClaT en los meses agosto y septiembre mostraron valores máximos de 5,58 mg m⁻³ (45 m) y 5,43 mg m⁻³ (6 m) de profundidad (Figura 3). Por último, los valores de ClaT en la columna de agua en los meses de octubre y diciembre disminuyeron en superficie, y aumentaron marcadamente alcanzando máximos aproximados de 1,20 y 2,40 mg m⁻³ por debajo de la profundidad de la capa de mezcla (MLD). Cabe destacar, que los máximos de ClaT se observaron por arriba de la Zeu, excepto en el mes de agosto donde el máximo se registró en el fondo (Figura 3).

Composición de pigmentos por HPLC

La composición de pigmentos del fitoplancton fue analizada a 5 m en 5 campañas durante 2022 (Tabla 3). Se registró la presencia de pigmentos diagnósticos: fucoxantina, peridina, clorofila b, clorofila c3, 19'-hexanoil oxifucoxantina, y prasinoxantina en las 5 muestras, lo cual sugiere una gran diversidad de géneros presentes. La presencia de peridina confirma la presencia de dinoflagelados pertenecientes al tipo pigmentario DINO I durante todo el año. La presencia de prasinoxantina junto con clorofila b sugiere la ocurrencia de prasinofitas. La clorofila c1 estuvo ausente en las muestras de junio y octubre, indicando la ausencia de diatomeas del principal grupo pigmentario de diatomeas (DIATO I). En cambio, la clorofila c3 estuvo presente en todas las muestras, lo que indica que las diatomeas presentes probablemente se correspondan con el grupo pigmentario DIATO II. No obstante, estas observaciones deben confirmarse a la luz de las observaciones al microscopio o con análisis numéricos como CHEMTAX.

Absorción de los diferentes componentes ópticamente activos en el agua

El porcentaje de contribución a la absorción total a 443 nm (aphy(443)+ aNAP(443)+ aCDOM(443)) de los distintos componentes ópticamente activos (COAs) a 5 m de profundidad durante las campañas realizadas en el año 2022, concuerdan mayormente con lo conocido para el ciclo anual en la EPEA (Lutz et al. 2006, Ruiz et al. 2020) (Tabla 3).

El CDOM representó porcentajes de contribución a la absorción total variables y mayormente altos, con valores máximos en los meses de marzo (69%), agosto (48%) y diciembre (52%). El fitoplancton tuvo también una contribución importante a la suma de absorción de los COAs, con valores máximos en octubre (49%), seguidos por valores similares en junio, septiembre y diciembre (37-41%), y una contribución menor en marzo (16%). Por último, el aporte del NAP fue < 15% durante las campañas realizadas, excepto en junio donde su aporte a la absorción total fue de 38%, lo que sugiere resuspensión de sedimentos en la columna de agua (Figura 11).

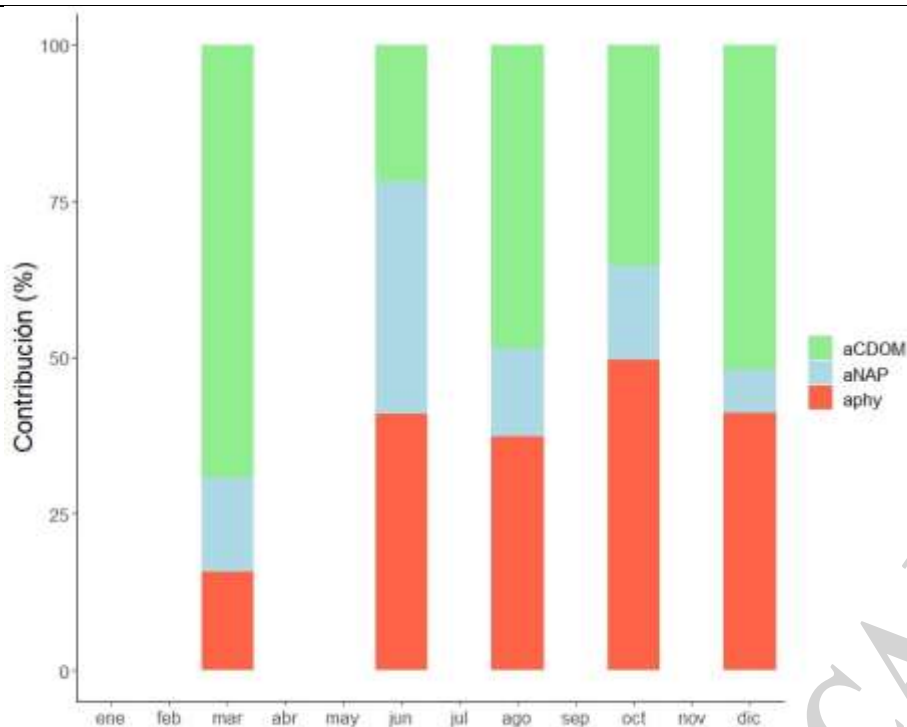


Figura 11. Contribución porcentual a la absorción total a 443 nm a 5 m de profundidad de los componentes ópticamente activos aphy(443), aNAP(443) y aCDOM(443) durante las EPEA realizadas en 2022.

En algunos espectros de absorción del fitoplancton se distingue un pico en el UV característico de los compuestos similares a las Micosporinas (MAAS), estos se ven en los meses de diciembre, agosto y mayo (en orden decreciente de intensidad; aunque estos valores no son cuantitativos). Estas sustancias proveen protección contra el daño de la UV, y por tanto se encuentran en especies que crecen a alta intensidad de luz; en este caso coincidiría en agosto con el comienzo del aumento de la radiación solar, y en diciembre con la mayor radiación y la presencia de pequeñas células de acuerdo a la con la alta biomasa de cianobacterias (Tabla 3).

En las campañas realizadas durante 2022, $a^B_{phy}(443)$ a 5 m varió entre 0,013 y 0,053 $m^2 (mg\ Cl a)^{-1}$. Durante los meses de marzo, junio y agosto $a^B_{phy}(443)$ presentó valores por debajo del primer cuartil de datos históricos de la serie (Figura 12). Específicamente, el mes de agosto del año 2022 representó un mínimo histórico de 0,013 $m^2 (mg\ Cl a)^{-1}$, coincidente con el bajo %Cla5. Por otro lado, los valores más altos de $a^B_{phy}(443)$ en 2022 se observaron en los meses de octubre y diciembre coincidente con el más alto %Cla5 y la alta biomasa de cianobacterias (diciembre), y se encontraron dentro del rango esperado para estos meses (Tabla 3).

