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 VERANO

ENERO DE 2018

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 MARTINEZ MUÑOZ
AGUSTIN ARCOS ROJAS

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO 4

INTRODUCCIÓN 6

OBJETIVOS GENERALES 6

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 6

MATERIAL Y METODOS 7

RESULTADOS 9

Condiciones físicas y químicas 9

Estructura de la Comunidad Planctónica 18

Fitoplancton 18

Zooplancton 31

Ictioplancton 38

Análisis Estadístico 44

DISCUSION 53

LITERATURA CITADA 56

RESUMEN EJECUTIVO

Entre los días 25 y 28 de enero de 2018 se realizó el crucero de verano, con el objetivo de evaluar las condiciones oceanográficas y de explorar la influencia de las variables físicas, químicas y biológicas 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 perfiles verticales de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto utilizando un CTDO SeaBird19, se tomaron muestras de agua hasta 50 m de profundidad para determinar la abundancia y biomasa del fitoplancton, y para caracterizar la composición y abundancia del zooplancton e ictioplancton, se colectaron muestras verticales desde 60 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 veranos de 2015, 2016, 2017 y 2018.

Los valores de temperatura y salinidad revelaron la presencia del Agua Subtropical Superficial (ASS) desplazándose hacia el sur entre las 20 y 40 mn, restringida a un estrato muy superficial (0-10 m). El resto del área se encontró dominada por salinidades que fluctuaron entre 34,5 y 34,8 ups, evidenciando la presencia del Agua Subantártica (ASAA) y del Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). En la franja costera (1-5 mn) influenciada por eventos de surgencia, se observó el ascenso de las isolíneas y la isoterma de 15°C se localizó cerca de los 15 m de profundidad. De igual manera, valores de oxígeno disuelto mayores a 4,0 mL/L ocuparon los primeros 10 m en la costa (1-10 mn), profundizándose hacia las 40 mn. De manera concordante, la profundidad del límite superior de la ZMO se registró a menos de 20 m en la franja entre 1 y 5 mn, excepto en Mejillones (23°00'S) donde se mantuvo somera hasta las 20 mn de la costa.

La abundancia máxima del microfitoplancton fue de 1.628 cél/mL. Las diatomeas dominaron a lo largo de toda la franja costera (1-5 mn) con concentraciones superiores a 500 cél/mL, alcanzando 1.618,0 cél/mL frente a caleta Vitor (18°50'S). Los microflagelados exhibieron focos costeros (1 mn) superiores a 100 cél/mL en Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°00'S), con un máximo 1.466 cél/mL en Chucumata (20°30'S). La biomasa fitoplanctónica presentó valores mayores a 10,0 µg Cl-a/L asociados a focos de abundancia fitoplanctónica cercanos a 300 cél/mL, y exhibió un máximo de 41,7 µg Cl-a/L en punta Junín (19°40'S). La abundancia zooplanctónica mostró valores superiores a 100 ind/10 m^2 en toda el área, distribuidos entre 1 y 40 mn de la costa. Densidades superiores a 250 ind/10 m^2 se registraron en Mejillones (23°00'S) donde se detectó un máximo de 437,4 ind/10 m^2 a 10 mn de la costa. El grupo Copepoda fue dominante, aportando, en promedio, con el 81,9% a la abundancia total, y con el 81,9% a la abundancia del rango de tamaño entre 0,25 y 075 mm. Los huevos y larvas de anchoveta contribuyeron con un 94,8% y un 77,9% respectivamente, a la abundancia total del componente ictioplanctónico. Densidades de

huevos mayores a 10.000 huevos/10 m^2 se registraron en Arica (18°25'S) y en Mejillones (23°00'S) donde se observó el máximo principal de 42.749 huevos/10 m^2 a 5 mn. Entre las larvas, predominó el estado yolk-sac (87,9%) que exhibió un máximo de 3.972 larvas/10 m^2 en punta Junín (19°40'S). La abundancia de huevos se correlacionó con la temperatura y con la biomasa fitoplanctónica, mientras que la abundancia de las larvas sólo mostró una asociación con la biomasa fitoplanctónica.

El análisis comparativo global reveló que el verano de 2018 exhibió las menores temperaturas y salinidades de todos los periodos analizados. Por el contrario, dentro del componente biológico destacaron las mayores abundancias de diatomeas y flagelados, y el descenso de la biomasa fitoplanctónica y de las densidades de larvas de anchoveta. En el análisis por área, en las áreas Norte (18°25'S-19°40'S) y Sur (22°10'S-23°00'), además de las variables mencionadas, se detectaron diferencias significativas entre la abundancia zooplanctónica, que aumentó respecto de 2015, 2016 y 2017, y en la densidad de huevos de anchoveta que disminuyó, particularmente en el sector norte.

La temperatura y salinidad revelaron una condición fría imperante, manteniéndose una importante participación del ASAA en la región. Los valores del TEk indicaron la ocurrencia de activos procesos de surgencia, a los cuales el componente planctónico respondió con altas abundancias. Los estadios tempranos de anchoveta mostraron la típica distribución caracterizada por la presencia de las mayores densidades en las localidades descritas como áreas de desove y retención, exhibiendo una fuerte asociación con la temperatura y la abundancia fitoplanctónica, lo que se explica por su dependencia a condiciones ambientales que influencian su desarrollo. Las condiciones oceanográficas registradas durante el crucero de verano de 2018, se asocian al débil evento La Niña que afectó al Pacífico. Este escenario, sumado a los eventos de surgencia costera, promovió niveles de abundancia en el componente planctónico, comparables, e incluso superiores, a periodos normales.

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

INTRODUCCIÓN

El presente reporte contiene los resultados obtenidos mediante la realización del crucero de verano de 2018, requerido por el Centro de Investigación Aplicada del Mar (CIAM) y ejecutado por la Facultad de Recursos Naturales Renovables (FAREN) 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 siete transectas perpendiculares a la costa cada una con estaciones localizadas a 1, 5, 10, 20 y 40 millas náuticas (mn) (Figura 1).

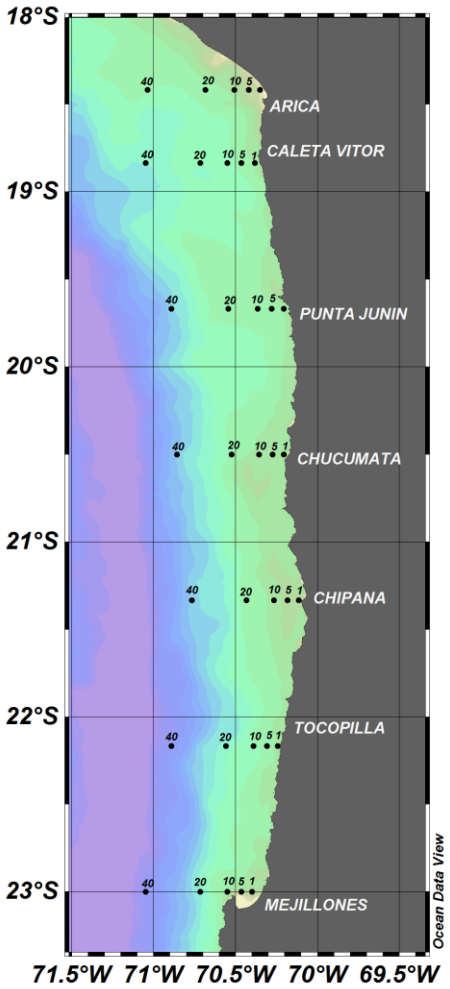

Figura 1. Área de estudio y posición de las estaciones de muestreo del crucero bio-oceanográfico realizado entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

Muestreo y registro de información

El crucero se llevó a cabo entre los días 25 y 28 de enero de 2018 a bordo de la embarcación PAM "Loa V" proporcionada por la empresa pesquera Camanchaca S.A.

En cada una de las estaciones se realizaron perfiles verticales de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, utilizando un CTDO SeaBird-19. Se obtuvieron muestras de agua desde 0, 5, 10, 25 y 50 m de profundidad con el uso de botellas oceanográficas Niskin, las que fueron destinadas a la medición de la abundancia y biomasa fitoplanctónicas. Se colectaron muestras de zooplancton e ictioplancton 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 abundancia de fitoplancton se determinó según la metodología propuesta en UNESCO (1978) y Villafañe & Reid (1995), y la biomasa, expresada en términos de la concentración de clorofila-a, de acuerdo a 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 a Horwood & Driver (1976) y las densidades fueron estandarizadas por 10 m^2 de superficie oceánica (Smith & Richardson, 1979).

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, 2017).

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 áreas: área Norte entre Arica y punta Junín (18°25'S-19°40'S), área Centro entre Chucumata y Chipana (20°30'S-21°20'S), y área Sur entre Tocopilla y Mejillones (22°10'S-23°00'S).

Se estimó, además, la profundidad del límite superior de la ZMO (LS_ZMO) y el transporte de Ekman (TEk). La profundidad del LS_ZMO correspondió a aquella a la cual la concentración de oxígeno disuelto (OD) fue de 1,0 mL/L, y se obtuvo mediante el programa ODV (Schlitzer, 2017). El TEk fue calculado como:

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

donde M_x es el Transporte Ekman (m^3/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, fitoplancton y zooplancton fueron transformados calculando la cuarta raíz de cada valor.

Aplicando un análisis de varianza de una vía, se comparó la información de los parámetros físicos, químicos y biológicos obtenida en el presente crucero con aquella registrada durante los veranos de 2015, 2016 y 2017. La comparación se realizó con toda la información (global) y por áreas: área Norte (18°25'S-19°40'S), Centro (20°30'S-21°20'S) y Sur (22°10'S-23°00'S). Cuando se detectaron diferencias, se aplicó el test de diferencias honestamente significativas de Tukey para determinar el periodo que las generó.

RESULTADOS

Condiciones físicas y químicas

Temperatura

La temperatura superficial del mar (TSM) fluctuó entre un mínimo de 14,9°C y un máximo de 24,5°C. La distribución horizontal se caracterizó por la presencia de un agua cálida (>20°C) que ingresó desde el norte y se desplazó hasta Tocopilla entre las 20 y 40 mn, con el máximo (24,5°C) frente a caleta Vitor (18°50'S), mientras que la banda costera (1-10 mn) exhibió temperaturas inferiores a 18°C, las que frente a Mejillones, donde se registró el mínimo de 14,9°C, se extendieron hasta las 40 mn (Figura 2A).

La distribución vertical mostró las altas temperaturas (>20°C) restringidas al estrato superficial (0-10 m) y al sector entre las 20 y 40 mn, excepto frente a Mejillones (23°00'S) donde predominaron valores inferiores a 18°C. En todas las localidades se observó el ascenso de las isotermas en la costa (1-5 mn), evidenciando la influencia de los eventos de surgencia (Figura 3-panel izquierdo). De manera concordante, la isoterma de 15°C se localizó a menos de 15 m entre 1 y 5 mn, profundizándose hacia el sector más oceánico, donde alcanzó un máximo de 44 m frente a caleta Vitor (18°50'S). Sólo en Mejillones (23°00'S) ésta se mantuvo a menos de 20 m entre la costa y las 40 mn (Figura 6A).

Salinidad

La salinidad superficial fluctuó entre 34,23 y 35,26 ups. La distribución horizontal mostró la presencia de aguas con salinidades superiores a 39,9 ups extendiéndose por las 40 mn desde Arica (18°25'S) hasta Chipana (21°20'S), detectándose la presencia de Agua Subtropical Superficial (ASS) (>35 ups) entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S). En este mismo sector, hacia la costa, predominaron valores cercanos a 38,5 ups que indican presencia de AESS, mientras que desde Chucumata (20°30'S) al sur la banda costera entre 1 y 10 mn se encontró influenciada por salinidades asociadas al ASAA, especialmente frente a Mejillones, donde se registró un valor de 34,56 ups a 40 mn (Figura 2B).

En la componente vertical, la influencia del ASS, entre Arica (18°25'S) y Chipana (21°20'S), se observó restringida a los primeros 10 m de profundidad y a las 40 mn. Bajo ésta, y hasta los 50 m aproximadamente, se registró el ingreso, desde la región oceánica del ASAA (<34,7), mientras que en los estratos más profundos, la columna de agua se encontró influenciada por una mezcla con el AESS (Figura 3-panel derecho).

Densidad

La densidad (σ-t) en superficie fluctuó entre 23,70 y 25,80. Concordantes con la temperatura y la salinidad, valores inferiores a 24,5 se encontraron asociados a la presencia del ASS a las 40 mn desde Arica (18°25'S) a Chipana (21°20'S). Entre 1 y 10 mn predominaron densidades superiores a 24,75, las que en Mejillones se extendieron hasta las 40 mn, registrándose en esta localidad el máximo (25,8) a 5 y 10 mn de la costa (Figura 2C).

La distribución vertical mostró la presencia del ASS (<25,7), entre las 20 y 40 mn desde Arica (18°250S) hasta Chipana (21°20'S), en el estrato entre la superficie y los 25 m de profundidad. A partir de los 50 m predominaron densidades mayores a 26 que alcanzaron magnitudes de 26,54 bajo los 150 m de profundidad, producto de la mezcla del ASAA y AESS (Figura 4-panel izquierdo).

Diagramas T-S

El diagrama T-S global mostró la presencia de las tres masas de agua en la zona: Subtropical Superficial (ASS), Subantártica (ASAA) y Ecuatorial Subsuperficial (AESS), observándose una predominancia del ASAA que exhibió una mezcla con el ASS en los estratos más someros (25-50 m) y con el AESS hasta aproximadamente los 150 m de profundidad, encontrándose ésta última cerca de los 200 m. (Figura 5-panel superior). En el área Norte (18°25'S-19°40'S) la distribución de las masas de agua mostró un patrón similar al cuadro global, mientras en las áreas Centro (20°30'S-21°20'S) y Sur ASS (22°10'S-23°00'S) se detectó una mayor influencia del ASAA (Figura 5-panel inferior).

Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto en superficie presentó valores extremos de 2,3 y 6,8 mL/L. La distribución mostró el predominio de valores superiores a 5,5 mL O_2/L en toda el área, extendiéndose entre la costa (1 mn) y las 40 mn. A lo largo de la franja costera (1-5 mn) se observaron dos focos de baja concentración (<4,0 mL O_2/L), el primero, que correspondió al mínimo registrado (2,3 mL O_2/L), se localizó frente a punta Junín (19°40'S) a 5 mn, y el segundó se detectó en Mejillones (23°00'S) con valores cercanos a 3,5 mL O_2/L entre 5 y 10 mn de la costa (Figura 2D).

En la componente vertical, todas las localidades mostraron el ascenso de las oxilíneas en la costa (1 mn), observándose una profundización del estrato oxigenado (>4,0 mL O_2/L) hacia el sector más oceánico, que alcanzó cerca de los 40 m de profundidad desde Chipana (21°20'S) al sur. Concordante con lo anterior, la posición del LS_ZMO fue inferior a los 20 m en la franja entre 1 y 5 mn, excepto en Mejillones (23°00'S) donde se extendió hasta 20 mn de la costa (Figura 6B).

Transporte de Ekman (TEk)

En todas las localidades el TEk reveló la ocurrencia de procesos de surgencia, con los mayores valores (>1.000 m3/s/km) entre las 17:00 y las 23:00 horas. Durante los días previos a la realización del crucero (22-24 de enero) se observaron rangos máximos entre 1.500 y 2.000 m^3/s/km, que revelaron altas intensidades de afloramiento (Figura 7).

