



UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

PROGRAMA BIO-OCEANOGRÁFICO-PESQUERO DE LA ZONA NORTE DE CHILE (18°S-23°S) UNAP-CIAM

INFORME FINAL

CRUCERO BIO-OCEANOGRAFICO DE INVIERNO

SEPTIEMBRE DE 2023

REQUIRENTE CENTRO DE INVESTIGACION APLICADA DEL MAR (CIAM)

EJECUTOR FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES UNIVERSIDAD ARTURO PRAT

AUTORES LILIANA HERRERA CAMPOS EDGARDO SANTANDER PULGAR

PROFESIONALES PARTICIPANTES JEANNELLE JAQUE BAGINSKY CRISTIAN AZOCAR SANTANDER PAOLA MORENO GONZALEZ

> MUESTREADORES ARIEL MARTÍNEZ MUÑOZ MILTON AVILÉS LAZCANO

INDICE

| RESUMEN EJECUTIVO 4 |
|---|
| INTRODUCCIÓN |
| OBJETIVOS |
| MATERIAL Y METODOS7 |
| RESULTADOS 10 |
| Condiciones físicas y químicas10 |
| Estructura de la Comunidad Planctónica 25 |
| Fitoplancton |
| Zooplancton |
| Ictioplancton |
| Análisis Estadístico 47 |
| DISCUSION Y CONCLUSIONES |
| LITERATURA CITADA |

RESUMEN EJECUTIVO

Entre los días 11 y 15 de septiembre se realizó el crucero de invierno de 2023, con el objetivo de evaluar las condiciones oceanográficas y explorar su influencia sobre los primeros estadios de vida del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona norte de Chile (18°S-23°S).

En el área entre Arica (18°25'S) y Mejillones (23°00'S) se dispusieron siete transectas perpendiculares a la costa con estaciones distribuidas entre 1 y 40 mn. Se obtuvieron registros verticales continuos de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto utilizando un CTDO SeaBird19V2, y muestras discretas de agua hasta 50 m y 100 m de profundidad para determinar la abundancia y biomasa del fitoplancton, y la concentración de nutrientes respectivamente. Para caracterizar la composición y abundancia del zooplancton e ictioplancton, se colectaron muestras verticales desde 100 m a superficie, utilizando una red WP-2 de 300 µm equipada con un flujómetro TSK. La información se analizó gráficamente y la influencia de los parámetros físicos, químicos y biológicos sobre los componentes ictioplanctónicos, se examinó mediante un modelo aditivo generalizado (GAM). Se realizó un análisis comparativo para evaluar la existencia de diferencias significativas entre las variables registradas durante los inviernos de 2014 a 2023.

En superficie, valores superiores a 19°C se registraron entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y entre 1 y 40 mn, coincidentes con salinidades mayores a 35 ups, revelando la presencia del ASS. Hacia el sur las temperaturas disminuyeron hasta un mínimo de 15,8°C, registrado en Mejillones (23°00'S), junto a la presencia de salinidades inferiores a 34,9 ups, que revelaron la mezcla del ASAA y del AESS con una mayor influencia del ASAA entre Chipana (21°20'S) y Mejillones (32°00'S) donde se registró un mínimo de 34,88 ups. El transporte Ekman reveló procesos de surgencia intensos con magnitudes superiores a 1.000 m³/s/km, lo cual se corroboró con las concentraciones superficiales de oxígeno disuelto que exhibieron un mínimo de 2,3 mL O₂/L en Mejillones (23°00'S), no obstante, la localización de la isoterma de 15°C y del límite superior de la ZMO, promedió los 50 y 100 m de profundidad respectivamente.

La concentración de nitrito fluctuó entre 0,04 y 1,1 μ M, registrándose, en todas las localidades, un foco mayor a 0,5 μ M localizado a 25 m de profundidad distribuido entre 1 y 20 mn. El nitrato presentó valores extremos de 0,2 y 22,4 μ M, y el fosfato de 0,5 y 5,9 μ M. Estos dos nutrientes se caracterizaron por presentar valores cercanos a 0 μ M en el estrato superificial (0-10 m) y el aumento de las concentraciones con la profundidad, registrándose el máximo de nitrato a 100 m y el de fosfato a 75 m de profundidad.

El microfitoplancton presentó una abundancia total entre 0,1 y 1.792,8 cél/mL. Las diatomeas se restringieron a la franja entre 1 y 5 mn y a los primeros 10 m de profundidad. El foco principal (1.791,2 cél/mL) se registró frente a Chucumata (20°30'S) y uno secundario de 564,8 cél/mL se detectó en Arica (18°25'S). Los microflagelados se concentraron entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y entre la superficie y los 10 m de profundidad. Este

grupo presentó un máximo de 6,0 cél/mL, frente a punta Junín (19°40'S) a 1 mn, y un foco secundario de 5,0 cél/mL a las 20 mn de la costa. La biomasa fitoplanctónica presentó valores extremos de 0,1 y 12,0 µg Cl-a/L. Coincidente con las diatomeas, se detectaron valores mayores a 10,0 µg Cl-a/L, entre 1 y 5 mn, y en los primeros 10 m, en Arica (18°25'S), Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°00'S). La densidad zooplanctónica fluctuó entre 1,0 y 104,6 ind/10 m². Un foco superior a 80 ind/10m² se extendió entre punta Junín (19°40'S) y Chucumata (20°30'S), donde se registró la mayor densidad (104,6 ind/ 10m²) coincidente con la máxima abundancia de las diatomeas. Los copépodos fueron dominantes con un máximo de 92,1 ind/10 m² y un aporte promedio al total de 84,2%. Este grupo dominó también el rango de tamaño entre 0,25 y 0,75 mm, que exhibió un máximo 87,9 ind/10 m² y una contribución promedio al total de 87,5%.

Los huevos y larvas de anchoveta aportaron con un 76,1% y un 40,7% respectivamente a la abundancia total del ictioplancton, y se registró su presencia en toda el área entre 1 y 40 mn. Los huevos se concentraron a 1 y a 5 mn en Arica (18°25'S), Chucumata (20°30'S), Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), con un máximo de 48.292 huevos/10 m² en Arica (18°25'S). Las larvas se distribuyeron desde punta Junín (19°40'S) al sur. El estado Yolk-sac mostró máximos superiores a 800 larvas/10 m² en Chucumata (20°30'S), las larvas en pre-flexión presentaron una concentración máxima de 450 larvas/10 m² frente a punta Junín (19°40'S), al igual que el conjunto de larvas flexión más post- flexión que alcanzó cerca de las 500 larvas/10 m². El análisis de correlación reveló una asociación negativa entre la abundancia de huevos y la profundidad de la capa de mezcla, y positiva con la abundancia de diatomeas y la biomasa fitoplanctónica. La abundancia de larvas se correlacionó de manera positiva con la biomasa fitoplanctónica, y con la abundancia de diatomeas y con la densidad zooplanctónica.

En comparación a los inviernos anteriores, principalmente respecto del periodo La Niña que se extendió entre 2017 y 2022, en 2023 la temperatura y la salinidad evidenciaron un incremento, mientras que la isoterma de 15°C, como proxy de la profundidad de la capa de mezcla, y el límite superior de la ZMO se profundizaron. No obstante, la abundancia de las diatomeas, de los microflagelados y la biomasa fitoplanctónica no varió, y la concentración de nanoflagelados disminuyó respecto de 2014. La abundancia del zooplancton disminuyó en comparación a los inviernos de 2014, 2019 y 2022, y la abundancia de huevos y larvas detectada en 2023 tampoco exhibió diferencias con los inviernos previos.

El escenario descrito se asocia al efecto de la condición regional. Las variables físicas y químicas evidenciaron el efecto del evento El Niño, especialmente al compararlas con el largo periodo La Niña (2017-2022). Al respecto, durante septiembre continuaron las temperaturas más cálidas de lo normal en todo el Pacífico Ecuatorial, sobre todo en la región Oriental. De igual manera, si bien se observó una ligera reducción de la TSM en casi todas las regiones El Niño, excepcionalmente la región 1+2 se mantuvo en +2,8°C sobre lo normal. No obstante, los modelos del ECMWF indican una tendencia a reducción de las anomalías cálidas, hasta fin de año, en la región El Niño 1+2.

INTRODUCCIÓN

El presente reporte contiene los resultados obtenidos durante el crucero de invierno de 2023, requerido por el Centro de Investigación Aplicada del Mar (CIAM) y ejecutado por la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Aturo Prat.

OBJETIVOS GENERALES

- Comprender los mecanismos de interacción entre factores físicos, químicos y biológicos, que determinan las condiciones favorables para la reproducción y crecimiento de los principales recursos pesqueros pelágicos de la zona norte de Chile (18°S-23°S) y la sobrevivencia de sus estadios tempranos.
- Comprender el efecto de la variabilidad bio-oceanográfica sobre el comportamiento de los principales recursos de la zona norte (18°S-23°S) en sus diferentes estados de desarrollo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las condiciones oceanográficas físicas, químicas y biológicas imperantes en la zona norte de Chile (18°S-23°S) y su variabilidad espacial y temporal.
- Determinar la abundancia y distribución, espacial y temporal, de diferentes estadios de desarrollo de los principales recursos de la zona norte de Chile (18°S-23°S).
- Explorar la influencia de la variabilidad ambiental sobre los diferentes estadios de desarrollo de los principales recursos de la zona norte de Chile (18°S-23°S).