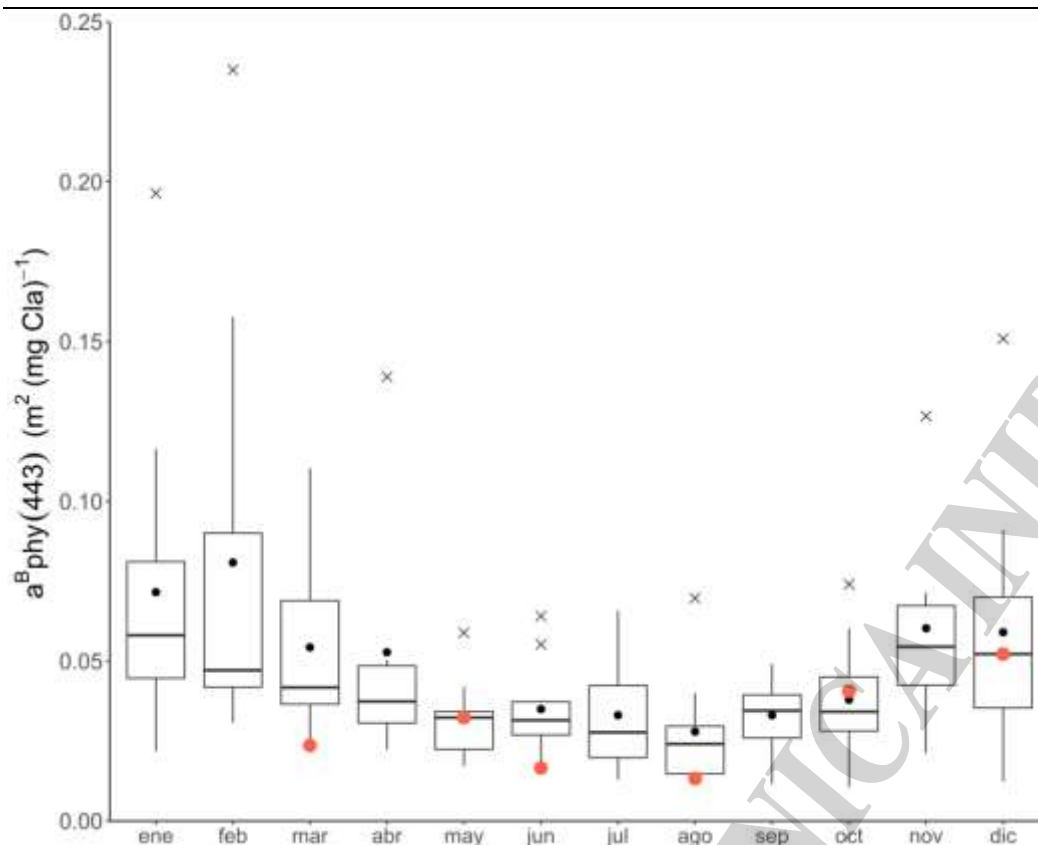


Figura 12. Diagrama de cajas de la $a^B_{phy(443)}$ a 5 m de profundidad en las distintas épocas del año en el periodo de 2000 a 2022 en la Serie EPEA. Los círculos rojos indican los valores de $a^B_{phy(443)}$ de las campañas EPEA realizadas en diferentes meses del año 2022, las cruces señalan aquellos valores que se consideran atípicos y los círculos negros indican los valores promedios de la serie temporal.

Reflectancia

La reflectancia obtenida por el radiómetro hiper-espectral, que representa cuánto se modifica espectralmente la luz que ingresa al mar, en este caso a 5 m de profundidad, muestra marcadas diferencias espectrales entre las campañas realizadas durante el año 2022 en la EPEA (Figura 13). En la campaña MA202207 (junio) se registró la pendiente más abrupta en la zona del azul (entre 400 y 500 nm) que indicaría un aumento en la concentración de compuestos que absorben en esa región, coincidente con una alta absorción por el NAP (Figura 11). Le sigue en orden de pendiente en el azul el espectro de la campaña MA202205 (mayo). Los espectros de reflectancia más planos se registraron durante la campaña MA202220 (diciembre). Por otro lado, en las campañas MA202204 (marzo) y la MA202211 (agosto) los espectros de reflectancia fueron similares, coincidiendo en ambas una alta absorción del CDOM, pero teniendo diferentes espectros de absorción de fitoplancton y siendo las concentraciones de ClaT muy diferentes ($0,90 \text{ mg m}^{-3}$ en marzo y $2,50 \text{ mg m}^{-3}$ en agosto). En la mayoría de los espectros de reflectancia, excepto las campañas MA202217 y MA202220 (con las más bajas concentraciones de ClaT $< 0,55 \text{ mg m}^{-3}$) se observa un pico en el rojo a $\sim 680 \text{ nm}$ que puede adjudicarse a la fluorescencia del fitoplancton. Este rasgo resulta promisorio para intentar la detección remota del fitoplancton utilizando “el alto de la línea de fluorescencia” satelital.

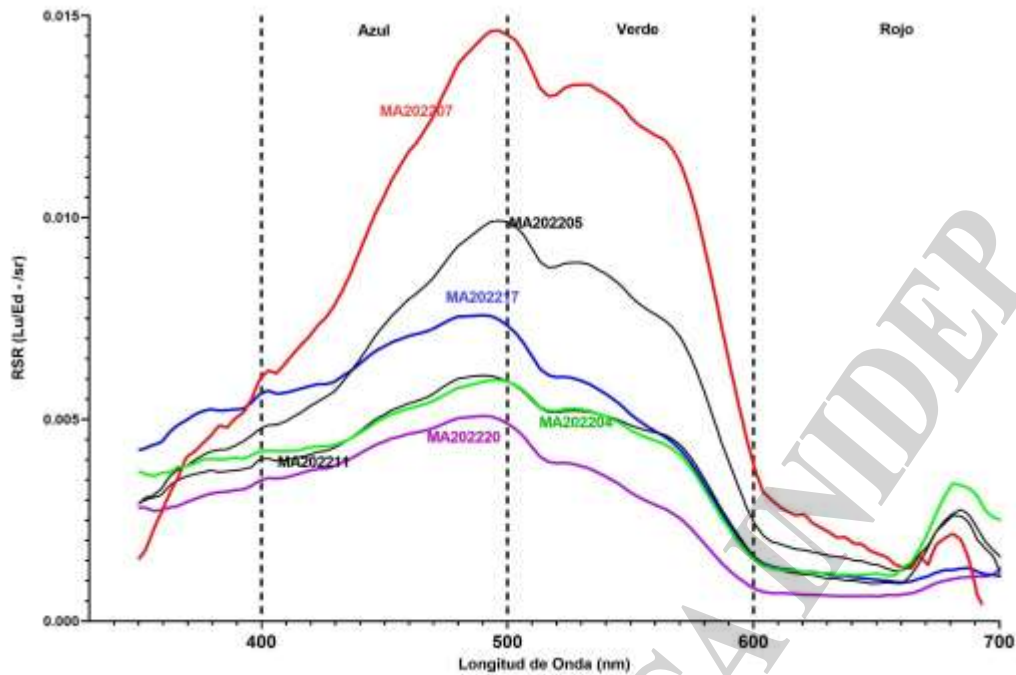


Figura 13. Espectros de reflectancias a 5 m de profundidad obtenidas durante las campañas EPEA realizadas en 2022.

3.1.4. Comunidades Planctónicas

Bacterioplancton: biomasa de bacterias

Durante el año 2022, la biomasa de bacterias (BactBio) a 5 m de profundidad presentó valores dentro de los rangos esperables (cerca de la mediana) a los valores históricos en los meses de marzo, mayo, junio y octubre. Sin embargo, en agosto, septiembre y diciembre se observaron los valores más bajos de toda la serie EPEA (2000 – 2022) tanto en superficie (Figura 14, Tabla 3) como en el fondo. Los valores de BactBio a ~45 m de profundidad (fondo) fueron $< 4 \text{ mg C m}^{-3}$ para las campañas MA202217 (octubre, $3,77 \text{ mg C m}^{-3}$), MA202207 (junio, $2,81 \text{ mg C m}^{-3}$), MA202211 (agosto, $2,26 \text{ mg C m}^{-3}$) y EH202202 (septiembre, $1,74 \text{ mg C m}^{-3}$).

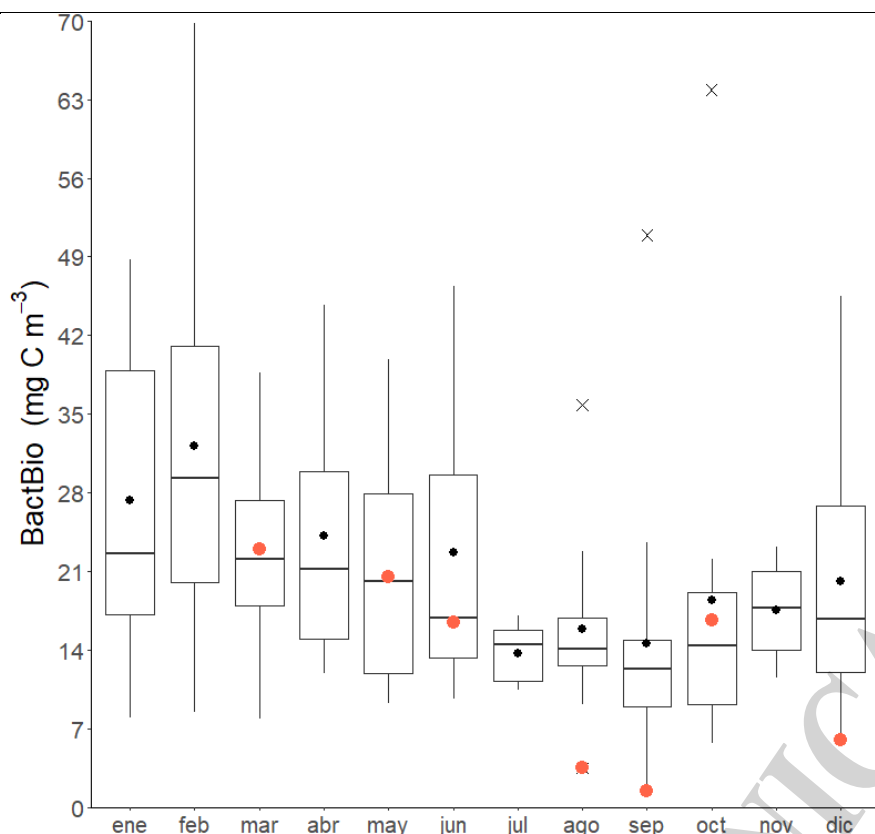


Figura 14. Diagrama de cajas de la biomasa de bacterias (BactBio) a 5 m en las distintas épocas del año en el periodo de 2000 a 2022 en la Serie EPEA. Los círculos rojos indican los valores de BactBio de las campañas EPEA realizadas en diferentes meses del año 2022, las cruces señalan aquellos valores que se consideran atípicos y los círculos negros indican los valores promedios de la serie temporal.