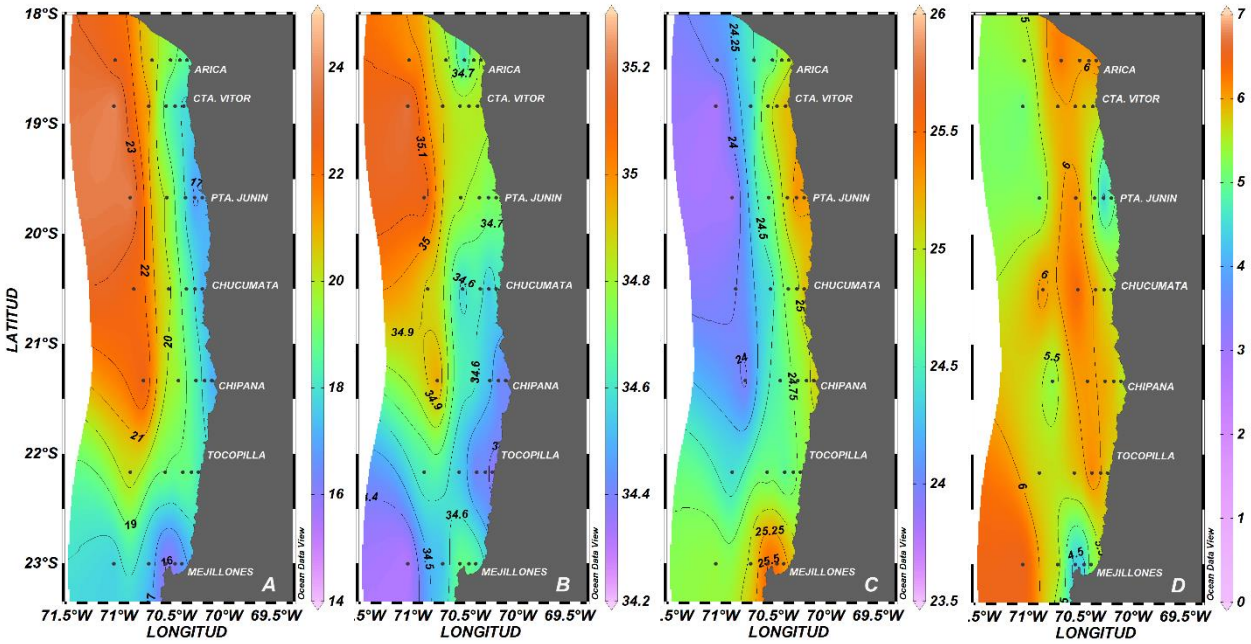

Figura 2. Distribución superficial de A: Temperatura (°C), B: Salinidad (ups), C: Densidad (σ-t) y D: Oxígeno disuelto (mL/L), entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

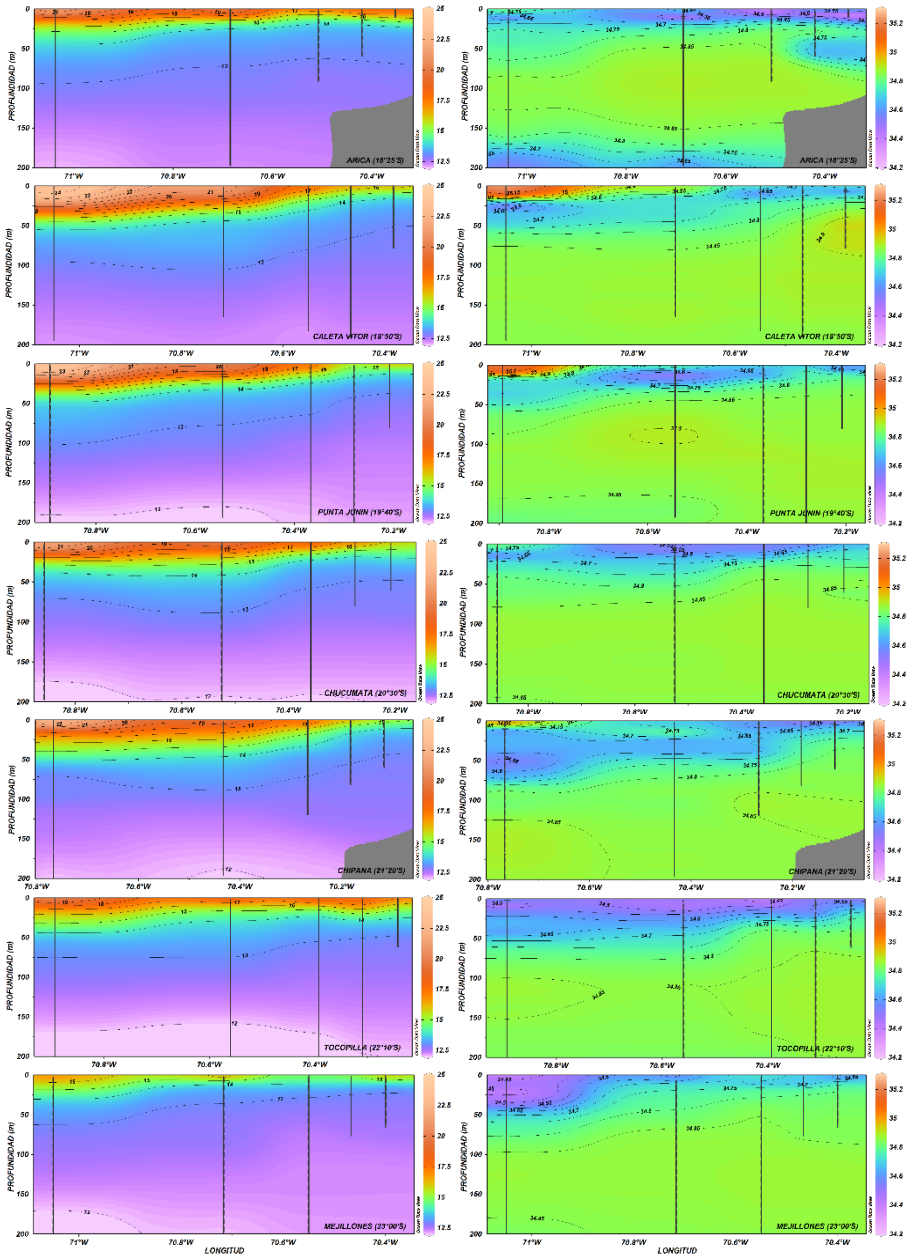

Figura 3. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y Salinidad (ups) (panel derecho), entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

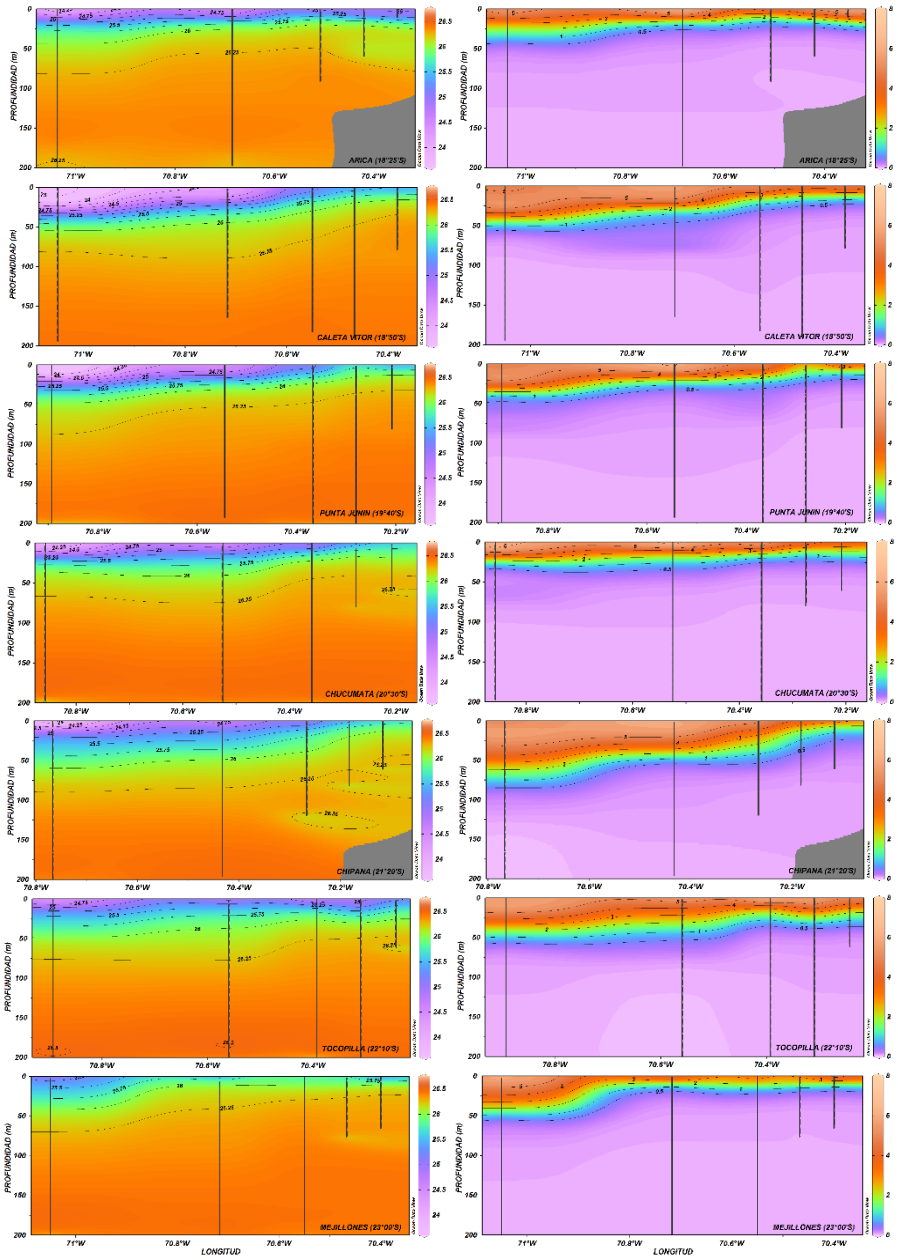

Figura 4. Secciones verticales de Densidad (σ-t) (panel izquierdo) y Oxígeno Disuelto (mL/L) (panel derecho), entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

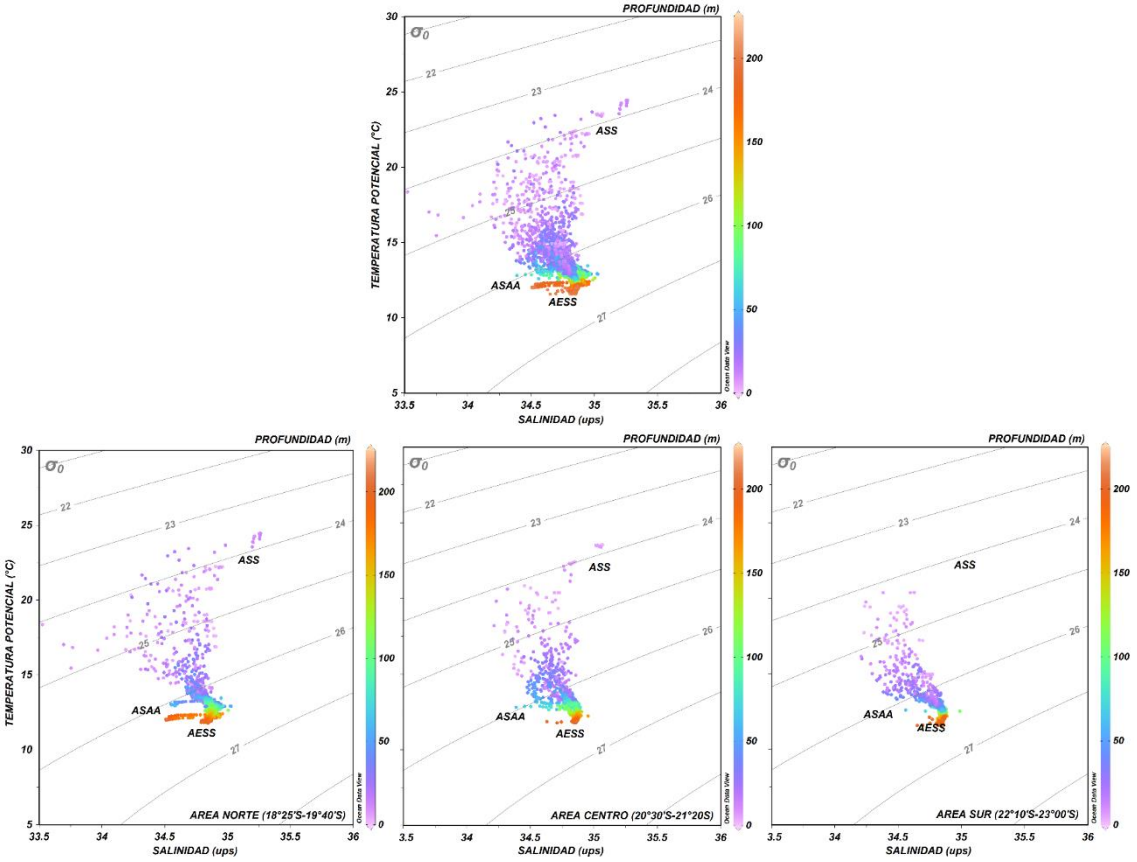

Figura 5. Diagramas Temperatura-Salinidad (T-S) para la zona entre Arica (18°25’S) y Mejillones (23°00’S) (panel superior) y para las áreas Norte (18°25’S-19°40’S), Centro (20°30’S-21°20’S) y Sur (22°10’S-23°00’S) (panel inferior), entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

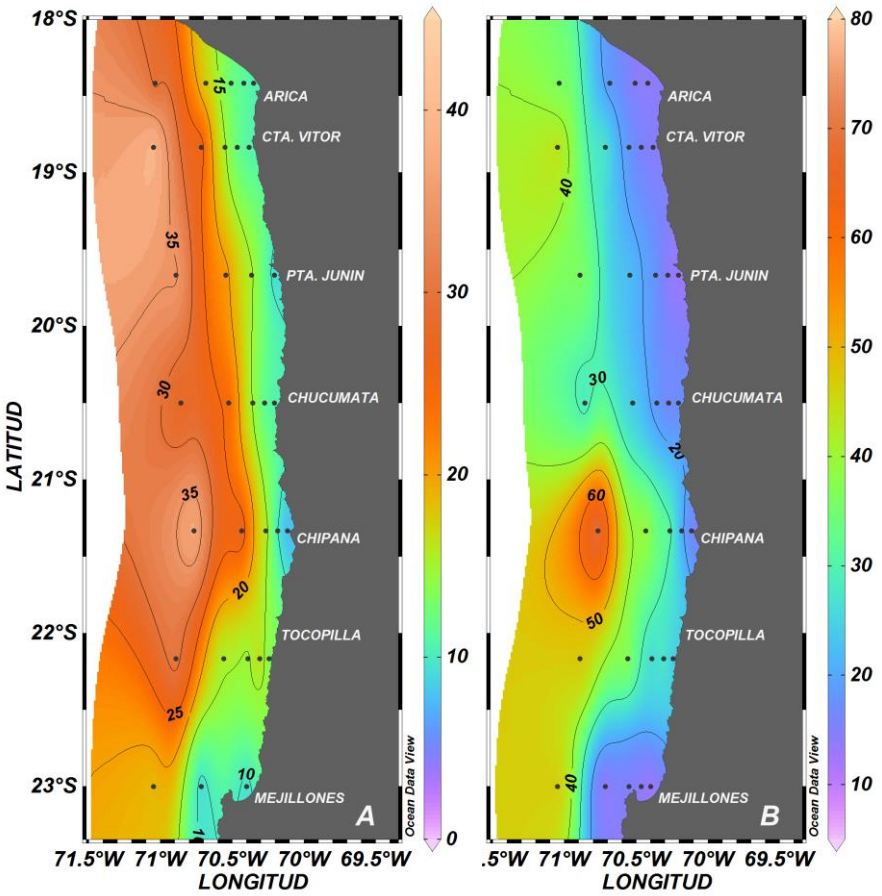

Figura 6. A: Profundidad de la isoterma de 15°C (m) y B: profundidad del LS_ZMO (m) (panel-derecho) entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