MATERIAL Y METODOS

Área de estudio

El área de estudio comprendió la zona entre Arica (18°25'S) y Mejillones (23°00'S), donde se establecieron 7 transectas perpendiculares a la costa con estaciones localizadas a 1, 5, 10, 20 y 40 millas náuticas (mn) de la costa (Figura 1).



Figura 1. Área de estudio y posición de las estaciones de muestreo del crucero bio-oceanográfico realizado entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

Muestreo y registro de información

El crucero se llevó a cabo entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023 a bordo de la embarcación PAM "Licantén", proporcionada por la empresa pesquera Camanchaca S.A.

En cada una de las estaciones se realizaron perfiles verticales continuos de temperatura, salinidad y densidad, utilizando un CTDO SeaBird-19V2. Con el uso de botellas oceanográficas Niskin se obtuvieron muestras de agua desde 0, 5, 10, 25 y 50 m de profundidad para la medición de la abundancia y biomasa fitoplanctónicas. Para determinar la composición y abundancia del zooplancton e ictioplancton se tomaron muestras mediante arrastres verticales, entre los 60 m y la superficie, utilizando una red WP-2 de 300 µm de abertura de malla equipada con un flujómetro TSK. La determinación de los nutrientes nitrito, nitrato y fosfato se realizó en las localidades de Arica (18°25'S), Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), donde se obtuvieron muestras de aguas desde 0, 10, 25, 50, 75 y 100 m de profundidad. Por razones de mal tiempo no se realizaron registros de CTDO a 20 mn frente a Arica (18°25'S), 10 mn frente a Chucumata (20°30'S), 40 mn frente a Tocopilla (22°10'S) y 20 y 40 mn frente a Mejillones (23°00'S).

La abundancia de fitoplancton se estimó de acuerdo con la metodología propuesta en UNESCO (1978) y Villafañe & Reid (1995) y la biomasa, expresada en términos de la concentración de clorofila-a, según Parsons *et al.* (1984). Los grupos, abundancia y espectro de tamaños del zooplancton se determinaron utilizando el programa ZooImage (Grosjean *et al.*, 2004). Los huevos y larvas de recursos pelágicos fueron separados y contados. Las abundancias se retrocalcularon de acuerdo con Horwood & Driver (1976) y las densidades fueron estandarizadas por 10 m² de superficie oceánica (Smith & Richardson, 1979). Los nutrientes se determinaron siguiendo las metodologías descritas en Parsons et al. (1984).

Análisis de la información

La información de las variables físicas, químicas y biológicas fue analizada mediante gráficos de distribución horizontal y vertical, los cuales fueron elaborados utilizando el programa Ocean Data View (ODV) (Schlitzer, 2022).

Para caracterizar el escenario ambiental imperante durante los días del muestreo, se identificaron las masas de agua mediante la confección de pares T-S. Para esto se consideró la información proveniente de toda la zona y aquella registrada por sectores: norte entre Arica y punta Junín (18°25'S-19°40'S), centro entre Chucumata y Chipana (20°30'S-21°20'S), y sur entre Tocopilla y Mejillones (22°10'S-23°00'S).

Se estimó, además, la profundidad de la capa de mezcla (PCM), la profundidad de localización del límite superior de la ZMO (LS_ZMO) y el transporte de Ekman (TEk). Para determinar la PCM se utilizó como proxy la ubicación de la isoterma de 15°C, y la profundidad del LS_ZMO correspondió a aquella a la cual la concentración de oxígeno disuelto fue de 1,0 mL/L. Ambas se obtuvieron mediante el programa ODV (Schlitzer, 2022).

El TEk fue calculado como:

$$M_x = \frac{\tau_y}{f}$$

donde M_x es el Transporte Ekman (m³/s/km), f es el parámetro de Coriolis y τ_y es el estrés del viento (Bowden, 1983). Se trabajó con la información de vientos horarios de los aeropuertos de Arica, Iquique y Antofagasta proporcionada por la Dirección Meteorológica de Chile.

Análisis estadístico

Mediante un modelo aditivo generalizado (GAM), utilizando la plataforma R, se examinó la influencia de las variables ambientales y de los parámetros biológicos sobre los componentes ictioplanctónicos. El modelo permite determinar los efectos no lineales de las variables oceanográficas sobre los huevos y larvas de anchoveta. Para tal efecto los datos de abundancia del Ictioplancton y zooplancton fueron transformados calculando la cuarta raíz de cada valor.

Utilizando la función kruskal.test de la plataforma R, se aplicó el análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis para comparar la información de los parámetros físicos, químicos y biológicos registrada en el presente crucero con aquella obtenida durante los inviernos de 2014 a 2022. Cuando se encontraron diferencias estadísticamente significativas, para determinar el periodo que las generó, se realizó la prueba de comparación múltiple de rangos después de Kruskal-Wallis empleando la función kruskalmc. Los resultados se presentan en tablas y gráficos de cajas y bigotes.

RESULTADOS

Condiciones físicas y químicas

Temperatura

La temperatura superficial del mar (TSM) fluctuó entre 15,8 y 19,9°C. La zona norte, entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), se encontró influenciada por valores superiores a 19°C entre la costa (1 mn) y las 40 mn. En Chucumata (20°30'S) se registró en la zona costera (1-5 mn) la presencia de aguas con temperaturas menores a 18°C, las que hacia el sur se fueron extendiendo hacia el sector más oceánico, alcanzando las 10 mn frente a Mejillones (23°00'S) donde se detectó el núcleo de mínima temperatura (15,8°C) a 5 mn de la costa (Figura 2A).

En la componente vertical se observó, entre Arica (18°25'S) y Chucumata (20°30'S), la presencia de una capa de agua con temperaturas superiores a 17°C que se extendió hasta cerca de los 50 m de profundidad. Hacia el sur esta capa de mayores valores (>18°C) se replegó hacia las 20 y 40 mn, y en la costa se observó la inclinación de las isotermas revelando el ascenso de agua subsuperficial de baja temperatura, que dominó el área entre Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S). En particular en esta última localidad, toda la columna de agua se encontró dominada por valores entre 14 y 15°C (Figura 3). La influencia del agua más cálida en el estrato superficial se encontró también reflejado en la ubicación de la isoterma de 15°C, que alcanzó un máximo de 78 m frente a punta Madrid (19°40'S), registrándose sólo entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) en profundidades inferiores a 50 m (Figura 2B).

Salinidad

La salinidad en superficie fluctuó entre 34,88 y 35,29 ups. Coincidente con la distribución de la temperatura, valores superiores a 35 ups dominaron la zona entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y entre 1 y 40 mn, replegándose hacia las 20 y 40 mn desde Chucumata (20°30'S) al sur, dada la influencia del agua de menor salinidad (<34,9 ups) que ocupó la zona costera (1-10 mn) especialmente entre Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), registrándose en esta localidad el mínimo de 34,88 ups a 1 mn (Figura 2C).

En las secciones verticales entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) se observó la presencia del agua de salinidad mayor a 35 ups ocupando los primeros 50 m de profundidad. Desde Chucumata (20°30'S) al sur los altos valores (>35 ups) se restringieron a la superficie y a las 20 y 40 mn, mientras que la costa y el resto de la columna de agua se encontró dominada por salinidades menores a 34,9 ups, registrándose la característica intrusión, desde la región oceánica y bajo los 50 m de profundidad, de la masa de agua con salinidades menores a 34,7 ups que se hizo más evidente en Chipana (21°20'S) y Tocopilla (22°10'S) (Figura 4).

Densidad

La densidad (sigma-t) presentó en superficie valores que fluctuaron entre 24,94 y 25,76. La presencia de densidades menores a 25 caracterizaron la zona entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y entre 1 y 40 mn de la costa, coincidentes con el predominio de las altas temperaturas y salinidades (>19°C, >35 ups). Desde Chucumata (20°30'S) al sur, aguas de mayor densidad (>25,4) ocuparon la zona costera y se extendieron hasta las 10 mn, detectándose el máximo de 25,76 frente a Tocopilla (22°10'S) a 5 mn (Figura 2D).

Las secciones verticales mostraron la presencia de aguas con densidades superiores a 25,5 desde los 50 m y hacia los estratos más profundos. En Tocopilla (22°10'S) se observó el ascenso de las isopicnas en la costa (1-5 mn) que generó la presencia de estos mayores valores en superficie, y en Mejillones (23°00'S) toda la columna de agua estuvo dominada por densidades entre 25,6 y 26,3, corroborando la ocurrencia de surgencia (Figura 5).

Diagramas T-S

En concordancia con las condiciones descritas, los diagramas T-S revelaron la presencia de las tres masas de agua de la región: el Agua Subtropical Superficial (ASS), el Agua Subantártica (ASAA) y el Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). El ASS tuvo una importante participación en la zona, especialmente entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), mientras que el ASAA evidenció una mayor influencia desde Chucumata (20°30'S) al sur. El AESS se registró bajo los 150 m y principalmente en mezcla con el ASAA (Figura 6).

Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto en superficie fluctuó entre 2,3 y 4,6 mL O₂/L. Toda el área, entre 1 y 40 mn de la costa, se encontró influenciada por concentraciones cercanas a 3,5 mL O₂/L. Sólo destacó el foco de máxima (4,6 mL O₂/L) restringido a 1 mn frente a Arica (18°25'S), y valores inferiores a 3,0 mL O₂/L que dominaron frente a Mejillones (23°00'S) producto de la surgencia de aguas subsuperficiales, donde se registró el mínimo de 2,3 mL O₂/L a 5 mn de la costa (Figura 7A).

En la componente vertical, las secciones mostraron los primeros 50 m de profundidad influenciados por aguas con concentraciones mayores a 2,5 mL O₂/L. En Tocopilla (22°10'S) se evidenció el ascenso de las oxilíneas que condujeron las menores concentraciones de oxígeno (<3,0 mL O₂/L) a la superficie, y en Mejillones (23°00'S) toda la columna de agua exhibió valores menores a 2,5 mL O₂/L, evidenciando procesos de surgencia (Figura 8). De manera coincidente, el límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno (LS_ZMO) (1,0 mL O₂/L) promedió una profundidad de localización de 100 m, exhibiendo una profundidad mínima de 58,1 m en Tocopilla (22°10'S) a 1 mn, y un máximo de 146,3 m en la misma localidad a 40 mn de la costa (Figura 7B).

Transporte de Ekman (TEk)

El transporte Ekman, que caracteriza su señal anual con una disminución en otoño e invierno, reveló entre los días 8 y 18 de septiembre de 2023, eventos de surgencia de alta intensidad, manteniéndose con valores superiores a los 1.000 m³/s/km en las tres localidades, en particular los días previos y de realización del muestreo, evidenciando la ocurrencia de viento favorables para la ocurrencia de afloramiento en el periodo señalado (Figura 9).

Nutrientes

Nitrito

La concentración de nitrito fluctuó entre 0,04 μ M y 1,1 μ M. La distribución vertical mostró, en las tres localidades, la presencia de un foco de altos valores (>0,5 μ M) localizado a los 25 m de profundidad extendiéndose entre la costa (1 mn) y las 20 mn, con un máximo a las 10 mn de la costa, que alcanzó el valor de 1,1 μ M en Chipana (21°20'S) y de 1,0 en Mejillones (23°00'S). Hacia la superficie y hacia los estratos más profundos, el nitrito se mantuvo alrededor de los 0,5 μ M (Figura 10).

Nitrato

El nitrato fluctuó entre un mínimo de 0,2 y un máximo de 22,4 μ M. Las secciones verticales de Arica (18°25'S) y Chipana (21°20'S) mostraron un incremento de los valores con la profundidad, registrándose el máximo de 22,4 μ M a 100 m de profundidad y a 20 mn en Arica (18°25'S). En la costa (1 mn) se observó la inclinación de las nutriclinas, evidenciando el ascenso de aguas profundas que llevaron concentraciones cercanas a 10 μ M hasta los 10 m de profundidad. La capa superificial con magnitudes inferiores a 5,0 μ M, se profundizó hacia las 20 mn, donde superó los 25 m de profundidad. En Mejillones (23°00'S), la columna exhibió concentraciones superiores a 10,0 μ M en todas las profundidades y entre la costa y las 10 mn. A partir de los 25 m se detectaron los mayores valores (>15,0 μ M), con un máximo de 22,2 μ M registrado a los 25 m y a las 5 mn de la costa (Figura 11).

Fosfato

Las concentraciones de fosfato presentaron valores extremos de 0,5 y 5,9 μ M. Siguiendo el patrón de distribución del nitrato, Arica (18°25'S) y Chipana (21°20'S) se observó el aumento de los valores con la profundidad, registrándose un máximo de 3,4 μ M a 75 m y a las 20 mn en Arica (18°25'S). De igual manera, en la costa (1 mn) las nutriclinas se inclinaron hacia la superficie, detectándose valores mayores a 2,0 μ M cercanos a los 10 m. El estrato superficial (0-10 μ M) presentó concentraciones menores de 2,0 μ M, profundizándose hacia las 20 mn, donde superó los 40 m. En Mejillones (23°00'S) el fosfato exhibió concentraciones menores a 3,0 μ M en el estrato entre la superficie y los 10 m de profundidad y entre la costa (1 mn) y las 10 mn. Hacia mayores profundidades, los valores se incrementaron, mostrando el mismo patrón de distribución, detectándose el máximo de 5,9 μ M a los 25 m y a las 5 mn de la costa, coincidente con el máximo de nitrito y nitrato de la localidad (Figura 12).



Figura 2. A: distribución superficial de Temperatura (°C), B: profundidad de localización de la isoterma de 15°C (m), C: distribución superficial de Salinidad (ups) y D: distribución superficial de Densidad (σ -t), entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 3. Distribución vertical de Temperatura (°C) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 4. Distribución vertical de Salinidad (ups) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 5. Distribución vertical de Densidad (σ -t) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 6. Diagramas Temperatura-Salinidad (T-S) para toda la zona entre Arica (18°25'S) y Mejillones (23°00'S) (panel superior) y para los sectores norte: 18°25'S-19°40'S, centro: 20°30'S-21°20'S y sur: 22°10'S-23°00'S (panel inferior), entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 7. A: Distribución superficial de Oxígeno Disuelto (mL O_2/L) y B: profundidad de localización del LS_ZMO (m) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 8. Distribución vertical de Oxígeno Disuelto (mL O₂/L) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 9. Transporte Ekman diario (m³/s/km) en Arica, Chucumata y Mejillones, entre los días 8 y 18 de septiembre de 2023 (entre líneas punteadas los días de realización del crucero).



Figura 10. Distribución vertical de Nitrito (µM) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 11. Distribución vertical de Nitrato (µM) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 12. Distribución vertical de Fosfato (μ M) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

Estructura de la Comunidad Planctónica

Fitoplancton

Se identificó un total de 86 especies y géneros del microfitoplancton, de los cuales 53 correspondieron a diatomeas y 33 a formas flageladas. Las especies de diatomeas que exhibieron las mayores abundancias (>300 cél/mL) fueron *Chaetoceros cinctus, Chaetoceros compressus, Detonula pumila, Guinardia striata y Thalassiosira subtilis,* destacando *T. subtilis* con una abundancia máxima de 542,2 cél/mL. Entre los flagelados, destacó el dinoflagelado atecado del género *Gyrodinium* con una concentración máxima de 4,4 cél/ml.

La abundancia total del microfitoplancton fluctuó entre 0,1 y 1.792,8 cél/mL. Los valores integrados entre la superficie y los 25 m de profundidad revelaron la presencia de las mayores concentraciones (>100 cél/m³) entre 1 y 5 mn de la costa, distribuidas en Arica (18°25'S) y desde Chucumata (20°30'S) al sur, siendo las diatomeas responsables de más del 90% de estas abundancias. En el grupo de los flagelados predominaron valores integrados inferiores a 2,0 cél/m³ (Tabla 1).

La distribución horizontal de la abundancia de las diatomeas mostró la presencia de tres focos de valores mayores a 300 cél/mL que se localizaron en Arica (18°25'S), Chucumata (20°30'S) y entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S), y que se mantuvieron entre la superficie y los 10 m de profundidad. En Chucumata (20°30'S), a 5 mn y a los 10 m de profundidad, se registró la máxima concentración del grupo, que alcanzó las 1.791,2 cél/mL. En Arica (18°25') se registró un máximo de 564,8 cél/mL a 1 mn y a los 5 m, y en el sector sur, frente a Mejillones (23°00'S), las diatomeas alcanzaron las 465,6 cél/mL en superficie y a 1 mn. En el resto del área y a partir de las 10 mn, las concentraciones bajaron de las 100 cél/mL En los estratos de 25 y 50 m hubo un predominio de abundancia menores a 1,0 cél/ (Figura 13). En la componente vertical se observó, en todas las localidades, una columna de agua dominada por concentraciones menores a 10 cél/mL, destacando los focos restringidos a las primeras 5 mn y al estrato entre la superficie y los 10 m de profundidad localizados en Arica (18°25'S), Chucumata (20°30'S) y entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) (Figura 14).

La distribución de los flagelados mostró las mayores abundancias (>2,0 cél/mL) distribuidas entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y entre la superficie y los 10 m de profundidad. El foco de máxima concentración (6,0 cél/mL) se detectó frente a punta Junín (19°40'S) a 1 mn y a 10 m de profundidad, y otro secundario alcanzó las 5,0 cél/mL a las 20 mn de la costa. En Arica (18°25'S), a las 10 mn y a los 5 m de profundidad, el grupo exhibió un máximo de 3,6 cél/mL. Desde Chucumata (20°30'S) al sur, predominaron valores inferiores a 1,0 cél/mL, excepto por un foco restringido a la superficie y a 1 mn frente a Chipana (21°20'S), de 3,3 cél/mL. A 25 y 50 m de profundidad las abundancias fueron desestimables (Figura 15). Las secciones verticales mostraron una columna de agua dominada por abundancias inferiores a 1,0 cél/mL, excepto entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), donde se observan los focos de alta abundancia (>2,0 cél/mL) distribuidos

entre la costa (1 mn) y las 20 mn, ocupando el estrato superficial, hasta los 10 m de profundidad (Figura 16).