Abundancia de las bacterias degradadoras de hidrocarburos

Los microorganismos que oxidan hidrocarburos son ubicuos en ambientes marinos, aumentan considerablemente su concentración cuando los contaminantes están presentes (Ron y Rosenberg 2014). Los resultados obtenidos aquí demuestran la presencia de bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH) en la estación EPEA, estimándose recuentos del orden de 10^3 a 10^5 UFC ml^{-1} (Figura 15 A), en concordancia con estudios anteriores (Ron y Rosenberg 2014, Peressutti 2021). Los mayores valores de abundancia se asociaron a los meses más cálidos, confirmando que el incremento de temperatura favorece el desarrollo de estos microorganismos, como fue descrito previamente (Scheibner et al. 2018).

Detección del gen catabólico *alkB*

Los resultados obtenidos demostraron la presencia de genes *alkB* en la estación EPEA, durante las campañas MA202204, EH202202, MA202217 y MA202220 (Figura 15 B). Los mismos fueron detectados mediante la técnica de amplificación por PCR, a partir del ADN genómico extraído de las muestras de agua (Peressutti 2022).

El estudio de los genes que codifican para diversas enzimas catabólicas, como alcano monooxigenasa (*alkB*) involucradas en la degradación de alcanos (Guibert et al, 2012) o dioxigenasas relacionadas con el metabolismo de aromáticos (Iwai et al, 2011) representa una poderosa herramienta para evaluar la posibilidad de biodegradación natural o de la aplicación de biotecnologías de biorremediación en ambientes contaminados (Liu et al. 2017, Djahnit et al. 2019). Para las comunidades bacterianas degradadoras de alcanos, el gen alcano *alkB* es considerado el mejor biomarcador funcional, ya que codifica las enzimas cruciales de las vías metabólicas involucradas en la degradación de alcanos de cadenas cortas y largas (<C10, C20-C40, respectivamente) (Wang y Shao 2012).

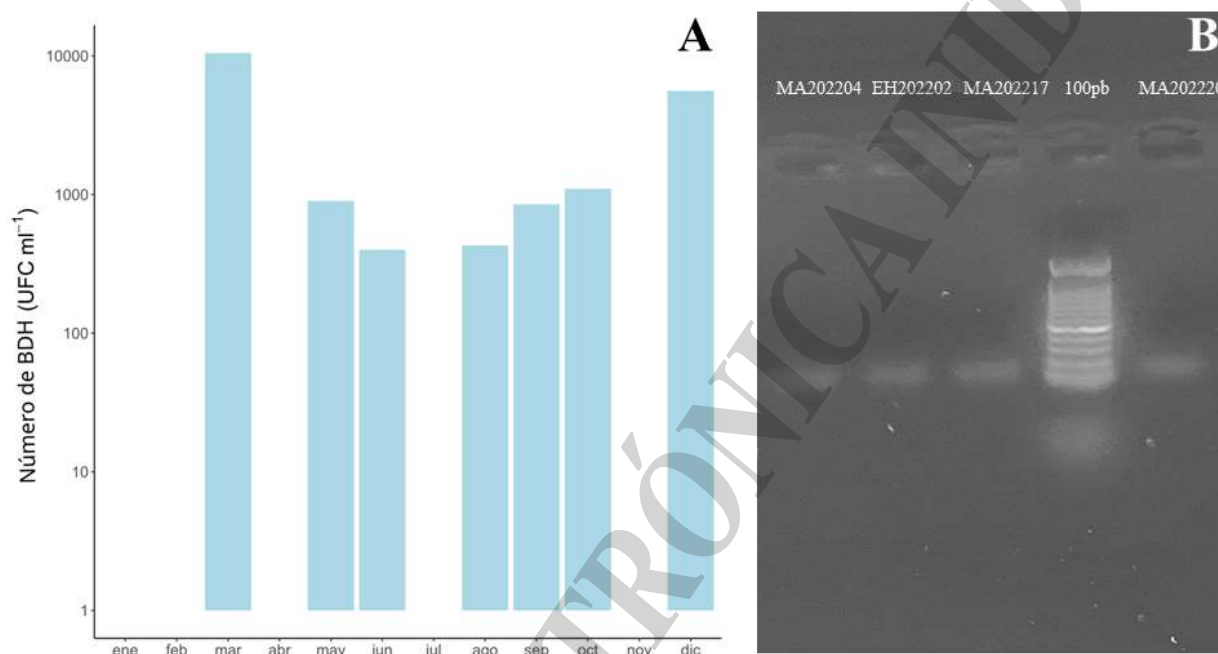


Figura 15. A) Abundancia de bacterias degradadoras de hidrocarburos (BDH) durante las campañas EPEA del 2022. B) Detección del gen *alkB*, en muestras de agua de la estación EPEA, usando el set de cebadores *alkB848Fy alkB824R*.100pb: marcador de ADN (Inbio Highway).

Biomasa de Fitoplancton

Las mayores biomásas de fitoplancton se observaron durante las campañas de mayo, junio y septiembre con valores de 39, 38 y 37 mg C m⁻³ (Figura 16, Tabla 3). Las biomásas disminuyeron a valores de 29 y 28 mg C m⁻³ para marzo y agosto presentando el valor más bajo durante la campaña de diciembre de 22 mg C m⁻³. Las biomásas registradas durante los meses de mayo y junio estuvieron dominadas por los grupos de fitoplancton pequeño pertenecientes a las criptofitas y primnesiofitas. Las biomásas registradas durante el mes de agosto estuvo representada por las formas más grandes de diatomeas, y en septiembre dominaron las diatomeas (nano) y los dinoflagelados (micro). Estas altas biomásas de diatomeas pertenecen al género *Lauderia* sp en agosto y *Pseudonitzschia* spp en septiembre; y los dinoflagelados representados por *Neoceratium tripos*. En octubre, si bien aún dominaron las diatomeas y los dinoflagelados, las formas más pequeñas, cianobacterias y picofitoeucariotas, comenzaron a contribuir a la biomasa notoriamente. En diciembre, las cianobacterias y picofitoeucariotas fueron las biomásas más importantes (Figura 16, Tabla 3).