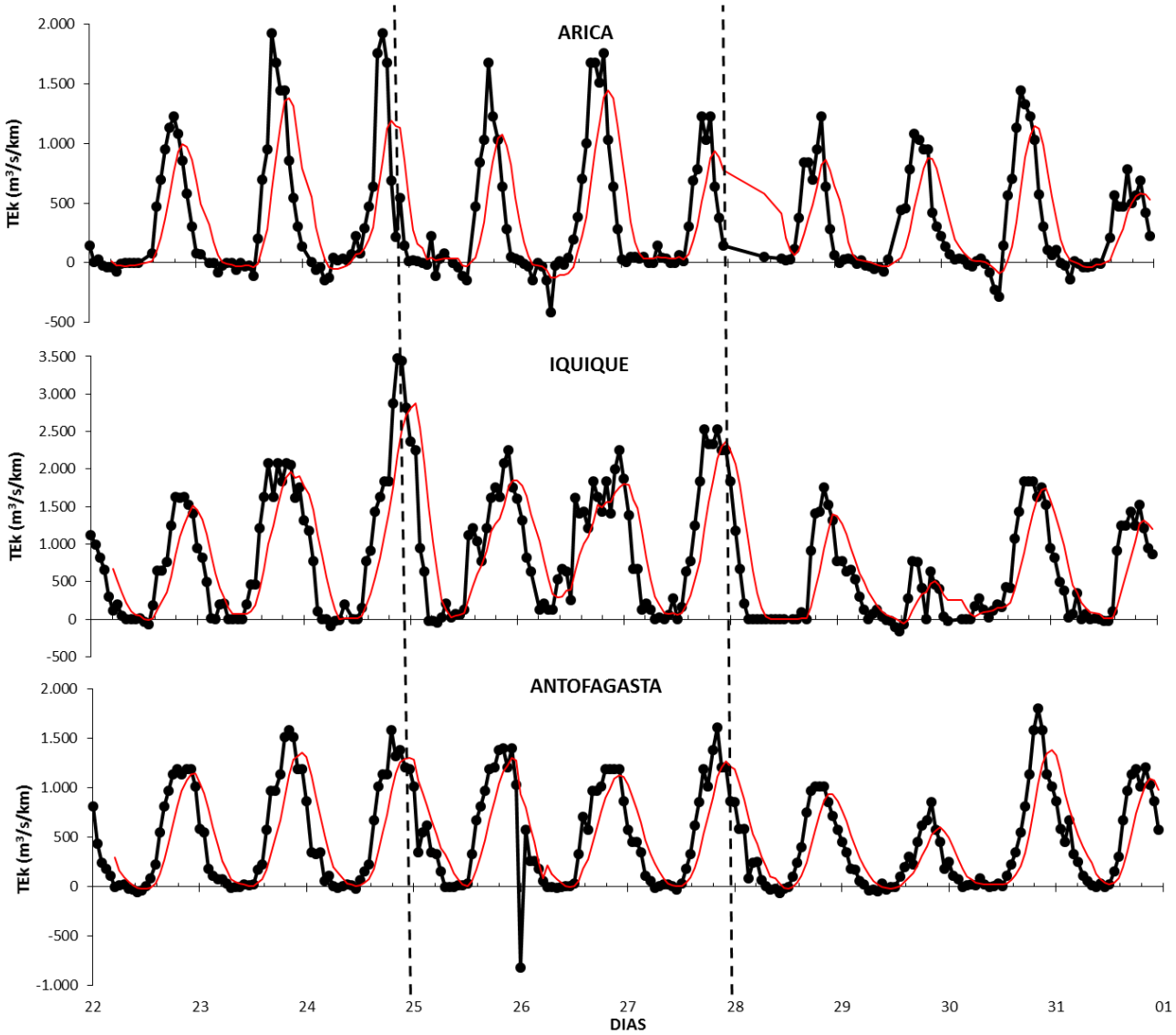

Figura 7. Transporte Ekman diario ($m^3/s/km$) en Arica, Iquique y Antofagasta, entre los días 22 de y 31 de enero de 2018 (entre líneas punteadas los días de realización del crucero).

Estructura de la Comunidad Planctónica

Fitoplancton

La abundancia total del microfitoplancton fluctuó entre 0,1 y 1.628,4 cél/mL. Los valores integrados entre la superficie y los 25 m de profundidad, mostraron concentraciones superiores a 300 cél/m^3 a lo largo de toda la franja costera (1-10 mn), con máximos sobre 500 cél/mL en Arica (18°25'S), Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°00'S). Estos valores coincidieron con las mayores concentraciones de las diatomeas, grupo que aportó con más del 80% a la abundancia total en la mayoría de las estaciones. Sin embargo, los flagelados en punta Junín (19°40'S), Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°00'S) exhibieron valores similares, contribuyendo con casi el 50% al total en esas localidades (Tabla 1).

Respecto de la distribución horizontal, las diatomeas mostraron, entre la superficie y los 10 m de profundidad, altas concentraciones (>500 cél/mL) al norte y sur del área. En el norte se detectó un foco entre Arica (18°25'S) y caleta Vitor (18°50'S), que alcanzó un máximo de 1.618,0 cél/mL a los 10 m y a 1 mn frente a caleta Vitor (18°50'S). Al sur, entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S), se registraron máximos cercanos a 1.000 cél/mL a los 5 m de profundidad, que se ubicaron a 10 y 40 mn de la costa respectivamente (Figura 8). A 25 m el foco del norte se mantuvo con valores cercanos a 100 cél/mL y a 50 m predominaron abundancias inferiores a 10 cél/mL en toda el área (Figura 9). En la distribución vertical se observaron los núcleos principales, de carácter subsuperficial, en Arica (18°25'S) y caleta Vitor (18°50'S), los cuales se extendieron hasta las 10 mn de la costa y, en profundidad, hasta los 25 m con abundancias superiores a 100 cél/mL. En Tocopilla (22°10'S), un foco de 1.100 cél/mL se restringió a las 10 mn, abarcando los primeros 10 m de la columna de agua con abundancias superiores a 400 cél/mL, mientras que en Mejillones (23°00'S), se registraron concentraciones mayores a 200 cél/mL a lo largo de toda la transecta. En punta Junín (19°40'S), Chucumata (20°30'S) y Chipana (21°20'S), las diatomeas escasamente superaron las 500 cél/mL y se registraron pequeños focos subsuperficiales restringidos a las 10 mn y a los primeros 5 m de profundidad (Figura 12-panel izquierdo).

La distribución horizontal de la abundancia de los microflagelados entre la superficie y los 10 m de profundidad, exhibió focos de alta concentración (>100 cél/mL) entre punta Junín (19°40'S) y Chucumata (20°30'S) y en Mejillones (23°00'S). El más importante fue el localizado entre punta Junín (19°40'S) y Chucumata (20°30'S), donde el grupo alcanzó abundancias superiores a 1.000 cél/mL entre los 5 y 10 m de profundidad a 1 mn de la costa, y que a nivel superficial se extendió hasta las 20 mn. En Mejillones se observó un máximo de 929,6 cél/mL a 1 mn y a 10 m de profundidad, y a nivel superficial el foco se registró entre 20 y 40 mn donde los valores estuvieron alrededor de las 250 cél/mL (Figura 10). A 25 m el foco de Chucumata (20°30'S) se mantuvo con 145,0 cél/mL, y a 50 m las abundancias descendieron de 1,0 cél/mL (Figura 11). Las secciones verticales mostraron el predominio

de abundancias inferiores a 10 cél/mL en toda la columna de agua, excepto en Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°00'S). En Chucumata (20°30'S) un máximo de 1.466,0 cél/mL se localizó a 10 m, extendiéndose con abundancias superiores a 400 cél/mL hasta las 20 mn por la superficie, y en profundidad, se observaron valores mayores a 200 cél/mL hasta los 25 m. En Mejillones, un núcleo de 929,6 cél/mL se restringió a la costa (1mn) y a los 10 m de profundidad, mientras que hacia la región más oceánica (20-40 mn) predominaron en superficie valores cercanos a 250 cél/mL (Figura 12-panel derecho).

Al analizar la composición específica, se identificó un total de 122 especies microfitoplanctónicas, de las cuales 58 fueron diatomeas y 64 flagelados. La especie más importante fue *Leptocylindrus danicus*, que se distribuyó en toda la zona y fue responsable de las abundancias registradas en la zona sur, realizando aporte superiores al 50% entre Chucumata (20°30'S) al sur. En el sector norte destacó, además, *Thalassiosira minuscula* que realizó la mayor contribución en caleta Vitor (18°50'S) (Tabla 2). Entre los microflagelados el dinoflagelado *Prorocentrum gracile* exhibió las mayores abundancias, con proliferaciones casi mono-específicas en Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°00'S), (Tabla 3).

La biomasa fitoplanctónica fluctuó entre 0,02 y 47,1 µg Cl-a/L. Los valores integrados entre la superficie y los 25 m de profundidad, mostraron concentraciones superiores a 10,0 µg Cl-a/m^3 a lo largo de toda la franja de 1 mn, destacando punta Junín (19°40'S), Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°00'S) con las mayores concentraciones (>15,0 µg Cl-a/L) (Tabla 4).

La distribución horizontal entre la superficie y los 5 m de profundidad, se caracterizó por la presencia de dos focos de altos valores. El primero se detectó entre punta Junín (19°40'S) y Chucumata (20°30'S), donde se registró un máximo de 37,6 µg Cl-a/L frente a punta Junín (19°40'S) a 5 m de profundidad y a 5 mn de la costa, y el segundo se localizó frente a Mejillones (23°00'S) donde la biomasa alcanzó los 16,5 µg Cl-a/L a 5 m y a 1 mn. A 10 m de profundidad, toda la franja de 1 mn mostró valores superiores a 20,0 µg Cl-a/L, observándose la máxima biomasa (47,1 µg Cl-a/L) frente a punta Junín (19°40'S) (Figura 13). A 25 m de profundidad, focos superiores a 5,0 µg Cl-a/L se detectaron entre 20 y 40 mn en Arica (18°25'S) y Mejillones (23°00'S), mientras que en el resto del área se restringieron a la costa (1 mn), con un máximo de 19,6 µg Cl-a/L frente a Tocopilla (22°10'S). En el estrato de los 50 m predominaron biomasas inferiores a 1,0 µg Cl-a/L (Figura 14).

En la componente vertical, todas las secciones mostraron la presencia de un foco de alta concentración (>20 µg Cl-a/L) localizado a 10 m y a 1 mn de la costa. En punta Junín (19°40'S) la máxima biomasa (47,1 µg Cl-a/L) se mantuvo restringida a la costa (1 mn), mientras que en las otras localidades, los focos se extendieron hacia las 5 mn de la costa con valores superiores a 10,0 µg Cl-a/L, y hasta los 25 m de profundidad donde se detectaron concentraciones cercanas a 5,0 µg Cl-a/L (Figura 15).

Tabla 1. Abundancia fitoplanctónica integrada (cél/m^3) entre la superficie y los 25 m de profundidad y aporte porcentual (%) de diatomeas (DIATO) y microflagelados (M_FLAGE), entre los días 25 y 28 de enero de 2018. MF_TOTAL: microfitoplancton total, DC: distancia de la costa (mn).

LOCALIDAD	DC (mn)	MF_TOTAL	DIATO	M_FLAGE	%DIATO	%M_FLAGE
Arica (18°25'S)	1	885,9	875,5	10,4	98,8	1,2
	5	708,9	695,3	13,6	98,1	1,9
	10	307,7	336,5	4,6	109,3	1,5
	20	192,4	183,4	9,0	95,3	4,7
	40	63,1	54,6	8,6	86,4	13,6
Caleta Vitor (18°50'S)	1	790,1	782,6	7,4	99,1	0,9
	5	433,9	429,6	4,3	99,0	1,0
	10	315,3	313,0	2,3	99,3	0,7
	20	31,2	28,8	2,4	92,2	7,8
	40	3,3	1,8	1,6	52,4	47,6
Punta Junín (19°40'S)	1	277,0	112,5	164,5	40,6	59,4
	5	317,4	216,2	101,2	68,1	31,9
	10	311,5	111,8	199,7	35,9	64,1
	20	165,2	115,7	78,8	70,0	47,7
	40	4,0	3,1	1,0	75,8	24,2
Chucumata (20°30'S)	1	927,2	8,4	918,8	0,9	99,1
	5	326,2	190,1	136,1	58,3	41,7
	10	453,3	322,6	130,6	71,2	28,8
	20	389,9	154,4	235,5	39,6	60,4
	40	54,9	41,6	13,3	75,8	24,2
Chipana (21°20'S)	1	132,7	79,7	53,0	60,1	39,9
	5	120,6	103,3	17,2	85,7	14,3
	10	147,2	144,7	2,5	98,3	1,7
	20	22,5	19,2	3,3	85,4	14,6
	40	3,7	2,5	1,2	66,7	33,3
Tocopilla (22°10'S)	1	80,3	61,6	18,8	76,6	23,4
	5	217,5	215,7	1,8	99,2	0,8
	10	590,1	586,0	4,0	99,3	0,7
	20	256,0	254,6	1,4	99,5	0,5
	40	2,5	1,8	0,7	71,0	29,0
Mejillones (23°00'S)	1	847,1	440,1	407,0	52,0	48,0
	5	426,0	328,8	97,2	77,2	22,8
	10	162,7	113,2	49,5	69,6	30,4
	20	146,0	118,4	27,6	81,1	18,9
	40	292,9	263,7	29,3	90,0	10,0

Tabla 2. Abundancia máxima (AM) (cél/mL) y aporte porcentual (AP) (%) de las especies y géneros de diatomeas que presentaron las mayores concentraciones celulares entre los días 25 y 28 de enero de 2018. *Ldanicus*: *Leptocylindrus danicus*, *Tminuscula*: *Thalassiosira minuscula*.