La biomasa fitoplanctónica fluctuó entre 0,1 y 12,0 μ g Cl-a/L. Los valores integrados, entre la superficie y los 25 m de profundidad, muestran valores superiores a 5,0 μ g Cl-a/L desde Chucumata (20°30'S) al sur, restringidos a la banda entre 1 y 5 mn, mientras que, hacia el norte de esta localidad, predominaron concentraciones menores a 1,0 μ g Cl-a/L (Tabla 2).

La distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica coincidió con el patrón descrito para el grupo de las diatomeas, observándose la presencia de las mayores concentraciones (>5,0 µg Cl-a/L) distribuidas entre la superficie y los 10 m de profundidad, en la forma de un gran foco que se extendió entre Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°00'S), alcanzando las 10 mn en esta última localidad. La máxima biomasa (12,0 µg Cl-a/L) se registró frente a Tocopilla (22°10'S) a 5 mn de la costa y a 10 m de profundidad. Otros focos de 10,7 y 11 µg Cl-a/L se observaron en Chucumata (20°30'S) y Chipana (21°20'S) entre 1 y 5 mn respectivamente. Hacia el norte, predominaron biomasas menores a 1,0 µg Cl-a/L, excepto por un foco restringido a la milla en Arica (18°25'S) de 4,2 µg Cl-a/L. A 25 y 50 m de profundidad la biomasa descendió de 1,0 µg Cl-a/L (Figura 17).

En la componente vertical se observó el predominio de valores inferiores a 1 μ g Cla/L en toda la columna de agua, especialmente en punta Madrid (19°00'S) y punta Junín (19|40'S), y los focos de alta biomasa (>5,0 μ g Cl-a/L) localizados desde Chucumata al sur, con el máximo de 12,0 μ g Cl-a/L en Tocopilla, restringido a las 5 mn y extendiéndose entre la superficie y los 10 m de profundidad. En el resto de la columna de agua, así como también en las otras localidades, predominaron biomasas inferiores a 1,0 μ g Cl-a/L (Figura 18). Tabla 1. Abundancia fitoplanctónica integrada (cél/m³) entre la superficie y los 25 m de profundidad y aporte porcentual (%) de diatomeas (DIATO) y microflagelados (M_FLAGE), entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023. MF_TOTAL: microfitoplancton total, DC: distancia de la costa (mn).

| LOCALIDAD | DC (mn) | MF_TOTAL | DIATO | M_FLAGE | %DIATO | %M_FLAGE |
|--------------|---------|----------|-------|---------|--------|----------|
| | 1 | 502,7 | 501,1 | 1,6 | 99,7 | 0,3 |
| Arica | 5 | 23,0 | 22,1 | 1,0 | 95,8 | 4,2 |
| (18°25'S) | 10 | 11,6 | 9,2 | 2,5 | 78,8 | 21,2 |
| | 20 | 2,3 | 1,1 | 1,2 | 47,4 | 52,6 |
| | 1 | 1,2 | 1,2 | 0,1 | 93,9 | 6,1 |
| punta Madrid | 5 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 62,4 | 37,6 |
| (19°00'S) | 10 | 1,1 | 0,7 | 0,4 | 65,0 | 35,0 |
| | 20 | 6,1 | 3,9 | 2,2 | 64,4 | 35,6 |
| | 1 | 28,1 | 25,0 | 3,0 | 89,1 | 10,9 |
| punta Junín | 5 | 0,9 | 0,3 | 0,6 | 35,9 | 64,1 |
| (19°40'S) | 10 | 2,2 | 0,9 | 1,4 | 39,5 | 60,5 |
| | 20 | 9,7 | 6,6 | 3,1 | 68,3 | 31,7 |
| | 1 | 181,7 | 180,7 | 1,1 | 99,4 | 0,6 |
| Chucumata | 5 | 925,3 | 924,2 | 1,1 | 99,9 | 0,1 |
| (20°30'S) | 10 | | | | | |
| | 20 | 3,4 | 1,9 | 1,5 | 56,9 | 43,1 |
| | 1 | 159,9 | 158,5 | 1,4 | 99,2 | 0,8 |
| Chipana | 5 | 2,9 | 2,4 | 0,5 | 83,8 | 16,2 |
| (21°20'S) | 10 | 0,9 | 0,8 | 0,1 | 91,4 | 8,6 |
| | 20 | 2,0 | 1,8 | 0,2 | 88,2 | 11,8 |
| | 1 | 0,7 | 0,4 | 0,3 | 53,3 | 46,7 |
| Tocopilla | 5 | 276,8 | 276,4 | 0,3 | 99,9 | 0,1 |
| (22°10'S) | 10 | 97,4 | 97,2 | 0,3 | 99,7 | 0,3 |
| | 20 | 0,9 | 0,8 | 0,2 | 83,6 | 16,4 |
| | 1 | 208,7 | 208,6 | 0,1 | 99,9 | 0,1 |
| Mejillones | 5 | 13,0 | 12,8 | 0,3 | 97,7 | 2,3 |
| (23°00'S) | 10 | 103,3 | 103,0 | 0,3 | 99,7 | 0,3 |
| | 20 | | | | | |

Tabla 2. Biomasa fitoplanctónica (BF) integrada (μ g Cl-a/m³) entre la superficie y los 25 m de profundidad, entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023. DC: distancia de la costa (mn).

| LOCALIDAD | DC (mn) | BF (μg Cl-a/m³) |
|--------------|---------|-----------------|
| | 1 | 4,0 |
| Arica | 5 | 0,5 |
| (18°25'S) | 10 | 0,3 |
| | 20 | 0,3 |
| | 1 | 1,1 |
| punta Madrid | 5 | 0,5 |
| (19°00'S) | 10 | 0,6 |
| | 20 | 0,3 |
| | 1 | 0,9 |
| punta Junín | 5 | 0,6 |
| (19°40'S) | 10 | 0,5 |
| | 20 | 0,6 |
| | 1 | 4,1 |
| Chucumata | 5 | 7,8 |
| (20°30'S) | 10 | |
| | 20 | 0,4 |
| | 1 | 6,4 |
| Chipana | 5 | 1,7 |
| (21°20'S) | 10 | 1,1 |
| | 20 | 1,0 |
| | 1 | 0,6 |
| Tocopilla | 5 | 7,3 |
| (22°10'S) | 10 | 1,6 |
| | 20 | 0,3 |
| | 1 | 3,8 |
| Mejillones | 5 | 1,0 |
| (23°00'S) | 10 | 2,7 |
| | 20 | 4,0 |



Figura 13. Distribución horizontal de la abundancia de diatomeas (cél/mL) entre la superficie y 50 m de profundidad, entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 14. Distribución vertical de la abundancia (cél/mL) de diatomeas entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 15. Distribución horizontal de la abundancia de microflagelados (cél/mL) entre la superficie y 50 m de profundidad, entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 16. Distribución vertical de la abundancia (cél/mL) de microflagelados entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 17. Distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica (μ g Cl-a/L) entre la superficie y 50 m de profundidad, entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 18. Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica (μ g Cl-a/L) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

Zooplancton

La abundancia total del zooplancton fluctuó entre 1,0 y 104,6 ind/10 m², observándose valores superiores a 10 ind/10 m² en toda el área, distribuidos entre 1 y 40 mn (Tabla 3).

Se identificó un total de 13 grupos zooplanctónicos, siendo el grupo Copedpoda el que exhibió las mayores abundancias (>10 ind/10 m²), las que fluctuaron entre 0,1 y 92,1 ind/10 m², realizando un aporte al total entre 61,1 y 91,8%. Los otros grupos, en conjunto, alcanzaron una densidad máxima de 12,5 ind/10 m² (Tabla 4).

Respecto de los tamaños, se registraron individuos entre 0,25 y 16,75 mm. El rango 0,25-0,75 mm presentó las mayores concentraciones, las que fluctuaron entre 0,9 y 87,9 ind/10 m², realizando un aporte porcentual al total entre 67,3 y 95,3%. El grupo que aportó con las mayores densidades a esta categoría de tamaño fue Copepoda, con abundancias entre 0,8 y 83,0 ind/10 m² y un aporte entre el 87,0 y 96,6% (Tabla 5).

La distribución de la abundancia total del zooplancton mostró valores mayores a 30 distribuidos desde punta Junín (19°40'S) al sur, ocupando la franja entre 1 y 20 mn. Un foco con valores superiores a 80 ind/10m² se extendió entre punta Junín (19°40'S) y Chucumata (20°30'S), localidad en la que se registró la mayor densidad (104,6 ind/10m²) a 5 mn de la costa. Un núcleo secundario de 68,2 ind/ 10m² se localizó frente a Tocopilla (22°10'S) 1 mn. En el resto del área, la abundancia zooplanctónica descendió de los 30 ind/10m² (Figura 19A).