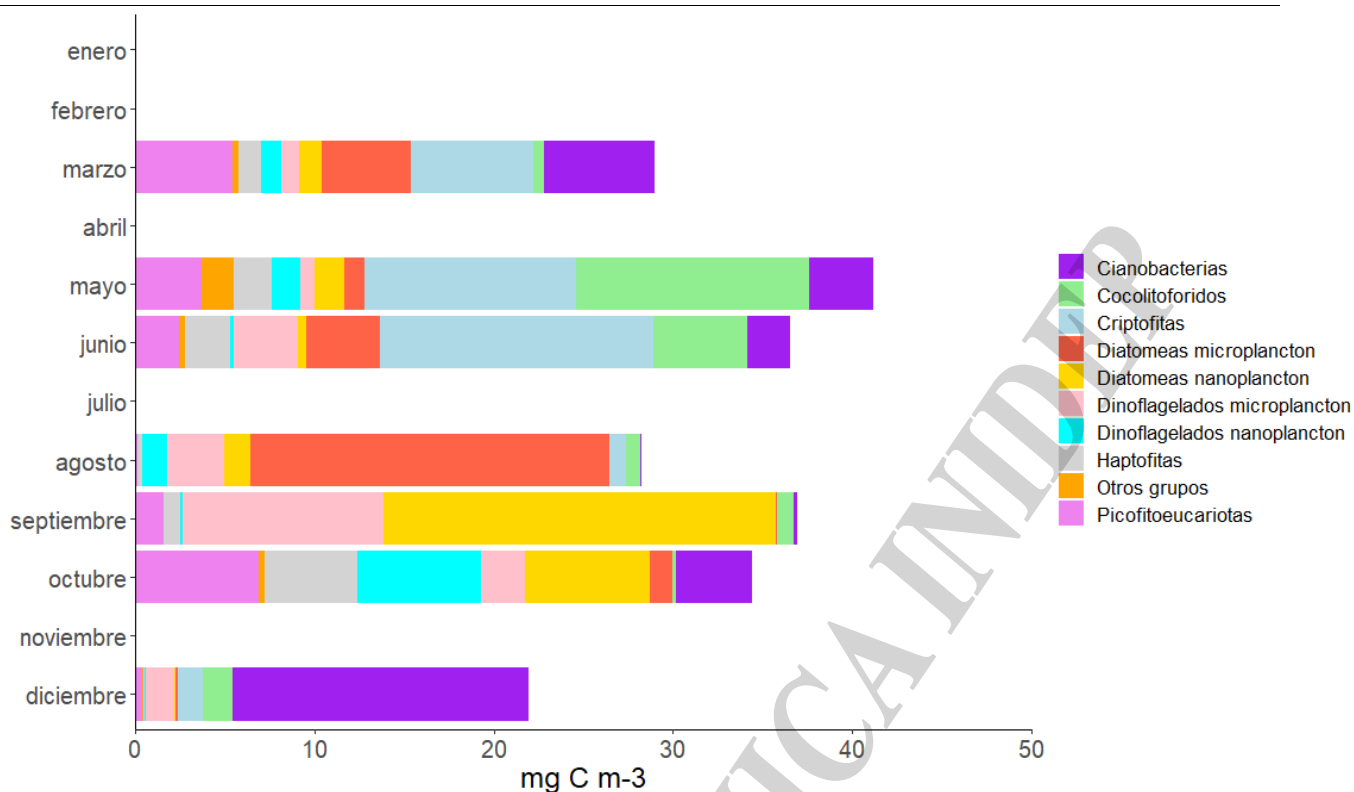


Figura 16. Distribución temporal de la biomasa de los componentes del fitoplancton a 5 m durante el 2022.

Abundancia de Zooplancton

Durante el periodo 2022 la abundancia total del zooplancton estuvo representada por importantes registros de copépodos y valores entre 2,5 y 10 veces menores de otros taxa (i.e., cladóceros, apendicularias, quetognatos, y larvas de lamelibranquios). Entre los copépodos, se identificaron adultos y estadios inmaduros de las principales familias: Para-Clausocalanidae, Oithonidae, y Calanidae representada esta última por una única especie (*Calanoides carinatus*). Además, se hicieron presentes las especies *Euterpina acutifrons* y *Labidocera fluviatilis* y los estadios naupliares de Oithonidae, Para-Clausocalanidae y Calanidae, coincidiendo con lo reportado por Viñas et al. (2021).

Las abundancias de los principales componentes de copépodos estuvieron dentro de los rangos mensuales esperados a lo largo de los diferentes meses (Viñas et al. 2021) (Figura 17). En el caso de Oithonidae, las abundancias fueron máximas o correspondieron con el tercer cuartil durante marzo y mayo, respectivamente. Mientras que en los meses posteriores estuvieron sobre el primer cuartil (Q1) o sensiblemente por debajo del mismo demostrando valores mínimos (Figura 17 A). Respecto de las familias Para-Clausocalanidae, su abundancia se correspondió con la mediana durante marzo y octubre, mientras que se registraron abundancias menores al primer cuartil (Q1) en junio y valores mínimos en mayo y diciembre. Durante agosto y septiembre, se registraron abundancias máximas y sensiblemente mayores al tercer cuartil (Q3), respectivamente (Figura 17 B). La abundancia de la familia Calanidae fue muy fluctuante a lo largo de 2022. Se registraron valores correspondientes al primer cuartil durante septiembre, a la mediana durante octubre y registros máximos en mayo y agosto (Figura 17 C). Respecto de los estadios naupliares de copépodos (considerados en su conjunto), las abundancias de casi todos los meses estuvieron entre el primer y el tercer cuartil, excepto durante los meses de junio y octubre, cuando se observaron valores sensiblemente por debajo del primer cuartil (Figura 17 D). Respecto de los otros taxa, cabe destacar la presencia de salpas durante el mes de marzo. La presencia de este grupo en la EPEA no es muy frecuente, de hecho, han sido registradas únicamente durante



enero y abril de 2019 y octubre de 2021 (Cepeda G., *comunicación personal*). Los cladóceros presentaron abundancias dentro del rango esperado durante la mayor parte del año, destacándose un valor máximo en mayo (Figura 17 E). Las abundancias de las apendicularias correspondieron al primer cuartil en mayo y septiembre y fueron sensiblemente menores o mayores a la mediana en octubre y diciembre, respectivamente. Mientras que en junio se correspondieron con el tercer cuartil y en agosto presentaron un valor máximo (Figura 17 F). Los quetognatos también mostraron fluctuaciones en sus abundancias, estando por encima o sensiblemente por debajo del primer cuartil de marzo a junio y en septiembre y octubre. Sin embargo, en septiembre y diciembre, sus abundancias estuvieron en la mediana o por encima de ella (Figura 17 G). Las larvas de lamelibranquios presentes de los meses de mayo a septiembre, presentaron abundancias sobre el primer cuartil o por debajo del mismo (Figura 17 H). Las abundancias mensuales de estos grupos también se correspondieron con registros previos en la serie temporal (Viñas et al. 2021).

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP

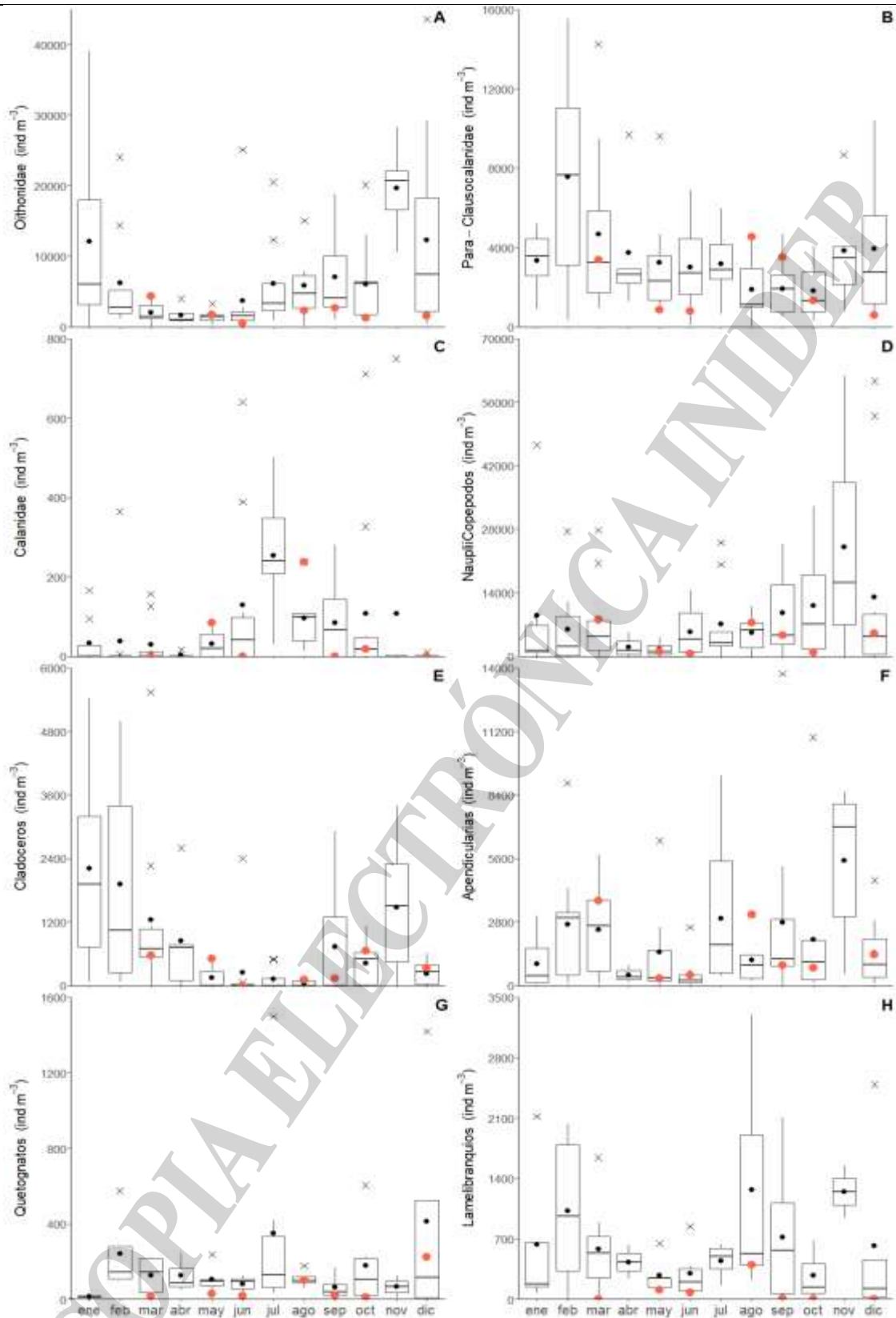


Figura 17. Diagrama de cajas con los valores históricos de densidades (ind m^{-3}) de los principales grupos zooplanctónicos (A) Oithonidae, (B) Para-Clausocalanidae, (C) Calanidae, (D) nauplii de copépodos, (E) cladóceros, (F) apendicularias, (G) quetognatos y (H) larvas de lamelibranquios en el período 2000-2021. Los círculos rojos representan los valores de densidades de cada grupo durante el año 2022 y los círculos negros indican los valores promedios de la serie temporal.