GRUPO	**LOCALIDAD**						
	Arica (18°25'S)	**Caleta Vitor (18°50'S)**	**Punta Junín (19°40'S)**	**Chucumata (20°30'S)**	**Chipana (21°20'S)**	**Tocopilla (22°10'S)**	**Mejillones (23°00'S)**
DIATOMEAS	**AM - AP**	**AM - AP**	**AM - AP**	**AM - AP**	**AM - AP**	**AM - AP**	**AM - AP**
Ldanicus	774,4 - 47,0	495,2 - 22,7	46,8 - 3,4	687,2 - 53,8	622,4 - 53,8	1.082,4 - 88,6	752,8 - 76,9
Tminuscula	794,4 - 25,6	1.400,0 - 39,1	345,6 - 51,5		49,6 - 7,7		

Tabla 3. Abundancia máxima (AM) (cél/mL) y aporte porcentual (AP) (%) de las especies y géneros de flagelados que presentaron las mayores concentraciones celulares entre los días 25 y 28 de enero de 2018. *Gspinifera*: *Gonyaulax spinifera*, *Pgracile*: *Prorocentrum gracile*.

GRUPO	**LOCALIDAD**						
	Arica (18°25'S)	**Caleta Vitor (18°50'S)**	**Punta Junín (19°40'S)**	**Chucumata (20°30'S)**	**Chipana (21°20'S)**	**Tocopilla (22°10'S)**	**Mejillones (23°00'S)**
FLAGELADOS	**AM - AP**	**AM - AP**	**AM - AP**	**AM - AP**	**AM - AP**	**AM - AP**	**AM - AP**
Ceratium sp.	11,8 - 23,9	6,8 - 20,0			38,4 - 15,0		
Gspinifera					69,6 - 32,3	6,8 - 11,0	
Gyrodinium sp.	4,2 - 17,5	6,8 - 32,7				1,5 - 5,2	
Pgracile	13,2 - 13,5		473,2 - 85,0	1.398,8 - 95,6	41,6 - 29,7	14,8 - 26,8	808,4 - 86,9

Tabla 4. Biomasa fitoplanctónica integrada (µg Cl-a/m^3) entre la superficie y los 25 m de profundidad, entre los días 25 y 28 de enero de 2018. DC: distancia de la costa (mn).

LOCALIDAD	DC (mn)	BF (µg Cl-a/m^3)
Arica (18°25'S)	1	9,0
	5	10,3
	10	3,8
	20	5,4
	40	2,8
Caleta Vitor (18°50'S)	1	12,3
	5	7,6
	10	7,4
	20	2,5
	40	0,4
Punta Junín (19°40'S)	1	20,9
	5	16,0
	10	7,5
	20	3,0
	40	0,5
Chucumata (20°30'S)	1	15,7
	5	6,4
	10	5,3
	20	3,2
	40	1,2
Chipana (21°20'S)	1	13,1
	5	3,1
	10	1,0
	20	1,2
	40	0,5
Tocopilla (22°10'S)	1	12,0
	5	3,1
	10	5,0
	20	1,7
	40	0,7
Mejillones (23°00'S)	1	15,0
	5	9,5
	10	6,6
	20	7,0
	40	1,3

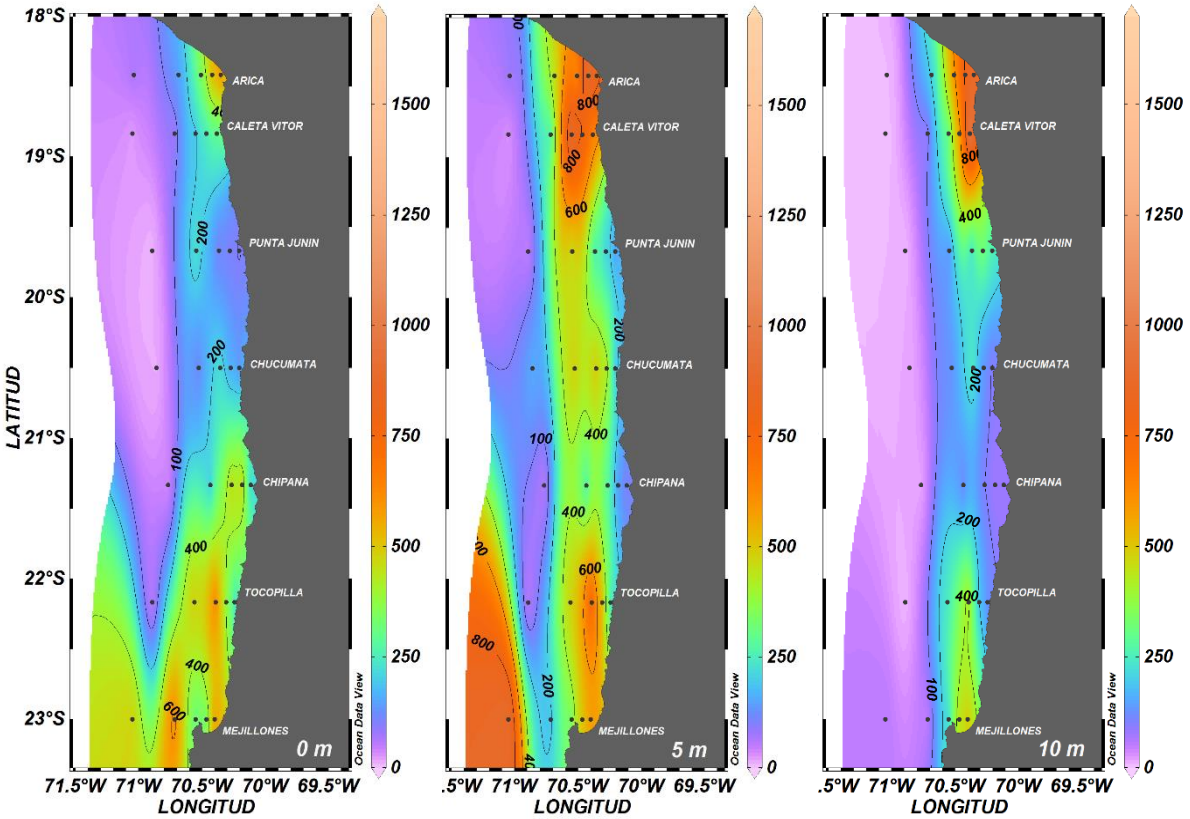

Figura 8. Distribución horizontal de la abundancia de diatomeas (cél/mL) en superficie, 5 m y 10 m de profundidad, entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

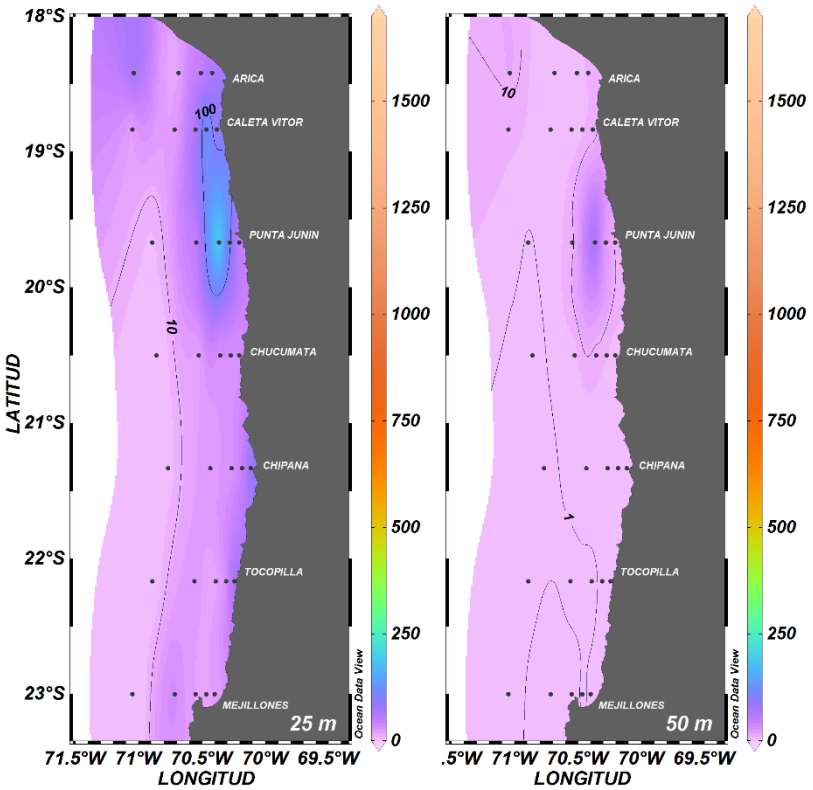

Figura 9. Distribución horizontal de la abundancia de diatomeas (cél/mL) a 25 m y 50 m de profundidad, entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

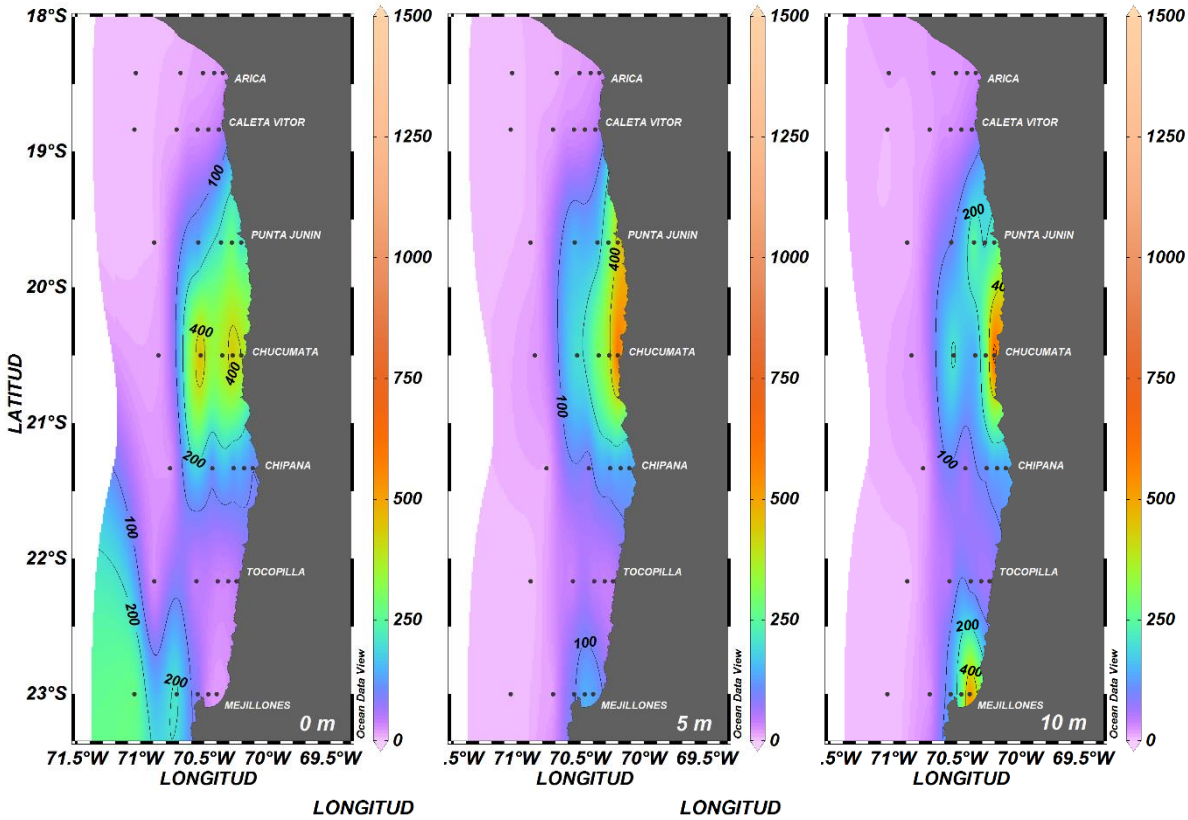

Figura 10. Distribución horizontal de la abundancia de microflagelados (cél/mL) en superficie, 5 m y 10 m de profundidad, entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

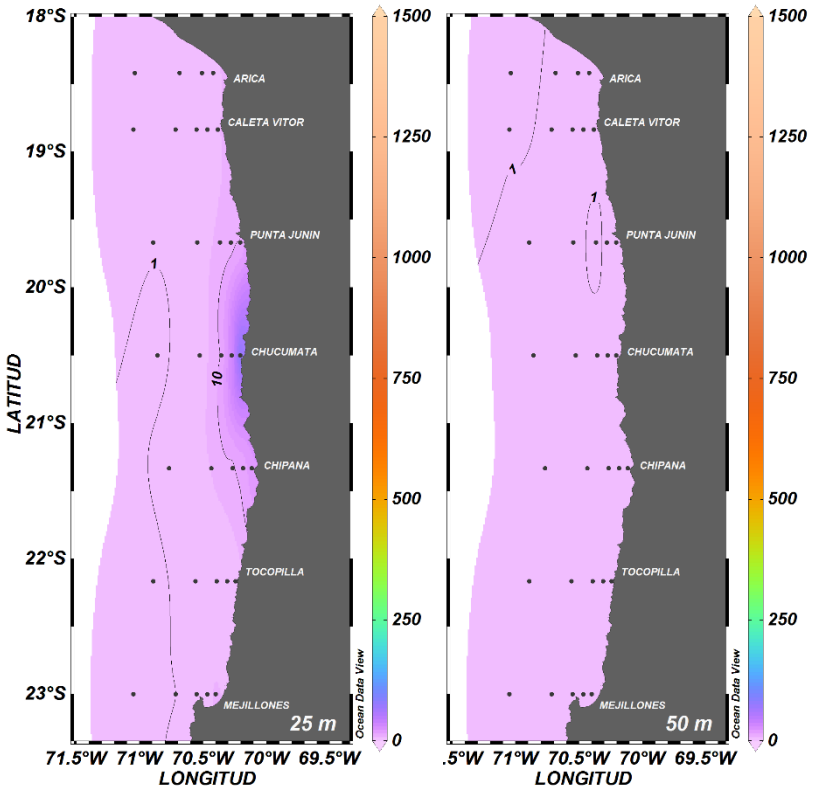

Figura 11. Distribución horizontal de la abundancia de microflagelados (cél/mL) a 25 m y 50 m de profundidad, entre los 25 y 28 de enero de 2018.