Dada la dominancia del grupo Copepoda, la distribución de su abundancia mostró el mismo patrón, registrándose el foco entre punta Junín (19°40'S) y Chucumata (20°30'S), con un máximo de 92,1 ind/10 m² a 5 mn en Chucumata (20°30'S). Los focos secundarios de punta Junín (19°40'S) y Tocopilla (22°10'S) alcanzaron los 76,0 y 60,2 ind/10 m² respectivamente (Figura 19B).

La abundancia del rango de tamaño 0,25-0,75 mm y la de los copépodos pertenecientes a éste exhibieron la misma distribución, detectándose entre punta Junín (19°40'S) y Chucumata (20°30'S) las mayores densidades, con el máximo principal de 87,9 y 83,0 ind/10 m² respectivamente, mientras que en punta Junín (19°40'S) se registraron valores de 79,8 y 74,9 ind/10 m², y en Tocopilla (22°10'S) máximos 55,7 y 52,3 ind/10 m² respectivamente (Figura 20A y 20B).

| Tabla 3. Abundancia total del zooplancton (ind/10 m ²) entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023 | 3. |
|---|----|
| DC: distancia de la costa (mn). | |

| | | Abundancia Total (ind/10 m ²) | | |
|----------------------------|---------|--|--|--|
| LOCALIDAD | DC (mn) | | | |
| | 1 | 1,0 | | |
| A | 5 | 22,1 | | |
| Arica | 10 | 15,9 | | |
| (18°25'S) | 20 | 9,6 | | |
| | 40 | 27,4 | | |
| | 1 | 29,3 | | |
| nunta Madrid | 5 | 25,5 | | |
| punta Madrid | 10 | 34,4 | | |
| (19 00 3) | 20 | 12,5 | | |
| | 40 | 18,5 | | |
| | 1 | 86,7 | | |
| | 5 | 22,4 | | |
| punta Junin | 10 | 46,4 | | |
| (19°40'S) | 20 | 48,5 | | |
| | 40 | 10,6 | | |
| | 1 | 80,7 | | |
| | 5 | 104,6 | | |
| Chucumata | 10 | | | |
| (20°30'S) | 20 | 27,4 | | |
| | 40 | 30,3 | | |
| | 1 | 24,9 | | |
| | 5 | 21,8 | | |
| (21°20'S) | 10 | 25,4 | | |
| (21 20 3) | 20 | 40,7 | | |
| | 40 | 24,2 | | |
| | 1 | 68,2 | | |
| T | 5 | 35,9 | | |
| | 10 | 18,0 | | |
| (22 10 3) | 20 | 43,7 | | |
| | 40 | | | |
| | 1 | 18,7 | | |
| N A a 3 3 1 1 a a a | 5 | 29,0 | | |
| IVIEJIIIONES | 10 | 45,3 | | |
| (23 00 3) | 20 | | | |
| | 40 | | | |

Tabla 4. Abundancia (ind/10 m²) de Copepoda (COPEP) y de otros grupos zooplanctónicos (OG), y aporte porcentual de Copepoda (AP-COP) (%), entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023. DC: distancia de la costa (mn).

| | DC | COPEP | OG | AP-COP |
|--------------------------|------|-------------|--------------------------|--------|
| LOCALIDAD | (mn) | (ind/10 m²) | (ind/10 m ²) | (%) |
| | 1 | 0,9 | 0,1 | 90,3 |
| Arica (18°25'S) | 5 | 19,5 | 2,6 | 88,2 |
| | 10 | 13,0 | 2,9 | 81,9 |
| | 20 | 8,0 | 1,6 | 83,6 |
| | 40 | 21,5 | 5,9 | 78,6 |
| | 1 | 26,9 | 2,4 | 91,8 |
| nunta Madrid | 5 | 23,0 | 2,6 | 89,9 |
| | 10 | 29,8 | 4,6 | 86,6 |
| (19 00 3) | 20 | 11,0 | 1,5 | 87,7 |
| | 40 | 15,8 | 2,6 | 85,8 |
| | 1 | 76,0 | 10,7 | 87,7 |
| munto lunío | 5 | 17,3 | 5,2 | 77,0 |
| 20112 Junin (19°40'S) | 10 | 37,0 | 9,4 | 79,7 |
| (19 40 3) | 20 | 37,1 | 11,5 | 76,4 |
| | 40 | 8,7 | 2,0 | 81,6 |
| Churrente | 1 | 73,5 | 7,2 | 91,1 |
| | 5 | 92,1 | 12,5 | 88,0 |
| | 10 | | | |
| (20°30'S) | 20 | 22,2 | 5,2 | 81,0 |
| | 40 | 24,7 | 5,6 | 81,6 |
| | 1 | 22,5 | 2,3 | 90,6 |
| Chinana | 5 | 18,7 | 3,1 | 85,8 |
| | 10 | 20,6 | 4,8 | 81,0 |
| (21 20 3) | 20 | 34,2 | 6,6 | 83,9 |
| | 40 | 20,5 | 3,7 | 84,7 |
| | 1 | 60,2 | 7,9 | 88,4 |
| Tecenille | 5 | 31,3 | 4,6 | 87,2 |
| (22°10'S) | 10 | 11,0 | 7,0 | 61,1 |
| (22 10 5) | 20 | 33,0 | 10,7 | 75,5 |
| | 40 | | | |
| | 1 | 16,3 | 2,4 | 87,3 |
| Majillanas | 5 | 25,4 | 3,6 | 87,6 |
| (23°00'S) | 10 | 40,2 | 5,0 | 88,9 |
| (23 00 3) | 20 | | | |
| | 40 | | | |

Tabla 5. Abundancia zooplanctónica (ind/10 m²) por rango de tamaño (mm) y aporte porcentual de Copepoda (AP-COPEP) (%) a la categoría 0,25-0,75 mm, entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023. DC: distancia de la costa (mn).

| | DC | | RANGOS DE TAMAÑO (mm) | | | | |
|-----------|------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| LOCALIDAD | (mn) | 0,25-0,75 | 1,25-1,75 | 2,25-2,75 | 3,25-3,75 | 4,25-16,75 | 0,25-0,75 |
| | 1 | 0,9 | 0,04 | 0,0 | | | 92,6 |
| A | 5 | 20,9 | 0,9 | 0,1 | | | 91,5 |
| | 10 | 14,1 | 1,3 | 0,3 | | 0,1 | 90,6 |
| (10 25 5) | 20 | 8,7 | 0,6 | 0,2 | 0,0 | 0,08 | 91,0 |
| | 40 | 23,9 | 1,9 | 1,1 | 0,2 | 0,1 | 87,7 |
| | 1 | 27,8 | 1,2 | 0,2 | 0,0 | | 96,0 |
| punta | 5 | 23,7 | 1,2 | 0,5 | | | 94,7 |
| Madrid | 10 | 32,2 | 1,6 | 0,5 | | | 91,4 |
| (19°00'S) | 20 | 11,5 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,4 | 94,0 |
| | 40 | 16,7 | 0,8 | 0,6 | 0,1 | 0,1 | 93,0 |
| | 1 | 79,8 | 4,9 | 1,3 | 0,5 | 0,1 | 93,9 |
| punta | 5 | 18,3 | 2,3 | 0,9 | 0,1 | 0,7 | 91,7 |
| Junín | 10 | 36,3 | 4,5 | 0,9 | | 4,7 | 96,9 |
| (19°40'S) | 20 | 41,2 | 4,9 | 0,2 | 0,5 | 1,7 | 88,2 |
| | 40 | 9,5 | 0,9 | 0,2 | 0,0 | | 88,3 |
| | 1 | 73,3 | 6,2 | 0,3 | 0,3 | | 93,4 |
| Character | 5 | 87,9 | 14,7 | 1,2 | 0,5 | | 94,4 |
| Chucumata | 10 | | | | | | |
| (20 30 3) | 20 | 24,6 | 1,9 | 0,7 | 0,1 | 0,0 | 88,7 |
| | 40 | 26,1 | 2,4 | 1,3 | 0,3 | 0,0 | 92,7 |
| | 1 | 22,2 | 2,3 | | 0,1 | | 94,1 |
| Chinana | 5 | 19,4 | 2,1 | 0,2 | 0,0 | | 92,1 |
| | 10 | 21,7 | 2,7 | 0,9 | 0,1 | 0,1 | 90,9 |
| (21 20 3) | 20 | 35,9 | 2,6 | 1,6 | 0,3 | 0,3 | 93,5 |
| | 40 | 22,4 | 1,4 | 0,2 | | 0,1 | 90,1 |
| | 1 | 55,7 | 11,2 | 1,0 | | | 93,8 |
| T | 5 | 29,5 | 5,6 | 0,1 | 0,5 | | 93,5 |
| | 10 | 11,9 | 2,3 | 1,3 | 1,8 | 0,4 | 89,2 |
| (22 10 3) | 20 | 36,6 | 4,0 | 2,0 | 0,8 | | 87,0 |
| | 40 | | | | | | |
| | 1 | 16,1 | 2,2 | 0,3 | 0,1 | | 95,0 |
| | 5 | 24,1 | 4,1 | 0,4 | 0,3 | | 94,9 |
| | 10 | 34,3 | 9,1 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 94,6 |
| (25 00 3) | 20 | | | | | | |
| | 40 | | | | | | |



Figura 19. Distribución horizontal de la abundancia (ind/10 m²) de A: zooplancton total y B: grupo Copepoda, entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 20. Distribución horizontal de la abundancia (ind/10 m²) de A: zooplancton de rango de tamaño 0,25-0,75 mm y B: grupo Copepoda perteneciente al rango de tamaño 0,25-0,75 mm, entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

Ictioplancton

El análisis del componente ictioplanctónico permitió identificar un total de 105.100 huevos/10 m² 14.311 larvas/10 m². Los estadios tempranos de *Engraulis ringens* aportaron a estos totales con un 76,1% y un 40,7% respectivamente. Se identificaron larvas de anchoveta en los estados yolk-sac, pre-flexión, flexión y post-flexión, todos con densidades en el mismo orden de magnitud (Tabla 6).