Abundancia de huevos y larvas de *Engraulis anchoita*

Las abundancias de huevos (ind m^{-3}) de anchoíta argentina halladas en las campañas EPEA durante el año 2022 presentaron valores dentro de los rangos esperables (entre el primer y el tercer cuartil) a los valores históricos en los meses marzo, mayo y agosto. Sin embargo, en los meses de septiembre y octubre, se presentaron valores sensiblemente por debajo del primer cuartil conformado por los valores históricos. Por otro lado, en los meses de junio y diciembre, los valores de abundancia de huevos se ubicaron por encima del tercer cuartil (Figura 18 A).

En el caso de las abundancias de larvas de esta especie, éstas presentaron valores dentro de los rangos esperados, entre el primer y el tercer cuartil en los meses de marzo, junio, agosto, septiembre y diciembre. Mientras que en mayo se registró un valor sensiblemente superior a la mediana histórica, cercano al tercer cuartil. Al igual que la abundancia de huevos, la abundancia de larvas presentó un valor particularmente alejado a la mediana histórica, ubicándose por debajo del primer cuartil en el mes de octubre (Figura 18 B).

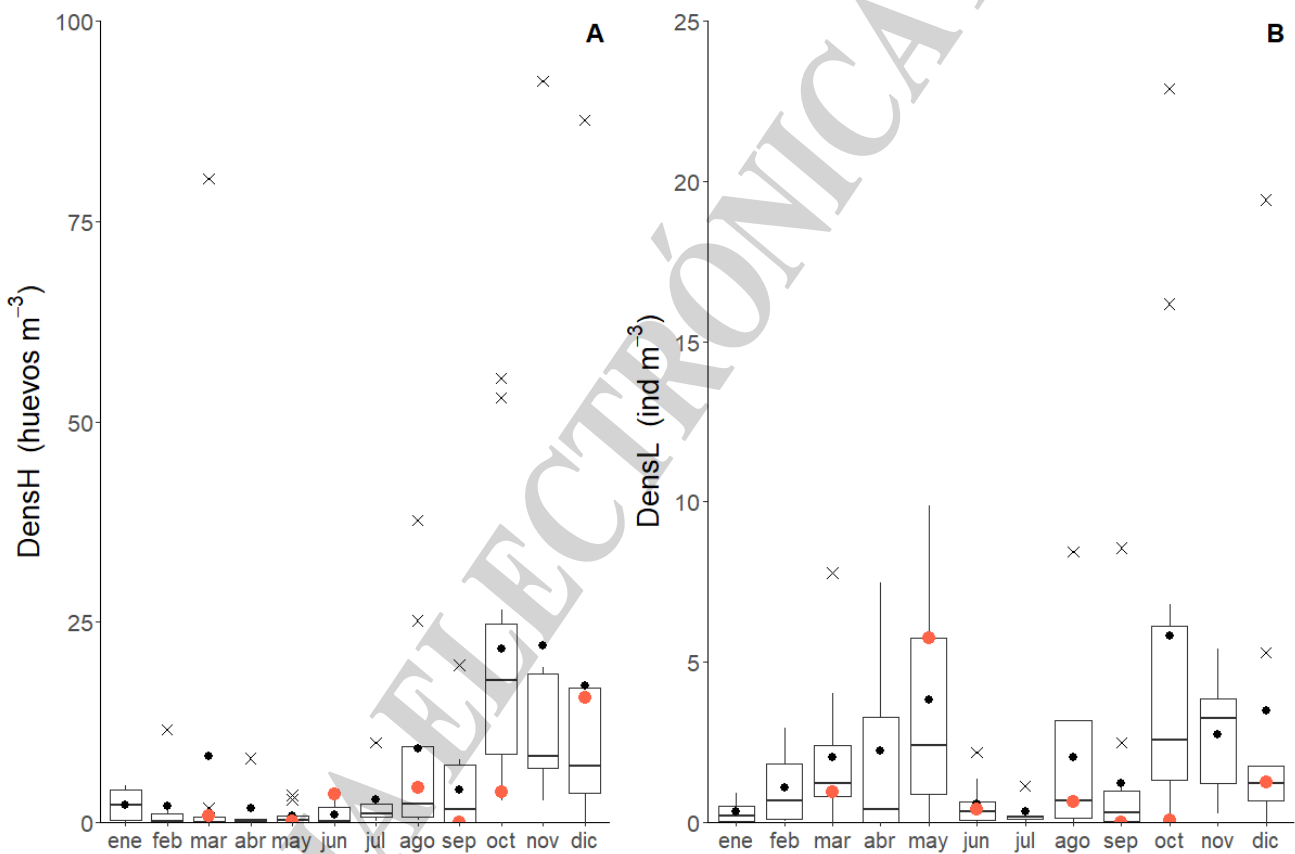


Figura 18. Diagrama de cajas con los valores históricos de densidades de huevos (A) y larvas (B) de *Engraulis anchoita* registrados en el período 2000-2017. Los círculos rojos representan los valores de densidades de los mismos registrados en el año 2022 mientras que los círculos negros indican los valores promedios de la serie temporal.

Condición nutricional de *Engraulis anchoita*

La condición nutricional (índice ARN/ADN) de las larvas durante el año 2022 en la EPEA siguió las tendencias estacionales ya observadas en ciclos anteriores (Figura 19, Tabla 3). Los valores



obtenidos en la condición nutricional en el mes de marzo fueron menores a los históricos de los meses vecinos (aunque no se cuentan con datos anteriores al mes de marzo), con una tendencia a aumentar hasta el mes de junio y luego disminuir en el mes de agosto. En septiembre se recolectaron muy pocos individuos y de tamaños demasiado pequeños como para hacer una determinación de este índice. Sin embargo, en octubre y diciembre los valores de condición nutricional fueron más elevados que las medianas históricas, con valores particularmente altos en el mes de diciembre (Figura 19, Tabla 3).

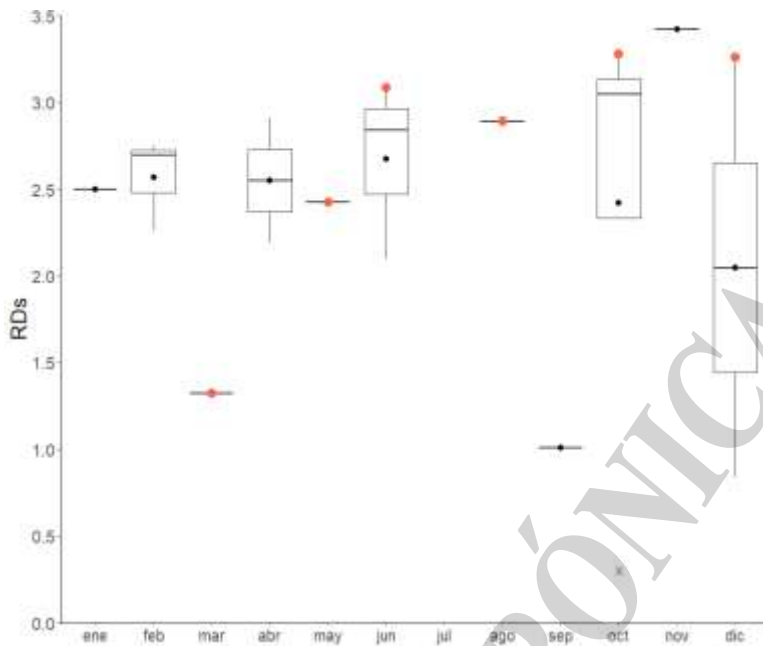


Figura 19. Diagrama de cajas de los valores históricos de la condición nutricional (índice ARN/ADN) de larvas de *Engraulis anchoita* registrados en el período 2000-2017. Los círculos rojos representan los valores medios de la condición nutricional larval registrados en el año 2022 mientras que los círculos negros indican los valores promedios de la serie temporal.