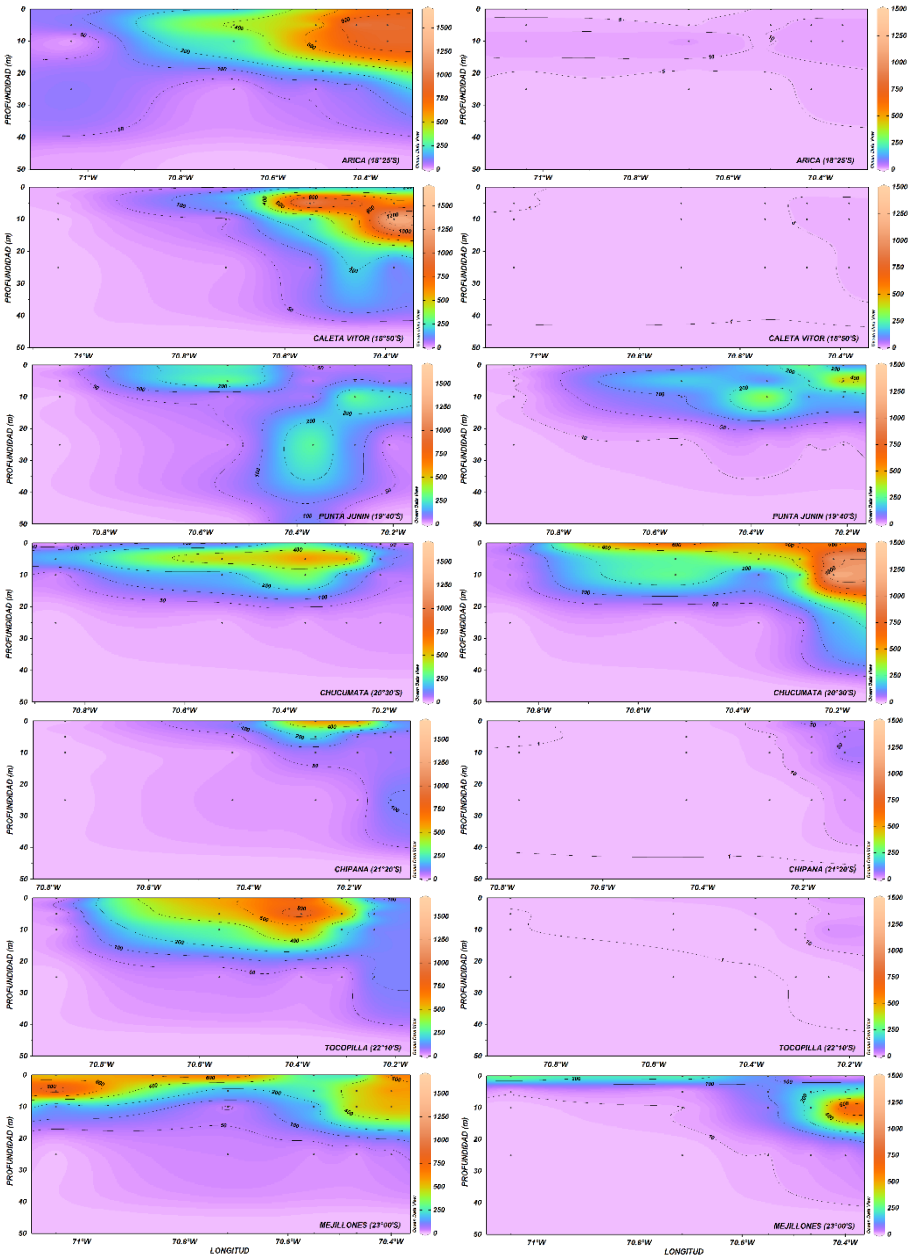

Figura 12. Secciones verticales de la abundancia (cél/mL) de diatomeas (panel-izquierdo) y microflagelados (panel-derecho), entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

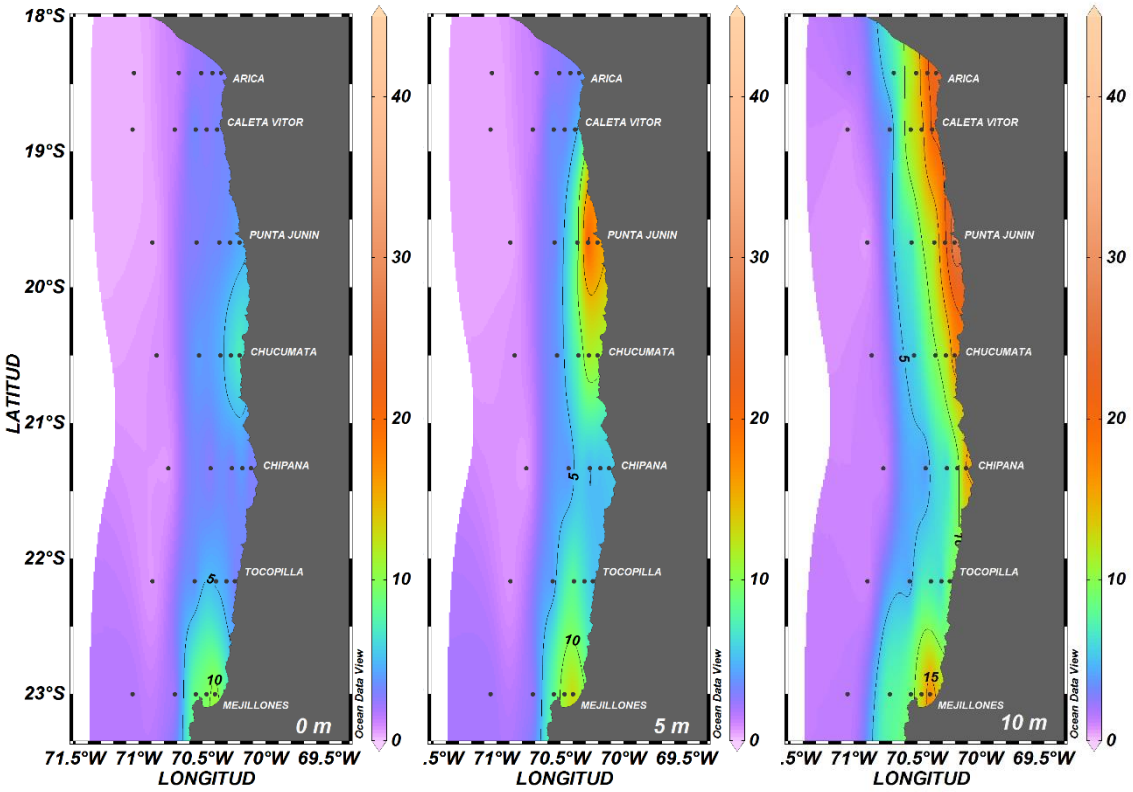

Figura 13. Distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) en superficie, 5 m y 10 m de profundidad, entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

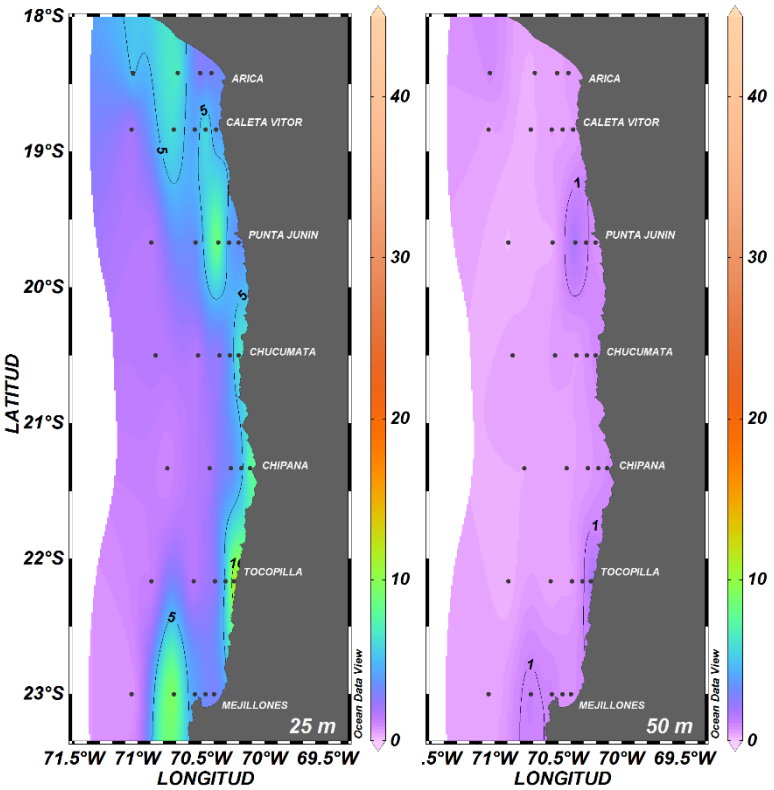

Figura 14. Distribución de la biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) a 25 m y 50 m de profundidad, entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

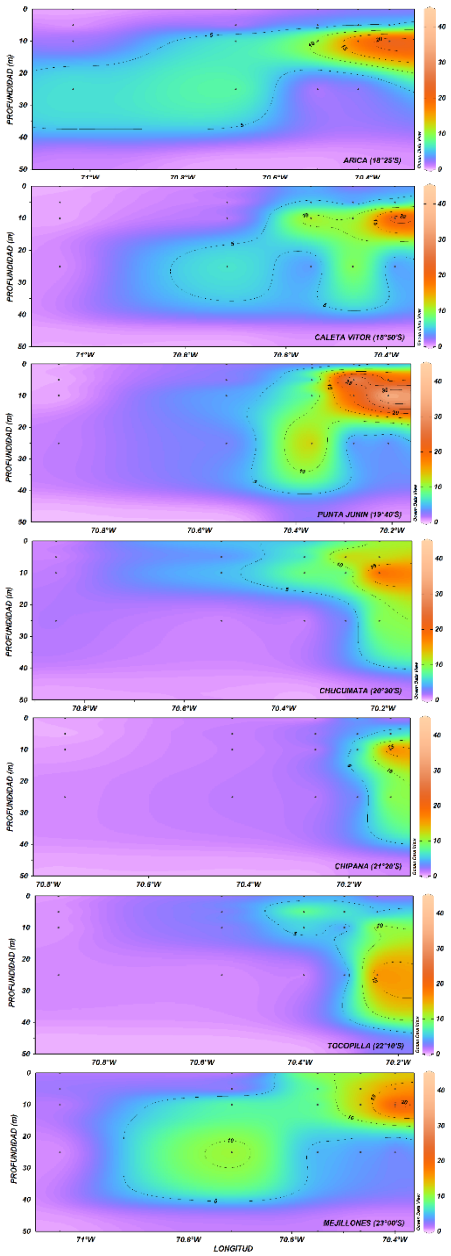

Figura 15. Secciones verticales de la biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L), entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

Zooplancton

La abundancia total de zooplancton fluctuó entre 35,7 y 437,4 ind/10 m^2. Valores superiores a 100 ind/10 m^2 se registraron en toda el área, distribuidos entre la costa (1 mn) y las 40 mn, especialmente en Mejillones (23°00'S) donde se registraron a lo largo de toda la transecta (Tabla 5).

Se identificaron 14 grupos zooplanctónicos. Copepoda fue el más abundante, con un máximo de 326,2 ind/10 m^2 y aportes porcentuales al total, que fluctuaron entre 66,0 y 95,9%. Los otros grupos exhibieron densidades uno o más órdenes de magnitud inferiores, entre los cuales destacaron las larvas de anélidos, con un máximo de 60,8 ind/10 m^2, y cnidarios, miscidáceos y salpas que alcanzaron abundancias máximas cercanas a 30 ind/10 m^2 (Tabla 6).

Respecto de los tamaños del zooplancton, se registraron individuos en el rango entre 0,25 y 11,75 mm. Todos los grupos estuvieron representados en la categoría entre 1,25 y 2,75 mm (Tabla 7), sin embargo, en términos de abundancia, la mayor cantidad se concentró en el rango 0,25-0,75 mm, con densidades que fluctuaron entre 34,7 y 389,6 ind/10 m^2 (Tabla 8). En esta categoría la abundancia máxima fue 389,6 ind/10 m^2 y los copépodos exhibieron contribuciones porcentuales entre 72,0 y 96,2%. En el rango 1,25-1,75 mm se registró un máximo de 42,2 ind/10 m^2, y las otras categorías escasamente superaron los 5,0 ind/10 m^2 (Tabla 8).

Respecto de la distribución horizontal, la abundancia total del zooplancton mostró densidades superiores a 100 ind/10 m^2 a lo largo de toda la franja costera (1-5 mn), las que se incrementaron y extendieron hasta las 20 y 40 mn entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) respectivamente, registrándose el máximo (437,4 ind/10 m^2) a 10 mn de la costa frente a Mejillones (23°00'S) (Figura 16A).

Dado que el grupo Copepoda aportó en promedio con el 81,9% a la abundancia total, la distribución exhibió el mismo patrón. Valores superiores a 100 ind/10 m^2 se restringieron al sector entre punta Junín (19°40'S) y Chucumata (20°30'S), y entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) se extendieron hasta las 20 mn, con el máximo (326,2 ind/10 m^2) a 10 mn en Mejillones (23°00'S). En el resto del área los valores fueron inferiores a 50 ind/10 m^2 (Figura 16B).

Lo mismo se observó al analizar la distribución de la abundancia del rango de tamaño entre 0,25-0,75 mm y de los copépodos pertenecientes a ésta. Las mayores densidades (>100 ind/10 m^2) se localizaron entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) hasta 20 mn de la costa, y los máximos de 389,6 y 319,0 ind/10 m^2 respectivamente, a 10 mn frente a Mejillones (23°00'S) (Figuras 17A y 17B).

Tabla 5. Abundancia total del zooplancton (ind/10 m^2) entre los días 25 y 28 de enero de 2018. DC: distancia de la costa (mn).

LOCALIDAD	DC (mn)	Abundancia Total (ind/10 m^2)
Arica (18°25'S)	1	44,3
	5	271,5
	10	41,0
	20	51,0
	40	50,5
Caleta Vitor (18°50'S)	1	47,5
	5	61,0
	10	115,0
	20	81,4
	40	75,3
Punta Junín (19°40'S)	1	71,4
	5	174,5
	10	120,8
	20	71,8
	40	46,2
Chucumata (20°30'S)	1	234,0
	5	35,7
	10	73,5
	20	157,6
	40	59,0
Chipana (21°20'S)	1	49,4
	5	43,7
	10	61,6
	20	42,3
	40	48,6
Tocopilla (22°10'S)	1	227,8
	5	91,1
	10	186,1
	20	170,2
	40	42,4
Mejillones (23°00'S)	1	331,6
	5	179,1
	10	437,4
	20	134,3
	40	100,6

Tabla 6. Abundancia de Copepoda (COP) (ind/10 m^2), de otros grupos zooplanctónicos (ind/10 m^2) y aporte porcentual de Copepoda (AP-COP) (%), entre los días 25 y 28 de enero de 2018. DC: distancia de la costa (mn). LAnn: larvas de Annelida, Cnida: Cnidaria, Mysci: Myscidacea, Sal: Salpas, OG: Otros grupos.