En todas las localidades se registró la presencia de huevos y larvas de *Engraulis ringens*, distribuidos principalmente entre 1 y 10 mn de la costa (Figura 21).

Los huevos se concentraron a 1 y a 5 mn en Arica (18°25'S), Chucumata (20°30'S), Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), exhibiendo densidades superiores a 10.000 huevos/10 m² en Arica (18°25'S) y Chipana (21°20'S), con un máximo de 48.292 huevos/10 m² en Arica (18°25'S) a 5 mn (Figura 22A). Las larvas de *Engraulis ringens* se distribuyeron desde punta Junín (19°40'S) al sur. El estado Yolk-sac mostró la misma distribución que los huevos, con máximos superiores a 800 larvas/10 m² en Chucumata (20°30'S) a 1 y 5 mn de la costa (Figura 22B).

Las larvas en pre-flexión presentaron una concentración máxima de 450 larvas/10 m² a 1 mn frente a punta Junín (19°40'S) y un máximo secundario de 366 larvas/10 m² fue registrado en Chucumata a 1 mn (Figura 23A). El conjunto flexión más post-flexión, fue detectado sólo en punta Junín (19°40'S), Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°30'S), exhibiendo un máximo cercano a las 500 larvas/10 m² en punta Junín (19°40'S) a 1 mn (Figura 23B).

Los huevos y larvas de otras especies se encontraron distribuidos en toda el área y entre la costa (1mn) y las 40 mn, observándose una mayor presencia de larvas. Los huevos alcanzaron un máximo de 10.943 huevos/10 m² frente a Arica (18°25'S) a 40 mn de la costa (Figura 24A), y las larvas, con densidades más homogéneas, presentaron un máximo de 793 larvas/10 m² en Chipana (21°20'S) a 10 mn (Figura 24B).

Tabla 6. Abundancia de huevos y larvas (N°/10 m²) de anchoveta (*Engraulis ringens*) y de otras especies, entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023. Larvas Y-S: larvas en yolk-sac, Larvas Pre-Flex: larvas en pre-flexión, Larvas Flex: larvas en flexión, Larvas Post-Flex: larvas en post-flexión. DC: distancia de la costa (mn), AP (%): aporte porcentual.

| | 50 | | En | graulis ring | ens | | Otras E | species | Totales | |
|------------|--------|--------|--------|--------------|--------|-----------|---------|---------|---------|--------|
| Localidad | (mn) | Huevos | Larvas | Larvas | Larvas | Larvas | Huevos | Larvas | Huevos | Larvas |
| | | | Y-S | Pre-Flex | Flex | Post-Flex | | | | |
| | 1 | 17.799 | | | | | 303 | | 18.102 | |
| Arica | 5 | 48.292 | | | | | 7.737 | 733 | 56.029 | 733 |
| (18°25'S) | 10 | | | | | | 362 | 434 | 362 | 434 |
| (/ | 20 | | | | | | 193 | 290 | 193 | 290 |
| | 40 | | | | | | 10.943 | 150 | 10.943 | 150 |
| | 1 | | 83 | 83 | | | 83 | 167 | 83 | 334 |
| punta | 5 | | | | | | 429 | | 429 | |
| Madrid | 10 | | | | | | 303 | 121 | 303 | 121 |
| (19°00'S) | 20 | | | 93 | | | 932 | 93 | 932 | 186 |
| | 40 | | | | | | 265 | 530 | 265 | 530 |
| | 1 | | 150 | 450 | 300 | 225 | 750 | 375 | 750 | 1.500 |
| punta | 5 | | | | | | | 335 | | 335 |
| Junín | 10 | | | | | | | 285 | | 285 |
| (19°40'S) | 20 | | | | | | 131 | 66 | 131 | 66 |
| | 40 | | | | | | 100 | | 100 | |
| | 1 | 1.584 | 853 | 366 | 488 | | 366 | 366 | 1.950 | 2.072 |
| | 5 | 130 | 847 | 65 | | | 521 | 326 | 651 | 1.238 |
| Chucumata | 10 | | | | | | | | | |
| (20°30'S) | 20 | | | | | | 86 | 691 | 86 | 691 |
| | 40 | | | | | | 177 | 265 | 177 | 265 |
| | 1 | 10.094 | 110 | | | | 987 | 55 | 11.082 | 165 |
| | 5 | | | 168 | | | 84 | 84 | 84 | 252 |
| Chipana | 10 | | | | | | | 793 | | 793 |
| (21-20-5) | 20 | | | | | | | 712 | | 712 |
| | 40 | | | 51 | | | 203 | 203 | 203 | 253 |
| | 1 | | | | | | | | | |
| | 5 | 87 | 350 | | | | | | 87 | 350 |
| Tocopilla | 10 | | | | | | 74 | 446 | 74 | 446 |
| (22°10'S) | 20 | | | | | | | 275 | | 275 |
| | 40 | | | | | | | _ | | _ |
| | 1 | 536 | 89 | 89 | 357 | | 89 | 89 | 625 | 625 |
| | 5 | 1.456 | | | | | | | 1.456 | |
| Mejillones | 10 | | | 363 | 242 | | | 604 | | 1,209 |
| (23°00'S) | 20 | | | | | | | | | 05 |
| | 40 | | | | | | | | | |
| | | 79 980 | 2 482 | 1 728 | 1 386 | 225 | 25 120 | 8 489 | 105 100 | 14 311 |
| | AP (%) | 76.1 | 17.3 | 12.1 | 9.7 | 1.6 | 23.9 | 59.3 | 100.100 | 1.011 |



Figura 21. Estaciones positivas (círculos rojos) para la presencia de huevos y larvas de *Engraulis ringens* entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 22. Distribución de la abundancia (N°/10 m²) de A: huevos de *Engraulis ringens* y B: larvas en estado Yolk-sac de *Engraulis ringens* entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 23. Distribución de la abundancia de larvas (N°/10 m²) de *Engraulis ringens* en A: estado preflexión y B: estado flexión más post-flexión entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 24. Distribución horizontal de la abundancia (N°/10 m²) de A: huevos y B: larvas de otras especies, entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.

Análisis Estadístico

El análisis de correlación reveló una asociación negativa entre la abundancia de huevos de anchoveta y la profundidad de la capa de mezcla (r=-0,549, p<0,01), mientras que resultó positiva con las variables biológicas biomasa fitoplanctónica (r=0,430, p<0,05) (Figura 25) y abundancia de diatomeas (r=0,547, p<0,01) (Figura 26). Por su parte, la abundancia de larvas de anchoveta se correlacionó, de manera positiva, con la biomasa fitoplanctónica (r=0,696, p<0,001) (Figura 27) y con la abundancia de diatomeas (r=0,606, p<0,01), de nanoflagelados (r=0,479, p<0,05) y con la densidad zooplanctónica (r=0,429, p<0,05) (Figura 28).

Respecto del análisis comparativo, todas las variables físicas, químicas y biológicas exhibieron diferencias estadísticamente significativas entre los inviernos de 2014 a 2023 (Tabla 7).

Poniendo énfasis en el invierno de 2023, la temperatura mostró diferencias estadísticamente significativas con el invierno de 2014 y con las del periodo 2018-2022, dados los mayores valores registrados este año. También la salinidad exhibió diferencias con los inviernos de 2018 a 2022, mismo periodo en el cual la capa de mezcla fue más somera en comparación al invierno de 2023. En relación con el oxígeno disuelto, este invierno exhibió menores rangos a los detectados entre 2014 y 2016, y 2019 y 2020, y la posición del límite superior de la ZMO se profundizó respecto del invierno de 2017 a 2022 (Tabla 8, Figura 29).

En el caso de las variables biológicas, el análisis de comparación múltiple de rangos reveló que la abundancia de diatomeas, de microflagelados y la biomasa fitoplanctónica registrada en 2023 no generaron las diferencias detectadas. Los nanoflagelados mostraron una menor concentración en comparación al año 2014, y la abundancia zooplanctónica disminuyó este año respecto de los inviernos de 2014, 2019 y 2022 (Tabla 9, Figura 30). En relación con los estadios tempranos de anchoveta, la abundancia de huevos y larvas detectada en 2023 tampoco exhibió diferencias con los inviernos previos (Tabla 9, Figura 31).