3.2. Síntesis de la información por campaña en la EPEA

Marzo (campaña MA202204)

El máximo valor de temperatura se registró en marzo, alcanzando un T_s ligeramente por debajo del valor medio histórico de $19,95\text{ }^{\circ}\text{C}$ para ese mes. La S_s se mantuvo dentro del rango esperado, al igual que la Z_{eu} , que alcanzó los 33 metros. $[N+N]$ fue extremadamente bajo tanto en superficie como en la totalidad de la columna de agua. A su vez, $[fosf]$ y $[silic]$ fueron inferiores a los valores históricos. La biomasa de fitoplancton mostró la predominancia de criptofitas, picofitoeucariotas, cianobacterias y mezcla de diatomeas, dinoflagelados y haptofitas. La absorción del CDOM mostró un máximo con un aporte del 69% a la absorción total. La concentración de Cl_aT se mantuvo baja, como era de esperarse para esta época del año, al igual que la concentración de Oxígeno (WinKler). Este mes se destacó por la presencia de salpas, posiblemente de la especie *Iasia zonaria* en el zooplancton, conocidas por ocupar extensas áreas de la plataforma continental frente a la provincia de Buenos Aires (Mianzan et al. 2001). A diferencia de lo observado en este informe, la presencia abundante de este grupo se relacionó con registros de salinidad entre 26 y 33, y con el aumento del flujo vertical de nutrientes,



fertilizando las capas superficiales y provocando agregaciones de salpas (Mianzan et al. 2001). Las abundancias de Oithonidae, fueron máximas durante este mes. Tanto la abundancia de huevos como la de larvas de *E. anchoita* se mantuvieron dentro del rango esperado durante este período.

Mayo (Campaña MA202205)

Se obtuvo un valor medio de Ts muy próximo al valor medio histórico. El valor de Ss estuvo dentro del rango esperado con un valor medio de 34,0 y la salinidad hallada en la columna de agua coincidió con la AT. La columna de agua se presentó homogénea. Los valores de [N+N] fueron bajos y potencialmente limitantes. Los resultados de fitoplancton muestran una alta proporción de criptofitas y cocolitofóridos, que se condicen con los principales pigmentos presentes. Esta predominancia de células pequeñas se ve reflejada en un alto %Cla<5 (60%). Los valores de ClaT se ubicaron dentro de lo esperado para esta época del año. Las abundancias de la familia Oithonidae se correspondieron con el tercer cuartil. Durante este mes, los cladóceros presentaron un valor máximo de abundancia, mientras que durante el resto del año permanecieron dentro del rango esperado. La abundancia de larvas de *E. anchoita* registró un valor sensiblemente superior a la mediana histórica, cercana al tercer cuartil.

Junio (Campaña MA202207)

Se obtuvo un valor medio de Ts de 11,78 °C, notoriamente inferior al primer cuartil histórico, y la Tf resultó en un valor fuera de lo normal, 2° por debajo del nivel medio. Ss estuvo por debajo del rango intercuartil, lo cual también se reflejó en la AT. La columna de agua no estaba estratificada, y la capa eufótica se registró a 19 m. El valor de BactBio ~ 45 m de profundidad (fondo) observado fue uno de los más bajos (2,81 mg C m⁻³) reportados en toda la serie EPEA. El fitoplancton estuvo dominado por las criptofitas y una mezcla de cocolitofóridos, diatomeas y dinoflagelados. El fitoplancton tuvo un aporte notable a la absorción de COAs, pero el NAP representó la mayor contribución, probablemente debido a la resuspensión de sedimentos. Las abundancias de los estadios naupliares de copépodos, estuvieron notablemente por debajo del primer cuartil, mientras que los valores de huevos de *E. anchoita* estuvieron por encima del tercer cuartil en junio y las abundancias de larvas de esta especie variaron dentro del rango esperado entre el primer y tercer cuartil.

Agosto (Campaña MA202211)

El valor de Ts de 10,28 °C se consideró esperable según el registro, mientras que el valor de Ss de 33,7 igualó el mínimo histórico para ese mes. La AT también registró valores bajos, asociados a la salinidad. La columna de agua se encontraba mezclada hasta el fondo, de acuerdo a lo esperado en invierno. Se destacaron concentraciones elevadas de clorofila satelital (8,86 mg m⁻³) para la última semana de agosto, superando los valores históricos mensuales (2,15 mg m⁻³), con predominio de células de fitoplancton mayores a 5 µm. Si bien los valores de ClaT a 5 m coincidieron con las estimaciones de Cla_sat, es importante destacar la presencia de un máximo profundo de ClaT de 5,58 mg m⁻³ a 45 m de profundidad, bajo la Zeu; y coincidente con el máximo en profundidad de Oxíg (Winkler). La comunidad fitoplanctónica estuvo dominada en términos de biomasa por diatomeas del microplankton (género *Lauderia* sp). El predominio de células grandes justifica los bajos valores de %Cla5 y a^Bphy(443) reportado para esta campaña. En agosto también se registraron las mayores concentraciones de Oxíg (Winkler) en toda la columna de agua, alcanzando los máximos valores históricos. El CDOM representó un alto porcentaje de contribución a la absorción total, con un máximo del 48%. Los valores de BactBio en agosto fueron uno de los más bajos de toda la serie histórica, tanto a 5 m de profundidad como a 45 m. Las familias Para-Clausocalanidae, Calanidae y las apendicularias registraron abundancias máximas, y la abundancia de huevos de *E. anchoita* encontrados estuvo dentro de los rangos esperados según los valores históricos.



Septiembre (Campaña EH202202)

El valor de Ts fue esperable, siendo el valor medio de Ss apenas por debajo del primer cuartil. Los valores de [N+N], [fosf] y [silic] fueron bajos respecto al valor histórico. La ClaT representó un máximo histórico para la serie en dicho mes, coincidiendo con los valores elevados de Cla_sat observados. La Cla_sat ($6,14 \text{ mg m}^{-3}$) excedió la climatología mensual ($3,82 \text{ mg m}^{-3}$) ampliamente desde finales de agosto a finales de octubre, indicando además que el florecimiento principal ocurrió en este periodo de tiempo. La comunidad fitoplanctónica estuvo dominada por diatomeas del nanoplancton (*Pseudonitzschia* spp), y dinoflagelados del microplancton (*Neoceratium tripos*). Los valores de BactBio observado en septiembre, tanto a 5 m como 45 m de profundidad, fueron uno de los más bajos reportados en toda la serie EPEA. La abundancia de Clausocalanidae registró valores altos. Mientras que la abundancia de huevos de *E. anchoita* presentó valores sensiblemente por debajo del primer cuartil histórico.

Octubre (Campaña MA202217)

En esta campaña el valor de Ts superó el tercer cuartil histórico, sugiriendo la presencia de agua costera proveniente del área este del sistema estuarino de El Rincón ($S > 33,8$; Lucas et al. 2005). Se observó la columna de agua estratificada, con un máximo de ClaT por debajo de la MLD, pero aún dentro de la Zeu (39 m). El valor de BactBio en el fondo de la columna de agua (~ 45 m de profundidad) fue de $3,77 \text{ mg C m}^{-3}$, uno de los valores más bajos encontrados en la serie EPEA. La mayor contribución a la biomasa de fitoplancton fue debido a la presencia de dinoflagelados y diatomeas del nano, seguidos de picofitoeucariotas, haptofitas y cianobacterias; mayormente en coincidencia con lo develado por los pigmentos fitoplanctónicos presentes. El valor de ClaT en superficie, fue un mínimo histórico para este mes ($0,52 \text{ mg m}^{-3}$); sin embargo, las estimaciones de Cla_sat fueron notoriamente más elevadas y acordes con la climatología mensual ($6,11$ y $4,16 \text{ mg m}^{-3}$, respectivamente). El máximo de ClaT en profundidad, por debajo de la MLD, se justifica por los bajos valores de [N+N] en superficie, y podría indicar el final de la floración en superficie. El fitoplancton contribuyó a la absorción de COAs, con valores máximos en octubre (49%). Además los valores más altos de $a^{\text{B}}_{\text{phy}(443)}$ coincidieron con el más alto %Cla5 y con la presencia de células de pequeño tamaño. Durante esta campaña no se detectaron larvas de lamelibranquios. La abundancia de huevos y de larvas de *E. anchoita* mostraron un valor particularmente bajo en comparación con la mediana histórica, mientras que el valor de condición nutricional fue más elevado.