LOCALIDAD	DC (mn)	COP	LAnn	Cnida	Mysci	Sal	OG	AP-COP (%)
Arica (18°25'S)	1	30,4	8,6	0,1	1,4	0,6	3,2	68,6
	5	179,1	60,8	0,2	8,4	5,3	17,7	66,0
	10	37,2	2,0	0,2	0,4	0,4	0,8	90,7
	20	46,8	2,4	0,1	0,4	0,3	1,1	91,6
	40	44,4	4,2	0,0	0,2	0,5	1,1	88,0
Caleta Vitor (18°50'S)	1	41,6	2,8	0,1	0,8	1,7	0,5	87,6
	5	53,8	5,7		0,2	0,3	1,0	88,2
	10	104,8	8,0	0,1	0,7	0,2	1,2	91,1
	20	59,5	11,4	0,1	0,2	0,9	9,3	73,1
	40	51,8	9,6	0,5	1,2	4,7	7,7	68,7
Punta Junín (19°40'S)	1	62,9	2,5	0,1	2,2	3,0	0,7	88,1
	5	158,8	5,4	0,2	4,6	4,6	0,8	91,0
	10	104,3	3,2	1,2	4,2	6,5	1,6	86,3
	20	59,3	5,9	0,1	3,3	0,9	2,3	82,6
	40	34,0	3,0	0,6	1,6	1,7	5,3	73,5
Chucumata (20°30'S)	1	210,0	19,3	0,1	1,6	1,5	1,5	89,8
	5	32,8	1,1	0,0	0,5	0,7	0,6	91,8
	10	65,5	1,9	0,2	2,9	1,9	1,0	89,2
	20	130,7	7,1	0,6	12,1	3,6	3,6	82,9
	40	48,9	3,9	0,1	0,8	1,2	4,0	82,9
Chipana (21°20'S)	1	42,4	2,7	0,0	1,3	1,8	1,2	85,7
	5	37,8	2,7	0,1	0,5	0,5	2,0	86,6
	10	45,3	2,9	0,6	1,4	0,7	10,6	73,6
	20	30,2	2,2	0,5	0,5	2,4	6,5	71,3
	40	34,3	2,6	1,5	0,6	3,8	5,7	70,7
Tocopilla (22°10'S)	1	155,8	2,9	28,4	2,0	35,6	3,2	68,4
	5	87,3	3,1		0,1	0,1	0,5	95,9
	10	167,9	7,5	0,2	2,7	0,8	7,0	90,3
	20	131,1	6,4	1,2	3,6	3,6	24,3	77,0
	40	32,2	1,5	0,9	0,6	1,7	5,5	76,0
Mejillones (23°00'S)	1	292,5	14,7	0,9	8,3	11,3	3,9	88,2
	5	155,2	5,0	1,3	3,8	12,4	1,6	86,6
	10	326,2	31,0	4,0	37,1	20,3	18,9	74,6
	20	104,3	8,5	0,5	11,0	2,4	7,6	77,7
	40	71,1	6,5	1,6	4,6	1,3	15,5	70,7

Tabla 7. Abundancia relativa de los grupos zooplanctónicos por rango de tamaño (mm) entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

GRUPOS	RANGOS DE TAMAÑO (mm)				
	0,25-0,75	**1,25-1,75**	**2,25-2,75**	**3,25-3,75**	**4,25-11,75**
Anfipodos	2,0	3,2	2,1	0,7	0,6
Annelida		0,8	0,8	0,4	0,2
Appendicularia	52,4	3,2			
Copepoda	3183,9	70,5	5,9	0,8	0,3
Chaetognata	0,9	1,9	1,3	0,2	0,1
Cnidaria	10,9	24,7	6,9	2,1	1,4
Ctenoforos	0,6	11,3	6,6	1,9	1,4
Eufausiacea		0,0	0,8	1,0	2,2
Larva_annelida	256,3	12,6			
Megalopas		2,9	2,3	0,5	0,1
Mysidacea	50,1	73,3	2,3		
Salpas	112,7	26,1	0,2		
Sifonoforos	3,0	26,1	14,3	5,0	2,0
Stomatopoda		3,0	6,2	0,9	0,2
Zoeas	2,3	9,8	3,0	0,2	

Tabla 8. Abundancia zooplanctónica (ind/10 m^2) por rango de tamaño (mm) y aporte porcentual de Copepoda (AP-COP) (%) a la categoría 0,25-0,75 mm, entre los días 25 y 28 de enero de 2018. DC: distancia de la costa (mn).

LOCALIDAD	DC (mn)	RANGOS DE TAMAÑO (mm)					AP-COP (%)
		0,25-0,75	1,25-1,75	2,25-2,75	3,25-3,75	4,25-11,75	0,25-0,75
Arica (18°25'S)	1	38,2	3,7	1,3	0,6	0,2	74,9
	5	234,1	25,9	5,8	2,8	1,9	72,0
	10	39,9	0,6	0,2	0,0	0,1	92,7
	20	48,6	1,7	0,3	0,0	0,1	93,8
	40	49,0	1,1	0,2	0,1	0,0	90,1
Caleta Vitor (18°50'S)	1	46,7	0,7	0,1			88,7
	5	59,5	0,9	0,2	0,1	0,3	89,3
	10	112,3	2,0	0,2		0,2	92,2
	20	68,9	7,9	2,5	1,0	0,7	81,7
	40	64,9	7,5	1,7	0,8	0,2	77,5
Punta Junín (19°40'S)	1	70,3	0,9	0,0		0,0	89,2
	5	172,4	2,0	0,1	0,1		92,0
	10	116,8	3,3	0,5	0,1	0,0	89,0
	20	67,1	4,1	0,4		0,0	87,2
	40	38,9	5,8	0,9	0,3	0,2	80,9
Chucumata (20°30'S)	1	229,7	3,3	0,4		0,1	90,6
	5	35,2	0,3	0,1	0,1	0,0	92,8
	10	71,9	1,3	0,1	0,0	0,0	90,9
	20	146,0	9,8	1,4	0,1	0,0	89,0
	40	52,8	4,3	1,2	0,2	0,1	89,8
Chipana (21°20'S)	1	47,1	1,9	0,3	0,0	0,1	88,8
	5	40,1	2,9	0,4	0,0	0,1	90,9
	10	47,5	8,5	3,4	1,4	0,5	90,3
	20	34,7	5,4	1,7	0,2		82,9
	40	41,7	5,4	0,9	0,2		80,4
Tocopilla (22°10'S)	1	198,2	20,9	5,3	1,6	1,2	78,1
	5	90,6	0,3	0,1		0,1	96,2
	10	174,6	9,0	1,9		0,2	94,0
	20	122,8	36,5	8,6	1,7	0,5	89,5
	40	36,7	4,2	1,0	0,3	0,0	86,6
Mejillones (23°00'S)	1	321,0	8,9	1,1		0,3	90,4
	5	174,2	4,2	0,3		0,1	88,6
	10	389,6	42,2	3,3	0,2	0,2	81,9
	20	116,0	14,5	3,0	0,5	0,3	85,2
	40	77,2	17,5	4,1	1,2	0,5	81,3

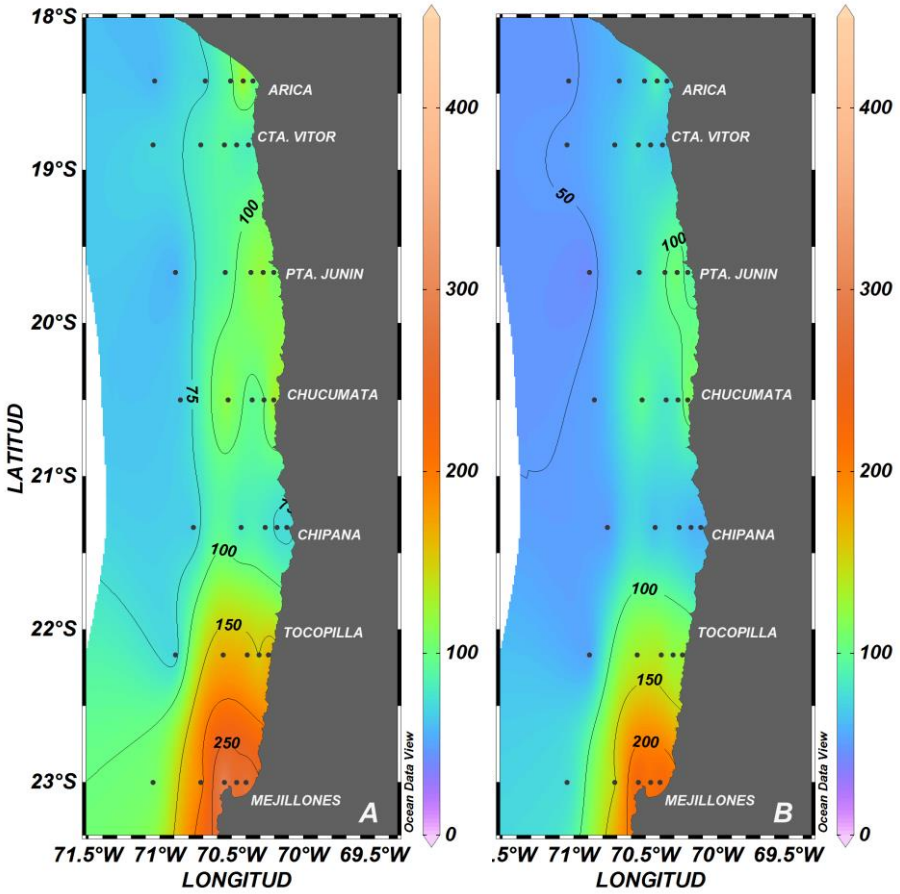

Figura 16. Distribución horizontal de la abundancia (ind/10 m^2) de A: zooplancton total y B: grupo Copepoda, entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

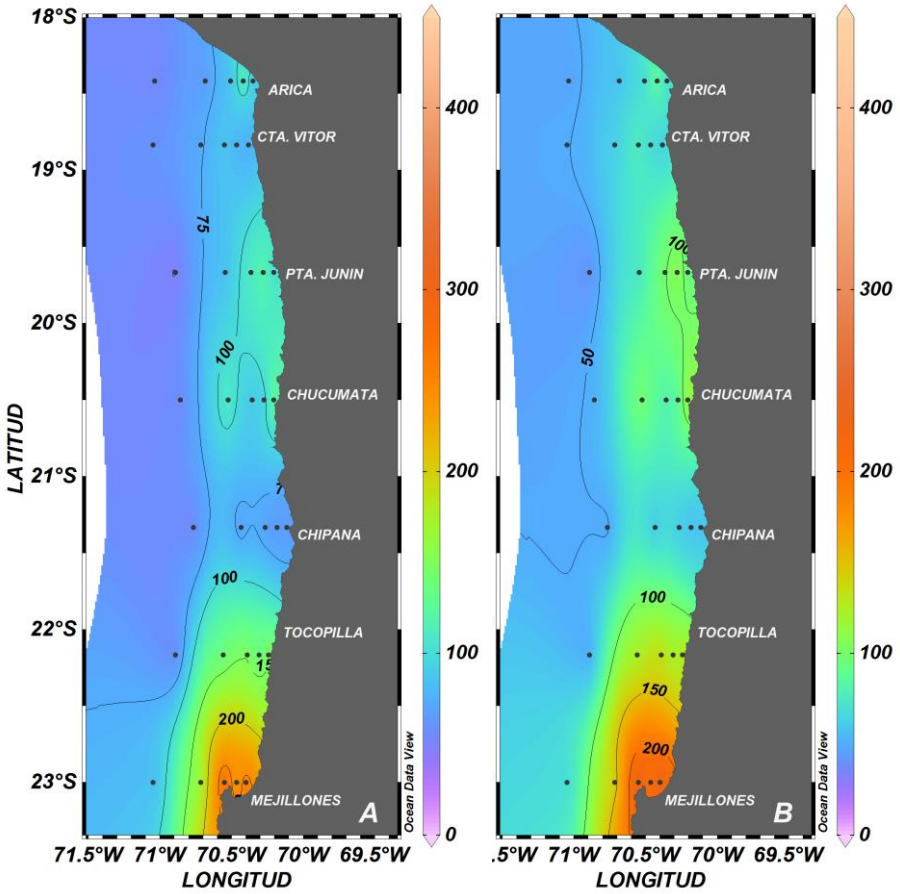

Figura 17. Distribución horizontal de la abundancia (ind/10 m^2) de A: zooplancton total y B: grupo Copepoda pertenecientes al rango de tamaño 0,25-0,75 mm, entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

Ictioplancton

Se registró un total de 97.345 huevos/10 m^2 y 13.811 larvas/10 m^2. A estos totales, los estadios tempranos de *Engraulis ringens* aportaron con un 94,8% y un 77,9% respectivamente (23°00'S) (Tabla 9).

Las larvas de anchoveta se encontraron en estado yolk-sac y pre-flexión. El más abundante fue el estado yolk-sac, con un total de 9.458 larvas/10 m^2, representando el 87,9% de la abundancia total de larvas de esta especie y el 68,5% de la abundancia total de larvas. Las larvas en pre-flexión sumaron un total de 1.307 larvas /10 m^2 con un aporte del 9,5% (Tabla 9).

En todas las localidades se registraron estadios tempranos de *Engraulis ringens*, los que se distribuyeron entre la costa (1 mn) y las 40 mn (Figura 18).

Las mayores densidades de huevos (>10.000 huevos/10 m^2) se observaron en Arica (18°25'S), donde se detectaron 18.503 huevos/10 m^2 a 40 mn de la costa, y en Mejillones (23°00'S) donde se presentó el máximo principal de 42.749 huevos/10 m^2 a 5 mn. En el resto del área, fluctuaron entre 1.000 y 5.000 huevos/10 m^2, y el sector entre caleta Vitor (18°50'S) y punta Junín (19°40'S) presentó las menores densidades (<500 huevos/10 m^2) (Figura 19).

Las larvas en estado yolk-sac exhibieron densidades superiores a 1.000 larvas/10 m^2 en Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y entre 20 y 40 mn. El máximo (3.972 larvas/10 m^2) se registró en punta Junín a 20 mn de la costa. En las otras localidades la densidad de larvas yolk-sac no superó las 1.000 larvas/10 m^2 (Figura 20-panel izquierdo). El estado pre-flexión presentó las mayores abundancias (>100 larvas/10 m^2) entre Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°00'S), y alcanzó un máximo de 577 larvas/10 m^2 a 5 mn de la costa frente a Chipana (21°20'S) (Figura 20-panel derecho).

Los huevos de otras especies se registraron en todas las localidades ocupando principalmente la zona entre 20 y 40 mn. Sus densidades, en general, no superaron los 1.000 huevos/10 m^2, excepto por un máximo de 1.287 huevos/10 m^2 registrado a 40 mn en Chucumata (20°30'S) (Figura 21-panel izquierdo). Por otra parte, las larvas se concentraron principalmente desde Chipana (21°00'S) al sur, exhibiendo una densidad máxima de 808 larvas/10 m^2 a 20 mn en Chipana (21°20'S) (Figura 21-panel derecho).

Tabla 9. Abundancia de huevos y larvas (N°/10 m^2) de anchoveta (*Engraulis ringens*) y de otras especies, entre los días 25 y 28 de enero de 2018. Larvas Y-S: larvas en estado yolk-sac, Larvas Pre-F: larvas en estado de pre-flexión. DC: distancia de la costa (mn).