Figura 25. Resultados del análisis de correlación entre la información de abundancia de huevos de anchoveta (rhuevo) (N°/10 m²) y la profundidad de la capa de mezcla (rpcm) (m), profundidad de la ZMO (rpomz) (m) y la biomasa fitoplanctónica (rcla) (μ g Cl-a/L) registrada entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 26. Resultados del análisis de correlación entre la información de abundancia de huevos de anchoveta (rhuevo) (N°/10 m²) y la abundancia de diatomeas (rdia) (cél/mL), abundancia de microflagelados (rflag) (cél/mL), abundancia de nanoflagelados (rhnf) (cél/mL) y abundancia zooplanctónica (rzoop) (N°/10 m²) registrada entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 27. Resultados del análisis de correlación entre la información de abundancia de larvas de anchoveta (rlarva) (N°/10 m²) y la profundidad de la capa de mezcla (rpcm) (m), profundidad de la ZMO (rpomz) (m) y la biomasa fitoplanctónica (rcla) (μ g Cl-a/L) registrada entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023.



Figura 28. Resultados del análisis de correlación entre la información de abundancia de larvas de anchoveta (rlarva) (N°/10 m²) y la abundancia de diatomeas (rdia) (cél/mL), abundancia de microflagelados (rflag) (cél/mL), abundancia de nanoflagelados (rhnf) (cél/mL) y abundancia zooplanctónica (rzoop) (N°/10 m²) registrada entre los días 11 y 15 de septiembre de 2023

Tabla 7. Resultados del análisis comparativo global entre las variables físicas, químicas y biológicas registradas durante los inviernos de 2014 a 2023. K-W: estadístico de Kruskal-Wallis, NS: nivel de significancia.

| VARIABLE | K-W | Valor p | NS |
|--|-------|---------|--------|
| TEMPERATURA (°C) | 36,91 | 0,000 | <0,001 |
| SALINIDAD (ups) | 35,15 | 0,000 | <0,001 |
| PROFUNDIDAD CAPA MEZCLA (m) | 48,83 | 0,000 | <0,001 |
| OXÍGENO DISUELTO (mL O₂/L) | 57,52 | 0,000 | <0,001 |
| PROFUNDIDAD LS_ZMO (m) | 54,25 | 0,000 | <0,001 |
| ABUNDANCIA DIATOMEAS (cél/mL) | 12,39 | 0,030 | <0,001 |
| ABUNDANCIA MICROFLAGELADOS (cél/mL) | 34,79 | 0,000 | <0,001 |
| ABUNDANCIA NANOFLAGELADOS (cél/mL) | 60,10 | 0,000 | <0,001 |
| BIOMASA FITOPLANCTONICA (µg/L) | 30,65 | 0,000 | <0,001 |
| ABUNDANCIA ZOOPLANCTON (N°/10 m ²) | 45,86 | 0,000 | <0,001 |
| ABUNDANCIA HUEVOS (N°/10 m ²) | | | |
| ABUNDANCIA LARVAS (N°/10 m²) | | | |

Tabla 8. Resultados de la prueba de comparación múltiple de rangos después de Kruskal-Wallis para las variables físicas y químicas registradas durante los inviernos de 2014 a 2023, que exhibieron diferencias estadísticamente significativas. dif.obs.: diferencias observadas, dif.crit.: diferencias críticas.

| Variable | Periodo | dif.obs. | dif.crit. |
|------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | 2014-2023 | 72,57 | 68,06 |
| | 2015-2020 | 60,79 | 58,94 |
| | 2015-2021 | 95,07 | 58,94 |
| | 2015-2021 | 100,59 | 62,13 |
| | 2015-2022 | 97,77 | 58,94 |
| | 2016-2018 | 68,31 | 62,13 |
| | 2016-2020 | 67,76 | 58,94 |
| TEMPERATURA (°C) | 2016-2021 | 102,04 | 58,94 |
| | 2016-2021 | 107,56 | 62,13 |
| | 2016-2022 | 104,74 | 58,94 |
| | 2018-2023 | 78,11 | 63,15 |
| | 2020-2023 | 77,56 | 60,02 |
| | 2021-2023 | 111,83 | 60,02 |
| | 2021-2023 | 021-2023 117,36 | |
| | 2022-2023 | 114,53 | 60,02 |
| | 2014-2018 | 76,80 | 67,10 |
| | 2014-2019 | 85,86 | 67,10 |
| | 2014-2020 | 70,03 | 64,16 |
| | 2014-2021 | 81,28 | 64,16 |
| | 2014-2021 | 96,68 | 67,10 |
| | 2014-2022 | 115,58 | 64,16 |
| | 2015-2021 | 72,06 | 62,13 |
| | 2015-2022 | 90,97 | 58,94 |
| SALINIDAD (ups) | 2016-2021 | 63,13 | 62,13 |
| | 2016-2022 | 82,03 | 58,94 |
| | 2017-2022 | 60,22 | 58,94 |
| | 2018-2023 | 63,84 | 63,15 |
| | 2019-2023 | 72,90 | 63,15 |
| | 2020-2023 | 68,32 | 60,02 |
| | 2021-2023 | 83,71 | 63,15 |
| | 2022-2023 | 102,62 | 60,02 |

Continuación Tabla 8.

| Variable | Periodo | dif.obs. | dif.crit. |
|------------------------|------------------|----------|-----------|
| | 2014-2018 | 63,78 | 60,16 |
| | 2014-2021 | 78,78 | 60,16 |
| | 2015-2018 | 72,32 | 56,61 |
| | 2015-2021 | 59,37 | 53,81 |
| | 2015-2021 | 87,32 | 56,61 |
| | 2015-2022 | 66,00 | 61,01 |
| PROFUNDIDAD CAPA | 2016-2018 | 66,16 | 56,61 |
| MEZCLA (m) | 2016-2021 | 81,16 | 56,61 |
| | 2017-2021 | 63,99 | 56,61 |
| | 2018-2023 | 95,93 | 61,70 |
| | 2019-2023 | 76,30 | 61,70 |
| | 2020-2023 | 82,97 | 59,13 |
| | 2021-2023 110,93 | | 61,70 |
| | 2022-2023 | 89,61 | 65,75 |
| | 2014-2022 | 97,20 | 64,16 |
| | 2014-2023 | 88,78 | 68,06 |
| | 2015-2021 | 61,80 | 58,94 |
| | 2015-2022 | 97,70 | 58,94 |
| | 2015-2023 | 89,28 | 63,15 |
| | 2016-2017 | 66,44 | 62,13 |
| | 2016-2021 | 76,55 | 58,94 |
| (mL O ₂ /L) | 2016-2022 | 112,45 | 58,94 |
| (112 02/2) | 2016-2023 | 104,03 | 63,15 |
| | 2017-2019 | 62,94 | 62,13 |
| | 2019-2021 | 73,05 | 58,94 |
| | 2019-2022 | 108,95 | 58,94 |
| | 2019-2023 | 100,53 | 63,15 |
| | 2020-2022 | 76,65 | 55,57 |
| | 2020-2023 | 68,23 | 60,02 |

Continuación Tabla 8.

| Variable | Periodo | dif.obs. | dif.crit. |
|----------------|-----------|----------|-----------|
| | 2014-2021 | 74,39 | 61,25 |
| | 2015-2021 | 75,54 | 58,70 |
| | 2016-2021 | 68,89 | 61,25 |
| | 2017-2022 | 61,71 | 56,08 |
| | 2017-2023 | 88,32 | 67,63 |
| | 2018-2022 | 59,00 | 55,11 |
| | 2018-2023 | 85,61 | 66,83 |
| PROFUNDIDAD | 2019-2022 | 60,50 | 55,11 |
| L3_21010 (iii) | 2019-2023 | 87,11 | 66,83 |
| | 2020-2022 | 65,30 | 52,76 |
| | 2020-2023 | 91,92 | 64,91 |
| | 2021-2022 | 82,30 | 52,11 |
| | 2021-2023 | 108,91 | 64,38 |
| | 2021-2022 | 102,25 | 55,11 |
| | 2022-2023 | 128,86 | 66,83 |

Tabla 9. Resultados de la prueba de comparación múltiple de rangos después de Kruskal-Wallis para las variables biológicas, registradas durante los inviernos de 2014 a 2023, que exhibieron diferencias estadísticamente significativas. dif.obs.: diferencias observadas, dif.crit.: diferencias críticas.