Diciembre (Campaña MA202220)

En esta campaña el valor de Ts superó el tercer cuartil histórico. Se encontraron las menores concentraciones de Oxíg (Winkler), bajos valores de pH y AT. La ClaT a 5 m se encontró por debajo del primer cuartil, aumentando los valores de ClaT por debajo de la MLD, alcanzando máximos aproximados de $2,40 \text{ mg m}^{-3}$. El CDOM y el fitoplancton contribuyeron notablemente a la absorción total de los COAs (52% y 41%, respectivamente). En algunos espectros de absorción del fitoplancton se distinguió un pico en el UV característico de los compuestos similares a las micosporinas (MAAS), coincidiendo con la mayor radiación solar anual y la dominancia de cianobacterias. Nuevamente el %Cla5 fue elevado (75%) coincidente con un valor alto de $a^{\text{B}}_{\text{phy}(443)}$. El valor de BactBio a 5 m fue uno de los más bajos observados en toda la serie EPEA. Al igual que en octubre, no se detectaron larvas de lamelibranquios. Los valores de abundancia de huevos de *E. anchoita* se ubicaron por encima del tercer cuartil siendo los valores elevados en comparación con la mediana histórica.



4. Conclusiones

- Las condiciones físicas en la EPEA mostraron en general rasgos termohalinos dentro de lo esperable para la fecha correspondiente a las campañas realizadas durante el año 2022, 1, exceptuando los valores de salinidad en agosto que fueron más bajos. Las concentraciones de nitrato + nitrito y silicatos a 5 m fueron generalmente más bajas en comparación con los rangos históricos registrados entre los años 2000 y 2021; mientras que la concentración de oxígeno disuelto registró valores máximos históricos. El porcentaje de contribución a la absorción total de los distintos componentes ópticamente activos, concuerdan mayormente con lo conocido para el ciclo anual en la EPEA.
- Se registró un elevado florecimiento fitoplanctónico de primavera en la EPEA entre finales de agosto y octubre, s. Este florecimiento superó ampliamente los valores de clorofila esperados para dicho período (mediante la clorofila in situ y satelital). Las campañas de agosto (MA202211) y octubre (MA202217) fueron llevadas a cabo a principios y finales del florecimiento, respectivamente. El pico de floración fue muestreado durante una campaña oportunista (septiembre, EH202202), lo que limitó la información disponible sobre ese evento. No obstante, fue posible determinar que el florecimiento estuvo dominado por *Pseudonitzschia* spp (diatomeas del nano) y *Neoceratium tripos*, (dinoflagelados del micro). Posterior al importante florecimiento de primavera observado, la clorofila satelital reflejó valores por debajo de la climatología mensual. La fuerte estratificación observada en este período, sumado al consumo de macronutrientes por el florecimiento precedente, produjo condiciones adversas para el desarrollo del fitoplancton en la capa superficial de la columna de agua.
- Las abundancias de bacterias en los meses de agosto, septiembre y diciembre fueron de las más bajas de toda la serie histórica (2000 – 2022). Si bien no contamos con una explicación evidente para esta observación, se espera que la continuación de los estudios en la EPEA brinde mayor claridad sobre la relación de la abundancia de bacterias con las variables biológicas y ambientales observadas.
- La composición de la comunidad zooplanctónica fue acorde a lo registrado históricamente en la EPEA, aunque cabe destacar la presencia de salpas durante el mes de marzo. Si bien no se hallaron valores atípicos en la abundancia de los diferentes componentes, las densidades de Oithonidae, quetognatos y larvas de lamelibranquios fueron más bajas a los registros previos.
- Las abundancias de huevos de *E. anchoita* halladas en las campañas EPEA fueron mayores a las históricas en el mes de junio. Durante septiembre y octubre, las abundancias de huevos y larvas de esta especie fueron menores a las históricas. A pesar de ello, los valores medios de condición nutricional larval fueron mayores respecto de sus valores históricos.

5. Agradecimientos

Deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento a los capitanes y tripulación de las embarcaciones del INIDEP por su cooperación en la ejecución de las campañas EPEA. Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento al programa Pesquería de Merluza y Fauna Acompañante por su cooperación en la realización de una EPEA oportunista a bordo del BIP E. Holmberg. Además, deseamos agradecer a los técnicos del Gabinete de Oceanografía Física y al equipo de Operaciones por su disponibilidad y por la exitosa puesta en el mar de los instrumentos que fueron fundamentales durante nuestras campañas.



6. Bibliografía

- Armstrong FAJ, Stearns CR, Strickland JDH. 1967. The measurement of upwelling and subsequent biological process by means of the Technicon Autoanalyzer® and associated equipment. *Deep-Sea Res Oceanogr Abstr.* 14 (3): 381-389.
- Baldoni A, Molinari G, Guerrero R, Kruk M. 2008. Base regional de datos oceanográficos (BaRDO) INIDEP. *INIDEP Res Rep.* 13: 1-25.
- Benway HM, Lorenzoni L, White AE, Fiedler B, Levine NM, Nicholson DP, DeGrandpre MD, Sosik HM, Church MJ, O'Brien TD, Leinen M., Weller RA, Karl DM, Henson SA, Letelier RM. 2019. Ocean time series observations of changing marine ecosystems: An era of integration, synthesis, and societal applications. *Front Mar Sci.* 6:393. DOI: 10.3389/fmars.2019.00393.
- Berghoff CF. 2020. Procedimiento de determinación espectrofotométrica del pH de agua de mar con púrpura de meta-cresol. *Inf Ases Transf INIDEP* 086/2020. 17p.
- Berghoff CF, Epherra L, Pierrot D. 2021. Determinación potenciométrica de alcalinidad total de agua de mar en celda abierta. *Informe de Procedimientos Operacionales INIDEP* 001/202. 24p.
- Bittig H, Kortzinger A, Johnson K, Claustre H, Emerson S, Fennel K, Garcia H, Gilbert D, Gruber N, Kang DJ, Naqvi W, Prakash S, Riser S, Thierry V, Tilbrook B, Uchida H, Ulloa O, Xing, X. 2018. SCOR WG 142: Quality control procedures for oxygen and other biogeochemical sensors on floats and gliders. Recommendation for oxygen measurements from Argo floats, implementation of in-air-measurement routine to assure highest long-term accuracy. Plouzane, France, Ifremer, 4pp. DOI: <http://doi.org/10.13155/45917>.
- Carreto JI, Lutz VA, Carignan MO, Cucchi Collenoli AD, De Marco SG. 1995. Hydrography and chlorophyll a in a transect from the coast to the shelf-break in the Argentinian Sea. *Cont Shelf Res.* 15 (2/3): 315-336.
- de Boyer Montégut C, Madec G, Fischer AS, Lazar A, Iudicone D. 2004. Mixed layer depth over the global ocean: an examination of profile data and a profile-based climatology. *J Geophys Res.* 109: C12003. doi:10.1029/2004JC002378.
- Diaz MV, Pájaro M. 2012. Protocolo para la determinación de las concentraciones de ácidos nucleicos en larvas de peces. *Inf Invest INIDEP* N° 020/2012. 9 pp.
- Dickson AG, Sabine CL, Christian JR, editors. 2007. Guide to best practices for ocean CO₂ measurements. Sidney, British Columbia, North Pacific Marine Science Organization, 191pp. (PICES Special Publication 3; IOCCP Report 8). DOI: <https://doi.org/10.25607/OBP-1342>.
- Djahnit N, Chernai S, Catania V, Hamdi B, China B, Cappello AS, Quatrini P. 2019. Isolation, characterization and determination of biotechnological potential of oil-degrading bacteria from Algerian centre coast. *J Appl Microbiol.* 126: 780-795.
- Fofonoff, NP, Millard RC. 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. *Unesco Tech Pap Mar Sci.* 44, 53 pp. (UNESCO Technical Papers in Marine Sciences; 44), DOI: <https://doi.org/10.25607/OBP-1450>
- George CC. 1988. Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos. McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V. México.
- Guerrero RA, Piola AR. 1997. Masas de agua en la plataforma continental. In: Boschi E, editor. *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros.* INIDEP. 1: 107-118.
- Guibert LM, Loviso CL, Marcos MS, Commendatore MG, Dionisi HM, Lozada M. 2012. Alkane biodegradation genes from chronically polluted subantarctic coastal sediments and their shifts in response to oil exposure. *Microb Ecol.* 64: 605-616.
- Grasshoff K, Kremling KME. 1983. Determination of nutrients. In: Weinheim, editor. *Methods of seawater analysis.* New York: Verlag Chemie. p 419.
- Henson SA. Slow science: the value of long ocean biogeochemistry records. 2014. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* vol. 372, no 2025, p. 20130334. doi:10.1098/rsta.2013.0334.