Localidad	DC (mn)	*Engraulis ringens*			Otras Especies		Totales	
		Huevos	Larvas Y-S	Larvas Pre-F	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
Arica (18°25'S)	1	327	65		457		784	65
	5	1.544					1.544	
	10	7.249	159				7.249	159
	20	61	1.347				61	1.347
	40	18.503	1.456		514		19.017	1.456
Caleta Vitor (18°50'S)	1							
	5	66					66	
	10	379					379	
	20	456			261	456	717	456
	40				497	71	497	71
Punta Junín (19°40'S)	1							
	5				71		71	
	10	86					86	
	20		3.972					3.972
	40			72	722	361	722	433
Chucumata (20°30'S)	1							
	5	66	133				66	133
	10	4.171	918				4.171	918
	20		258	430	86		86	687
	40				1.287		1.287	
Chipana (21°20'S)	1	2.571					2.571	
	5	5.405	144	577		72	5.405	793
	10		244			183		426
	20	1.536			242	808	1.778	808
	40				161	161	161	161
Tocopilla (22°10'S)	1	78					78	
	5	1.535	67				1.535	67
	10	3.171					3.171	
	20		67		67	67	67	134
	40				435	174	435	174
Mejillones (23°00'S)	1	205	358				205	358
	5	1.877	67		134	67	2.011	134
	10	42.749			69		42.818	
	20	241		161		80	241	241
	40		204	68	68	545	68	817
TOTAL		92.274	9.458	1.307	5.072	3.046	97.345	13.811
AP (%)		94,8	68,5	9,5	5,2	22,1		

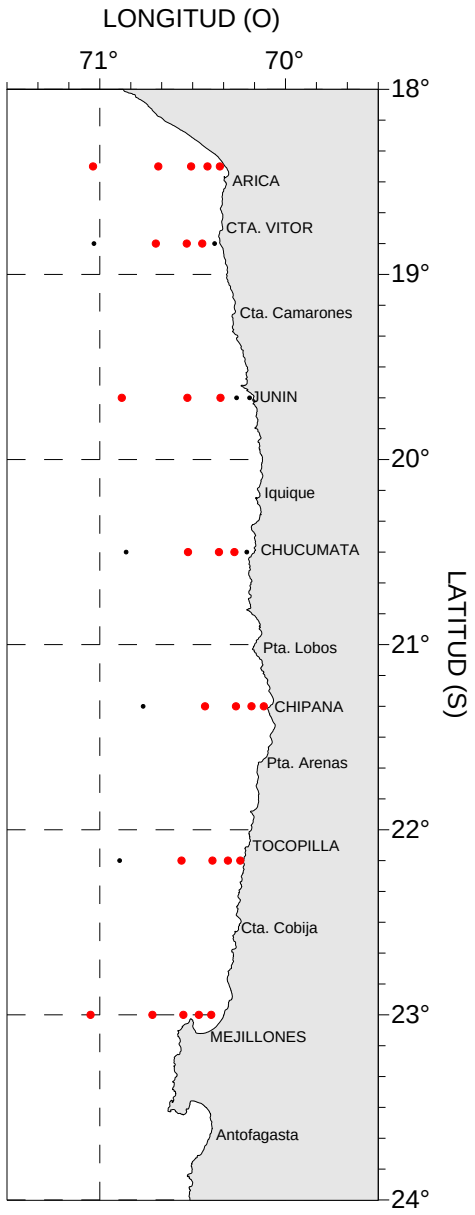

Figura 18. Estaciones positivas (círculos rojos) para la presencia de huevos y larvas de *Engraulis ringens* entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

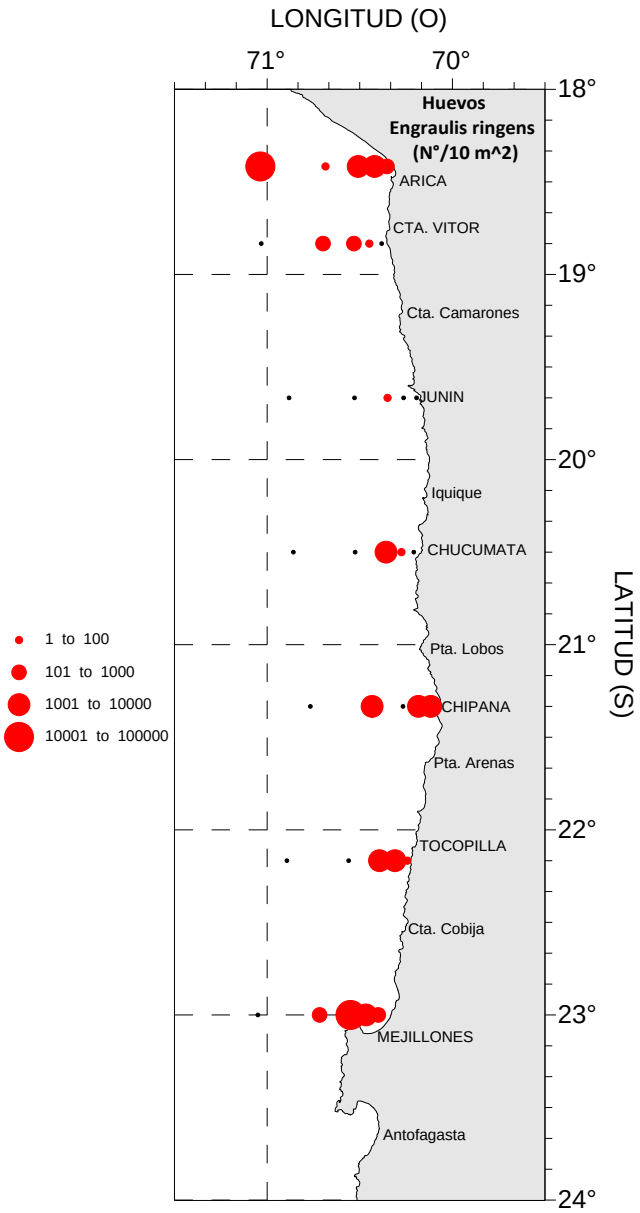

Figura 19. Distribución de la abundancia de huevos (N°/10 m^2) de *Engraulis ringens* entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

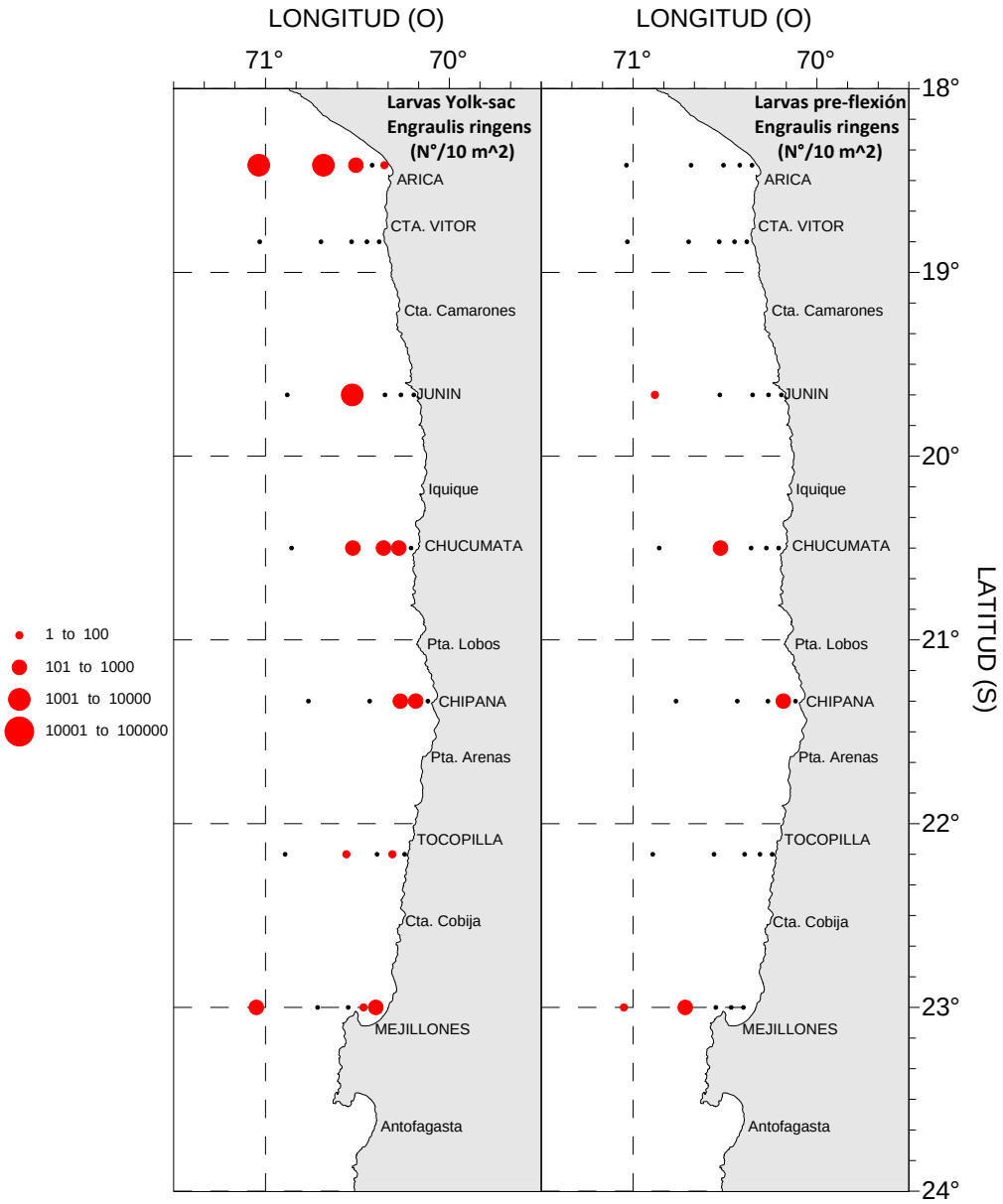

Figura 20. Distribución de la abundancia de larvas (N°/10 m^2) de *Engraulis ringens* en estado yolk-sac (panel izquierdo) y pre-flexión (panel derecho) entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

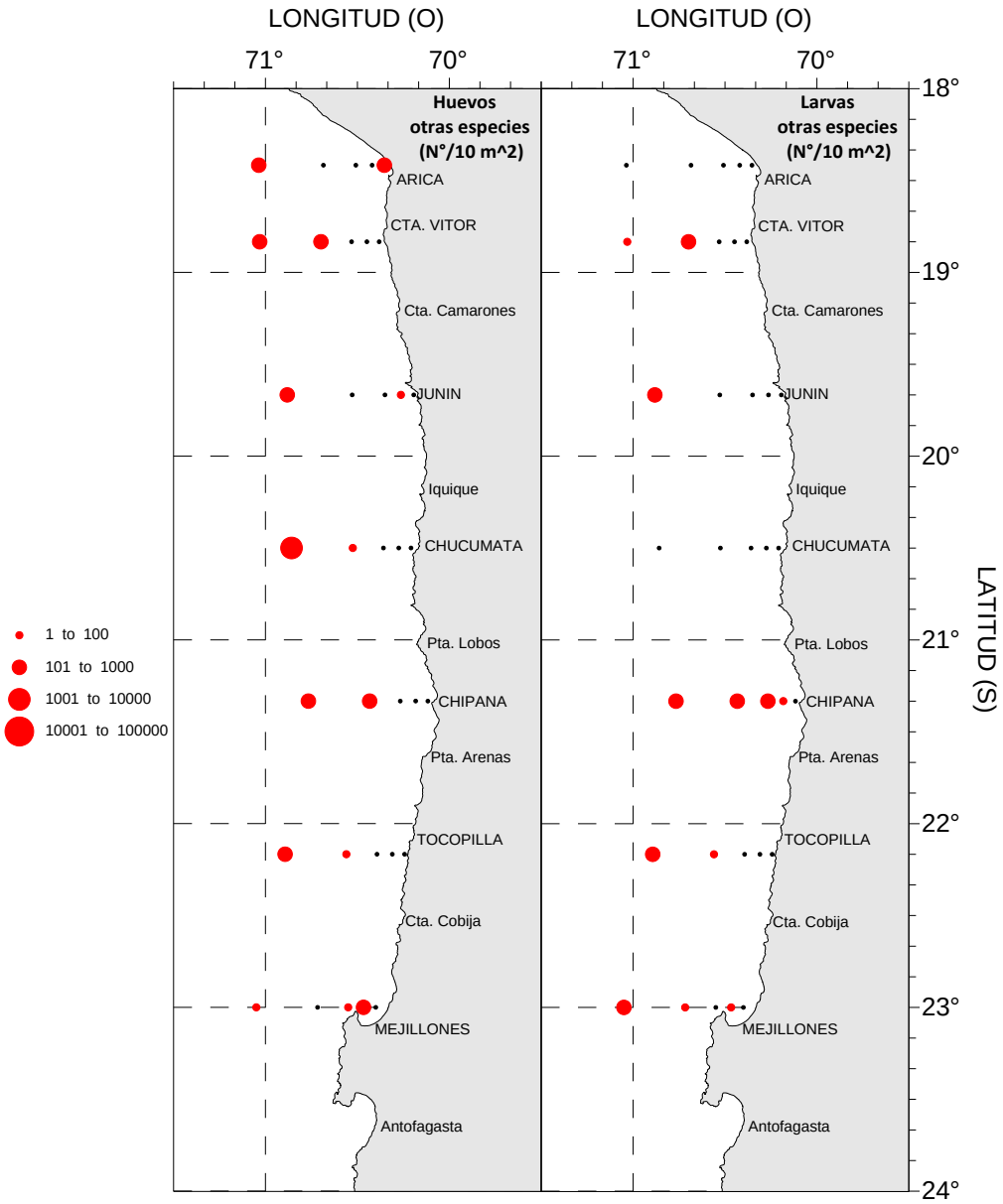

Figura 21. Distribución horizontal de la abundancia (N°/10 m^2) de huevos (panel izquierdo) y larvas (panel derecho) de otras especies, entre los días 25 y 28 de enero de 2018.

Análisis Estadístico

El análisis de correlación entre la abundancia de huevos de anchoveta y las variables físicas, químicas y biológicas, reveló asociaciones significativas con la temperatura ($r=0,48$, $p<0,01$), la biomasa fitoplanctónica ($r=0,62$, $p<0,01$) y la abundancia de nanoflagelados ($r=0,44$, $p<0,01$) (Figura 22), mientras que la abundancia de las larvas sólo se correlacionó significativamente con la biomasa fitoplanctónica ($r=0,55$, $p<0,01$) (Figura 23).

El análisis comparativo global entre las variables registradas durante los veranos de 2015, 2016, 2017 y 2018, mostró diferencias estadísticamente significativas entre la temperatura y la salinidad, y entre los componentes biológicos abundancia de diatomeas, de microflagelados, biomasa fitoplanctónica, abundancia de zooplancton y de larvas de anchoveta (Tabla 10). Las diferencias en la temperatura y salinidad se debieron a que el verano de 2018 ha resultado ser el más frío y con la menor salinidad (Tabla 11, Figura 24). Respecto del componente biológico, durante 2018 se registraron las mayores abundancias de diatomeas y de microflagelados, mientras que la biomasa fitoplanctónica fue superior a 2015, pero levemente inferior a 2016 y 2017. Las diferencias en la abundancia de zooplancton no se debieron al verano de 2018, y las densidades de larvas este año superaron a las de 2015 y 2016, siendo similares a las de 2017 (Tabla 11, Figura 25).

Al realizar el análisis por área, en el Norte (18°25’S-19°40’S) las variables temperatura, salinidad, abundancia de diatomeas, de zooplancton y de huevos de anchoveta mostraron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 12). Las diferencias en la temperatura y la salinidad coincidieron con el análisis global (Tabla 13, Figura 26). Diatomeas y zooplancton exhibieron las mayores abundancias durante 2018, pero las densidades de huevos de anchoveta fueron inferiores a 2017 y comparables con las de 2015 y 2016 (Tabla 13, Figura 27). En el área Centro (20°30’S-21°10’S) sólo la temperatura y la abundancia zooplanctónica exhibieron diferencias (Tabla 12). La temperatura siguió el patrón del análisis global, y el zooplancton mostró abundancias inferiores a 2015, pero similares a 2016 y 2017 (Tabla 14, Figura 28). En el área Sur (22°10’S-23°00’S) se detectaron diferencias significativas entre la temperatura, la salinidad, la abundancia de zooplancton y de huevos de anchoveta (Tabla 12). La temperatura continuó siendo la más baja de los periodos analizados, pero la salinidad fue inferior sólo respecto de 2015. La abundancia de zooplancton superó a la registrada en 2016, y las diferencias en la abundancia de huevos de anchoveta no fueron generadas por los valores de 2018 (Tabla 15, Figura 29).