| Variable | Periodo | dif.obs. | dif.crit. |
|---|-----------|----------|-----------|
| ABUNDANCIA DIATOMEAS (cél/mL) | 2014-2018 | 69,88 | 61,98 |
| | 2014-2020 | 71,13 | 61,98 |
| | 2014-2021 | 77,69 | 62,86 |
| | 2014-2022 | 102,75 | 61,98 |
| | 2016-2021 | 63,94 | 58,34 |
| | 2016-2022 | 89,00 | 57,39 |
| | 2017-2022 | 81,47 | 57,39 |
| | 2019-2022 | 70,75 | 57,39 |
| ABUNDANCIA MICROFLAGELADOS (cél/mL) | 2014-2022 | 70,83 | 61,98 |
| | 2017-2021 | 62,39 | 58,34 |
| | 2017-2022 | 72,53 | 57,39 |
| | 2014-2015 | 66,13 | 61,98 |
| | 2014-2019 | 85,75 | 61,98 |
| | 2014-2020 | 104,00 | 61,98 |
| | 2014-2021 | 118,47 | 61,98 |
| | 2014-2021 | 96,82 | 62,86 |
| | 2014-2022 | 130,72 | 61,98 |
| | 2014-2023 | 96,96 | 63,85 |
| ABUNDANCIA | 2015-2022 | 64,59 | 57,39 |
| NANOFLAGELADOS (cél/Ml) | 2016-2020 | 63,94 | 57,39 |
| | 2016-2021 | 78,41 | 57,39 |
| | 2016-2022 | 90,66 | 57,39 |
| | 2017-2020 | 64,50 | 57,39 |
| | 2017-2021 | 78,97 | 57,39 |
| | 2017-2022 | 91,22 | 57,39 |
| | 2018-2020 | 64,13 | 57,39 |
| | 2018-2021 | 78,59 | 57,39 |
| | 2018-2022 | 90,84 | 57,39 |
| BIOMASA | 2014-2015 | 79,19 | 61,98 |
| FITOPLANCTONICA (µg Cl-a/L) | 2015-2017 | 72,25 | 57,39 |

Continuación Tabla 9.

| Variable | Periodo | dif.obs. | dif.crit. |
|---|-----------|----------|-----------|
| ABUNDANCIA ZOOPLANCTON (N°/10 m²) | 2014-2016 | 79,13 | 67,84 |
| | 2014-2017 | 110,38 | 67,84 |
| | 2014-2020 | 110,63 | 64,86 |
| | 2014-2021 | 102,53 | 64,86 |
| | 2014-2021 | 77,75 | 67,84 |
| | 2014-2023 | 75,43 | 66,98 |
| | 2015-2017 | 67,03 | 62,80 |
| | 2015-2020 | 67,28 | 59,58 |
| | 2016-2022 | 90,65 | 59,58 |
| | 2017-2019 | 82,19 | 62,80 |
| | 2017-2022 | 121,90 | 59,58 |
| | 2018-2020 | 60,38 | 59,58 |
| | 2018-2022 | 61,78 | 59,58 |
| | 2019-2020 | 82,44 | 59,58 |
| | 2019-2021 | 74,34 | 59,58 |
| | 2019-2023 | 89,28 | 59,58 |
| | 2020-2022 | 122,15 | 56,17 |
| | 2021-2022 | 114,05 | 56,17 |
| | 2022-2023 | 86,96 | 58,60 |
| ABUNDANCIA HUEVOS (N°/10 m²) | 2015-2020 | 61,67 | 59,58 |
| | 2018-2020 | 63,36 | 59,58 |
| ABUNDANCIA LARVAS (N°/10 m²) | 2014-2018 | 74,34 | 67,84 |
| | 2017-2018 | 65,19 | 62,80 |
| | 2018-2020 | 60,24 | 59,58 |



Figura 29. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis comparativo global entre la información de A: Temperatura (°C), B: Salinidad (ups), C: Profundidad de la Capa de Mezcla (m), D: Oxígeno Disuelto (mL O_2/L) y E: Profundidad del Límite Superior de la ZMO (m), registrada durante los inviernos de 2014 a 2023.



Figura 30. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis comparativo global entre la información de A: Abundancia de Diatomeas (cél/mL), B: Abundancia de Microflagelados (cél/mL), C: Abundancia de Nanoflagelados (cél/mL), D: Biomasa Fitoplanctónica (µg Cl-a/L) y E: Abundancia de Zooplancton (N°/10 m²), registrada durante los inviernos de 2014 a 2023.



Figura 31. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis comparativo global entre la información de abundancia (N°/10 m²) de A: Huevos de anchoveta y B: Larvas de anchoveta, registrada durante los inviernos de 2014 a 2023.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Durante el presente crucero, imperó una condición cálida en el sistema, evidenciada por los valores extremos de temperatura y salinidad, así como por su distribución en el área, particularmente considerando que se trató de un periodo de invierno, durante el cual las temperaturas máximas no superan los 18°C. El análisis comparativo también reveló este cambio respecto de inviernos anteriores, especialmente aquellos de los años 2018 a 2022 en los cuales predominaron condiciones La Niña.

El transporte Ekman, que habitualmente muestra una relajación en otoño e invierno, mantuvo valores por sobre los 1.000 m³/s/km en las tres localidades, en particular los días previos y de realización del muestreo, evidenciando la ocurrencia de afloramiento intenso. No obstante, las características de la columna de agua sugieren que los eventos de surgencia no habrían tenido una importante influencia en los estratos superficiales, especialmente considerando la profundidad de la capa de mezcla y del límite superior de la ZMO, cuya localización promedió los 50 y 100 m respectivamente, exhibiendo una marcada profundización respecto del periodo 2018-2022. Por otra parte, el estrato entre la superficie y los 50 m de profundidad de encontró influenciado por la presencia del ASS en gran parte del área.

Dentro del componente biológico, la abundancia de diatomeas y de microflagelados, y la biomasa fitoplanctónica no exhibieron cambios en relación con inviernos anteriores. Ambos grupos mantuvieron las altas concentraciones principalmente en Arica (18°25'S), Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°00'S) y en el estrato superficial (0-10 m), y la biomasa respondió al patrón de las diatomeas, revelando su influencia en los valores de clorofila-a registrados. De manera concordante, los nutrientes nitrato y fosfato, que exhibieron valores habituales para la región, presentaron una distribución vertical que reveló la activa incorporación por parte del fitoplancton en superficie, que los llevó a concentraciones cercanas a 0 μ M, mientras que a mayores profundidades los valores aumentaron asociados al agua de afloramiento. En el caso del nitrito, el foco registrado cercano a los 25 m de profundidad respondería a procesos microbianos locales.

El zooplancton presentó menores abundancias que el invierno anterior, pero se mantuvo en el rango de la mayor parte de la serie. Los principales focos mostraron una sobreposición con las mayores abundancias de las diatomeas, sugiriendo presencia de disponibilidad de alimento. Se mantuvo el dominio del grupo Copepoda y de la fracción de tamaño entre 0,25 y 0,75 mm. En relación con los estadios tempranos de anchoveta, la abundancia de huevos y larvas no mostró diferencias estadísticamente significativas con las registradas en inviernos anteriores y su presencia estuvo asociada a las áreas caracterizadas como zonas de desove y retención, existiendo sobreposición espacial con el componente fitoplanctónico y zooplanctónico como potencial alimento para las larvas con alimentación exógena. Al respecto, se detectó una correlación positiva entre la abundancia de estos estadios con la abundancia de diatomeas, de nanoflagelados, con la biomasa fitoplanctónica y con la densidad del zooplancton. El escenario descrito se asocia al efecto de la condición regional. Las variables físicas y químicas evidenciaron el efecto del evento El Niño que ha mostrado señales en la región, especialmente al compararlas con el largo periodo La Niña que se extendió entre 2018 y 2022. Al respecto, durante el mes de septiembre continuaron las temperaturas más cálidas de lo normal en todo el Pacífico Ecuatorial, sobre todo en la región Oriental. De igual manera, si bien se observó una muy ligera reducción de la TSM en casi todas las regiones El Niño, excepcionalmente la región 1+2 se mantuvo en +2,8°C sobre lo normal (Figura 32). No obstante, los modelos del ECMWF indican una tendencia a reducción de las anomalías cálidas, hasta fin de año, en la región El Niño 1+2.



Figura 32. Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (°C) en las regiones El Niño entre octubre de 2022 y el 25 de septiembre de 2023 (fuente: www.cpc.ncep.noaa.gov).

LITERATURA CITADA

Boletín CIIFEN El Niño/La Niña en América Latina octubre 2023. www.ciifen.org.

Bowden KF. 1983. Physical oceanography of coastal waters. Ellis Horwood Series on Marine Science. John Wiley & Sons, New York, 302 pp.

ENSO: Recent Evolution, Current Status and Predictions. Update prepared by: Climate Prediction Center/NCEP 25 September 2023. https://www.cpc.ncep.noaa.gov.

Grosjean P, M Picheral, C Warembourg & G Gorsky. 2004. Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the ZOOSCAN digital imaging system. ICES Journal Marine Science, 61: 518-525.

Hasle G. 1969. An Analysis of Phytoplankton of the Pacific Southern Ocean: Abundance, Composition and Distribution during the Brategg Expedition, 1947-1948. Hvalradets skrifter, 52: 1-168.

Horwood J & R Driver. 1970. A note on a theorical subsampling distribution of Macroplankton. J. Cons. Int. Explor. Mar., 36(3):274-276 pp.

Parsons TR, Y Maita & CM Lalli. 1984. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press. 173 pp.

Schlitzer, R. 2022. Ocean Data View, http://odv.awi.de.

Smith PE & SL Richardson. 1979. Técnicas estándar para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. FAO, Doc. Téc. Pesca, (175): 107 pp.

UNESCO. 1978. Phytoplankton Manual. A Sournia (Ed.). Monogr. Oceanogr. Methodology, 6, 337 pp.

Villafañe VE & FMH Reid. 1995. Métodos de microscopía para la cuantificación del fitoplancton. En: Manual de Métodos Ficológicos. K Alveal, ME Ferrario, EC Oliveira y E Sar (eds.). Universidad de Concepción, Concepción. 169-185 pp.