- Hersbach H, Bell B, Berrisford P, Hirahara S, Horányi A, Muñoz-Sabater J, Nicolas J, Peubey C, Radu R, Schepers D, Simmons A, Soci C, Abdalla S, Abellan X, et al. 2020. The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.* 146 (730): 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>.
- IGMETS, 2017. International Group for Marine Ecological Time Series (IGMETS), IOC-UNESCO [updated 2017; accessed 2023 Dic 21]. <http://igmets.net/>
- IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. In: Pörtner HO, Roberts DC, Masson-Delmotte V, Zhai P, Tignor M, Poloczanska E, Mintenbeck K, Alegría A, Nicolai M, Okem A, Petzold J, Rama B, Weyer NM, editors. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 755 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>.
- Iwai S, Johnson TA, Chai, B, Hashsam SA, Tiedje JM. 2011. Comparison of the specificities and efficacies of primers for aromatic dioxygenase gene analysis of environmental samples. *Appl Environ Microbiol.* 77: 3551–3557.
- Karl DM. 2010. Oceanic ecosystem time-series programs: Ten lessons learned. *Oceanography.* 23 (3): 104-125.
- Karlson B, Cusack C, Bresnan E. 2010. Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis. Intergovernmental Oceanographic Commission. Unesco. International Council for the Exploration of the Sea. Manuals and guides. UNESCO.
- Liu Q, Tang J, Liu X, Song B, Zhen M, Ashbolt NJ. 2017. Response of microbial community and catabolic genes to simulated petroleum hydrocarbon spills in soils/sediments from different geographic locations. *J Appl Microbiol.* 123, 875–885.
- Lucas AJ, Guerrero RA, Mianzán HW, Acha EM, Lasta CA. 2005. Coastal oceanographic regimes of the Northern Argentine Continental Shelf (34–43°S). *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 65 (3): 405-420. doi: 10.1016/j.ecss.2005.06.015.
- Lutz VA, Ruiz MG, Segura V. Protocolo para la Determinación del Coeficiente de Absorción Espectral de la Luz por el Material Particulado (Total, No-Algal y Fitoplancton) en agua de Mar. Inf de Procedim Operac INIDEP N° 003-2021. 10pp.
- Lutz VA, Subramaniam A, Negri RM, Silva RI, Carreto JI. 2006. Annual variations in bio-optical properties at the Estación Permanente de Estudios Ambientales (EPEA) coastal station Argentina. *Cont Shelf Res.* 26 (10): 1093-1112. DOI: 10.1016/j.csr.2006.02.012
- Marie D, Partensky F, Jacquet S, Vaulot D. 1997 Enumeration and cell cycle analysis of natural populations of marine picoplankton by flow cytometry using the nucleic acid stain SYBR Green I. *Appl Environ Microbiol.* 63 (1): 186-93.
- Mianzan HW, Lasta CA, Acha EM, Guerrero RA, Macchi GJ, Bremec C. 2001. The Río de la Plata estuary, Argentina - Uruguay. In: Seeliger U, Kjerfve B, editors. Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Ecological Studies, vol. 144. Springer, Berlin, pp. 185-204.
- Möller O, Piola AR, Freitas A, Campos E. 2008. The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. *Cont Shelf Res.* 28 (13): 1607-1624.
- Murphy J, Riley JP. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal Chim Acta* 27: 31-36.
- Noble RT, Fuhrman JA. 1998. Use of SYBR Green I rapid epifluorescence counts of marine viruses and bacteria. *Aquat Microb Ecol.* 14: 113-118.
- Peressutti S. Biodegradación de hidrocarburos en la estación EPEA (38° 28' S – 57° 41' O). Inf Proced INIDEP N° 32/2021. 16 p.
- Peressutti S. Optimización de metodologías de extracción de ADN genómico bacteriano y amplificación del gen *alkB* involucrado en la biodegradación de hidrocarburos en ambientes marinos. Inf Proced INIDEP N° 03/2022. 10 p.
- Postel L; Fock H & Hagen W. 2000. Biomass and abundance. En Harris R; Wiebe P; Lenz J; Skjoldal H & Huntley M (eds) ICES Zooplankton Methodology Manual, Academic Press, London, 83-192.



- Ron EZ, Rosenberg E. 2014. Enhanced bioremediation of oil spills in the sea. *Curr Opin Biotechnol.* 27: 191-194.
- Ruiz MG, Lutz VA. Protocolo para la Determinación del Coeficiente de Absorción Espectral del Material Orgánico Coloreado Disuelto (CDOM). *Inf Ases Transf INIDEP N° 180-2018.* 14 pp.
- Ruiz MG, Lutz VA, Segura V., Berghoff CF, Negri RM. 2020. The color of EPEA: Variability in the in situ bio-optical properties in the period 2000 – 2017. *Mar Fish Sci.* 33 (2): 205-225.
- Satlantic 2016. ProSoft 7.7 User Manual Rev. K: April 12, 2016 Document: SAT-DN-00228. <http://www.satlantic.com/.04/12/2016 01:20:47 PM>.
- Segura V, Lutz VA, Berghoff CF, Silva RI, Do Souto M, Ruiz G, Domínguez H, Tolaba CJ, Allega L, Maenza AR. 2022A. Serie de tiempo ecológica EPEA I-2022. *Inf Camp INIDEP N° 049/2022.* 22 pp.
- Segura V, Allega L, Epherra L, Silva RI, Do Souto M, Tolaba CJ, Aguilar E, Fernández Acuña JM. 2022B. Serie de tiempo ecológica EPEA II-2022. *Inf Camp INIDEP N° 055/2022.* 23 pp.
- Segura V, Allega L, Epherra L, Leonarduzzi E, Ruiz G, Cubiella A, Acevedo D, Fernández Acuña JM. 2022C. Serie de tiempo ecológica EPEA IV-2022D. *Inf Camp INIDEP N° 064/2022.* 19 pp.
- Segura V, Allega L, Epherra L, Diaz MV, Fernández Acuña JM, Cubiella A, Acevedo D, Moreno P. 2022. Serie de tiempo ecológica EPEA VII-2022E. *Inf Camp INIDEP N° 020/2023.* 19 pp.
- Segura V, Berghoff CF, Lutz, V. 2022F. Protocolo para la Determinación de la Concentración de la Clorofila a en Agua de Mar. *Inf de Procedim Operac INIDEP N° 002-.* 19 pp.
- Silva RI, Segura V, Epherra L, Fernández Acuña JM, Do Souto M, Ruiz G, Acevedo D, Vecchia M. 2022A. Serie de tiempo ecológica EPEA III. *Inf Camp INIDEP N° 062/2022.* 19 pp.
- Silva RI, Segura V, Epherra L, Fernández Acuña JM, Diaz MV, Ruiz G, Aguilar E, Tolaba CJ. 2022B. Serie de tiempo ecológica EPEA VI-2022. *Inf Camp INIDEP N° 023/2023.* 16 pp.
- Scheibner MV, Herlemann DPR, Lewandowska AM, Jurgens K. 2018. Phyto- and bacterioplankton during early spring conditions in the Baltic Sea and response to short-term experimental warming. *Front Mar Sci.* 5: 231.
- Smith PE, Richardson. 1977. Standard techniques for pelagic fish egg and larva surveys. *FAO Fish Tech Pap.* 175: 1-100
- Strickland JDH, Parsons TR. 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2nd edition. Ottawa, Canada, Fisheries Research Board of Canada, 310 pp. (Bulletin Fisheries Research Board of Canada, Nr. 167 (2nd ed)). DOI: <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-1791>
- Viñas MD, Cepeda GD, Luz Clara M. 2021. Linking long-term change of the zooplankton community to the ambient variability at the EPEA Station (Southwestern Atlantic Ocean). *Mar Fish Sci.* 34 (2): 211-234. doi: 10.47193/mafis.3422021010610.
- Wang W., Shao OZ. 2012. Diversity of flavin-binding monooxygenase genes (almA) in marine bacteria capable of degradation long-chain alkanes. *FEMS Microbiol Ecol.* 80: 523-533.
- Zapata M, Rodriguez F, Garrido JL. 2000. Separation of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton: a new HPLC method using a reversed phase C8 column and pyridine-containing mobile phases. *Mar Ecol Prog Ser.* 195: 29-45.