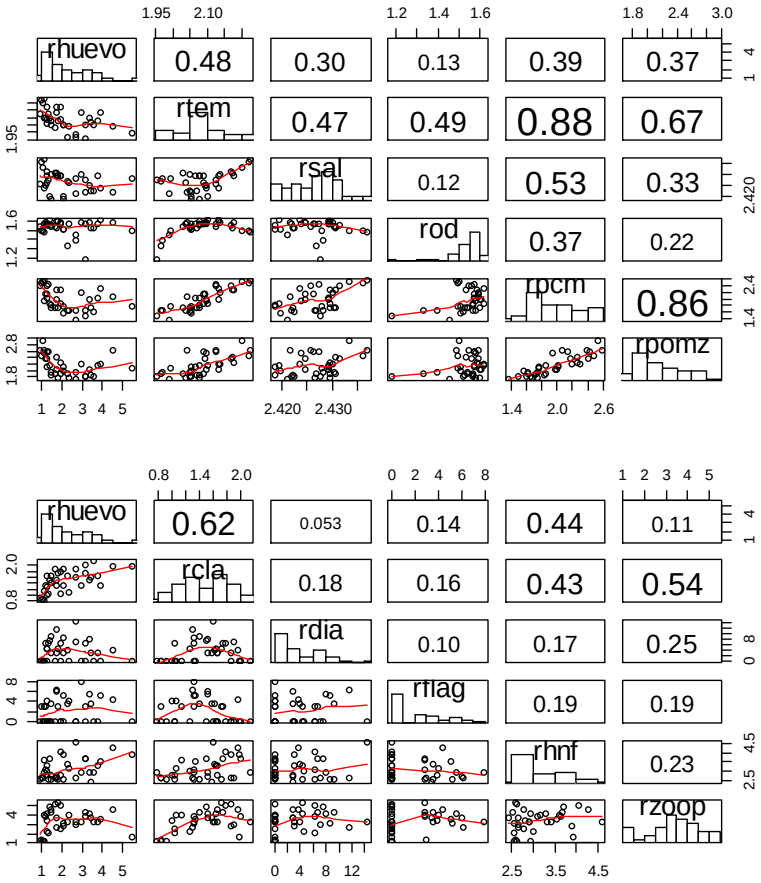

Figura 22. Resultados del análisis de correlación entre la abundancia de huevos de anchoveta (rhuevo) (N°/10 m^2) y las variables temperatura (rtem) (°C), salinidad (rsal) (ups), oxígeno disuelto (rod) (mL/L), profundidad de la isoterma de 15°C (rpcm) (m), profundidad del límite superior de la ZMO (rpomz) (m) (panel superior), y biomasa fitoplanctónica (rcla) (µg Cl-a/m^3), abundancia de diatomeas (rdia) (cél/m^3), abundancia de microflagelados (rflag) (cél/m^3), abundancia de nanoflagelados (rhnf) (cél/m^3) y abundancia de zooplancton (rzoop) (ind/10 m^2) (panel inferior), registradas entre el 25 y 28 de enero de 2018.

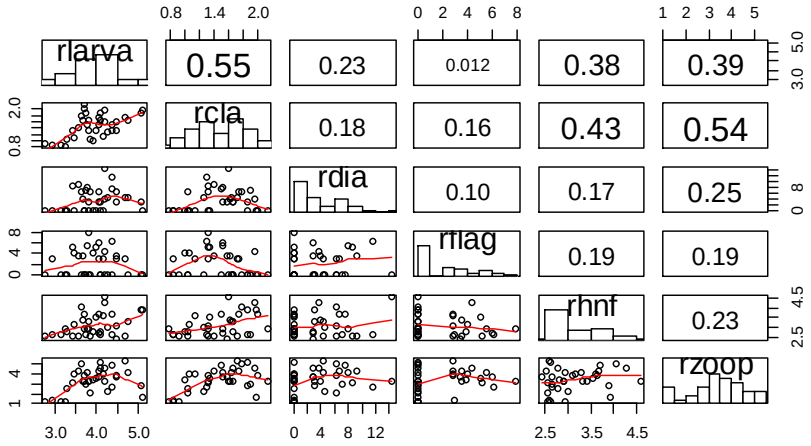

Figura 23. Resultados del análisis de correlación entre la abundancia de larvas de anchoveta (rlarva) (N°/10 m^2) y las variables biomasa fitoplanctónica (rcla) (µg Cl-a/m^3), abundancia de diatomeas (rdia) (cél/m^3), abundancia de microflagelados (rflag) (cél/m^3), abundancia de nanoflagelados (rhnf) (cél/m^3) y abundancia de zooplancton (rzoop) (ind/10 m^2), registradas entre el 25 y 28 de enero de 2018.

Tabla 10. Resultados del análisis de varianza aplicado en forma global a las variables físicas, químicas y biológicas registradas durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018. NS: nivel de significancia.

Variable	F	Valor *p*	NS
TEMPERATURA (°C)	21,36	0,000	<0,001
SALINIDAD (ups)	17,24	0,000	<0,001
DIATOMEAS (cél/mL)	5,35	0,002	<0,01
MICROFLAGELADOS (cél/mL)	4,84	0,004	<0,01
BIOMASA FITOPLANCTONICA (µg Cl-a/L)	4,38	0,007	<0,01
ZOOPLANCTON (N°/10 m^2)	6,07	0,001	<0,01
LARVAS (larvas/10 m^2)	4,48	0,006	<0,01

Tabla 11. Resultados del test de Tukey para el análisis comparativo global realizado a las variables físicas, químicas y biológicas registradas durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018.

Variable	Campañas	Diferencia	Lím. inf.	Lím. sup.	Valor *p*
TEMPERATURA (°C)	2018-2015	-0,063	-0,111	-0,014	0,006
	2018-2016	-0,101	-0,149	-0,054	0,000
	2018-2017	-0,137	-0,184	-0,089	0,000
SALINIDAD (ups)	2018-2015	-0,007	-0,011	-0,003	0,000
	2018-2016	-0,015	-0,021	-0,009	0,000
	2018-2017	-0,004	-0,008	0,000	0,047
DIATOMEAS (cél/mL)	2018-2015	1,627	0,364	2,890	0,006
	2018-2016	1,463	0,200	2,726	0,017
MICROFLAGELADOS (cél/mL)	2018-2016	-0,651	-1,288	-0,014	0,043
BIOMASA FITOPLANCTONICA (µg Cl-a/L)	2018-2015	2,593	0,314	4,872	0,020
	2018-2016	3,155	0,876	5,435	0,003
	2018-2017	2,192	-0,088	4,471	0,064
ZOOPLANCTON (N°/10 m^2)	2016-2015	0,663	0,177	1,149	0,003
LARVAS (N°/10 m^2)	2018-2015	1,878	-0,213	3,969	0,094
	2018-2016	2,334	0,243	4,425	0,023

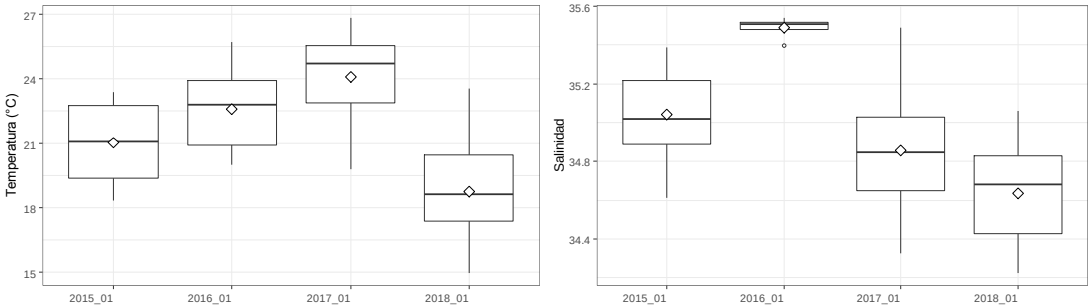

Figura 24. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado a la información global de temperatura (°C) y salinidad (ups) registrada durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018.

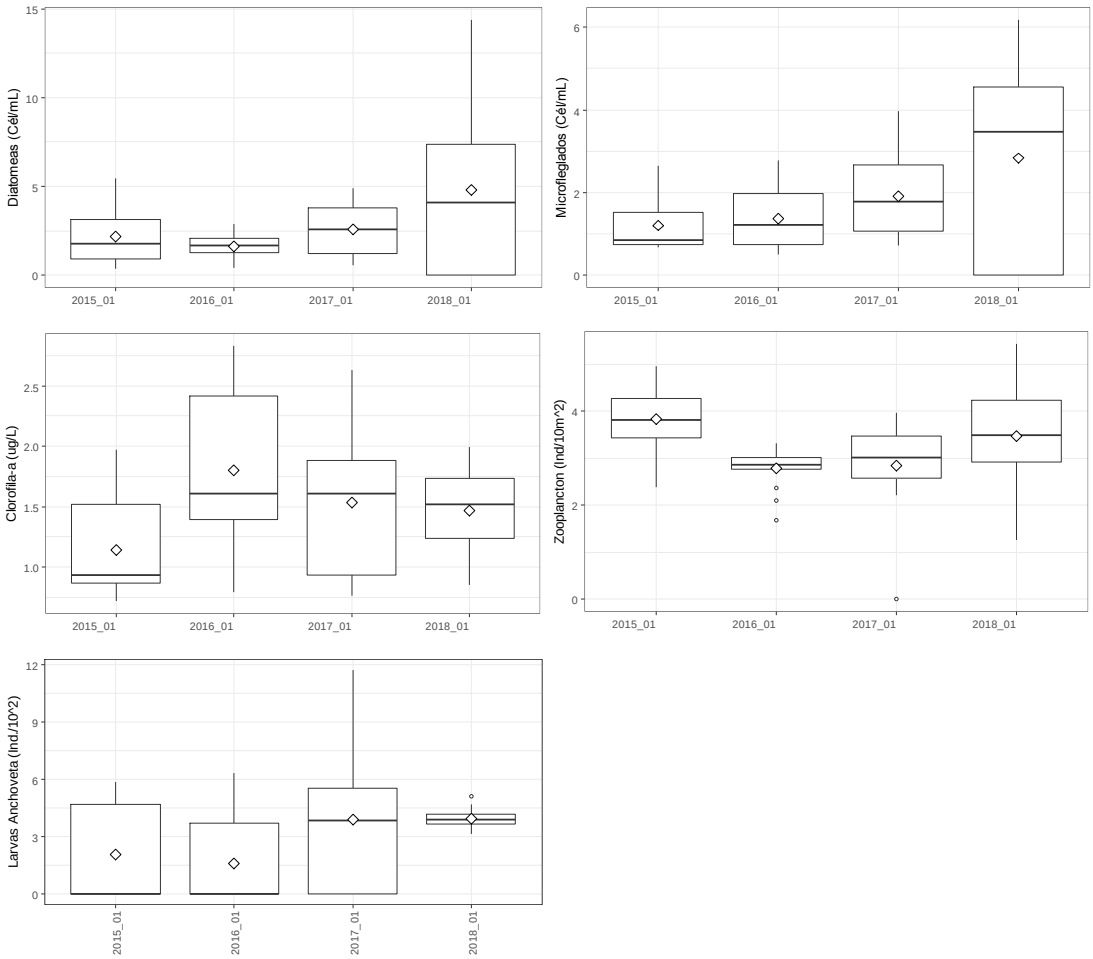

Figura 25. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado a la información global de abundancia de diatomeas (cél/mL) y microflagelados (cél/mL), biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L), y abundancia de zooplancton (N°/10 m^2) y de larvas de anchoveta (N°/10 m^2), registrada durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018.

Tabla 12. Resultados del análisis de varianza aplicado por área a las variables físicas, químicas y biológicas registradas durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018. NS: nivel de significancia.

AREA	Variable	F	Valor *p*	NS
NORTE (18°25'S-19°40'S)	TEMPERATURA (°C)	6,35	0,008	<0,01
	SALINIDAD (ups)	15,89	0,000	<0,001
	DIATOMEAS (cél/mL)	7,30	0,004	<0,01
	ZOOPLANCTON (N°/10 m^2)	5,21	0,014	<0,05
	HUEVOS (N°/10 m^2)	3,89	0,035	<0,05
CENTRO (20°30'S-21°20'S)	TEMPERATURA (°C)	3,10	0,024	<0,05
	ZOOPLANCTON (N°/10 m^2)	5,44	0,012	<0,05
SUR (22°10'S-23°00'S)	TEMPERATURA (°C)	45,43	0,000	<0,001
	SALINIDAD (ups)	5,18	0,029	<0,05
	ZOOPLANCTON (N°/10 m^2)	3,42	0,050	<0,05
	HUEVOS (N°/10 m^2)	4,33	0,025	<0,05

Tabla 13. Resultados del test de Tukey para el análisis comparativo realizado a las variables físicas, químicas y biológicas registradas en el área Norte (18°25'S-19°40') durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018.

Variable	Campañas	Diferencia	Lím. inf.	Lím. sup.	Valor *p*
TEMPERATURA (°C)	2018-2016	-0,106	-0,183	-0,029	0,007
	2018-2017	-0,081	-0,158	-0,004	0,038
SALINIDAD (ups)	2018-2015	-0,009	-0,015	-0,002	0,013
	2018-2016	-0,013	-0,020	-0,007	0,000
DIATOMEAS (cél/mL)	2018-2015	5,541	1,431	9,651	0,008
	2018-2016	5,527	1,417	9,637	0,008
ZOOPLANCTON (N°/10 m^2)	2018-2016	1,678	0,123	3,233	0,033
	2018-2017	1,823	0,268	3,378	0,020
HUEVOS (N°/10 m^2)	2018-2017	-7,545	-14,261	-0,828	0,026

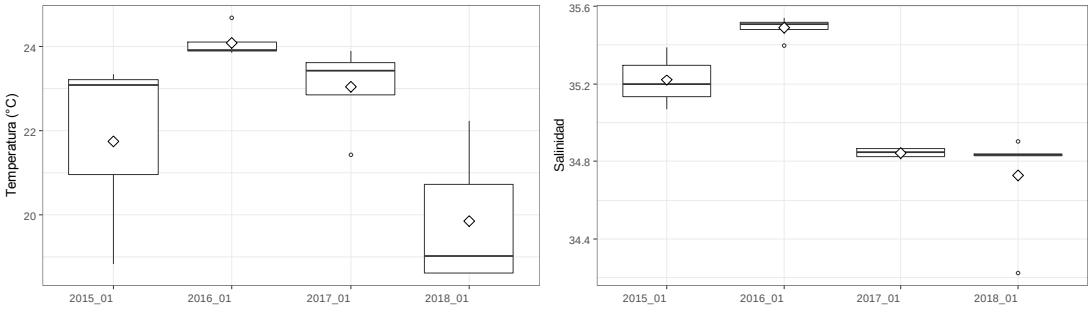

Figura 26. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado a la información de temperatura (°C) y salinidad (ups) registrada en el área Norte (18°25'S-19°40'S) durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018.

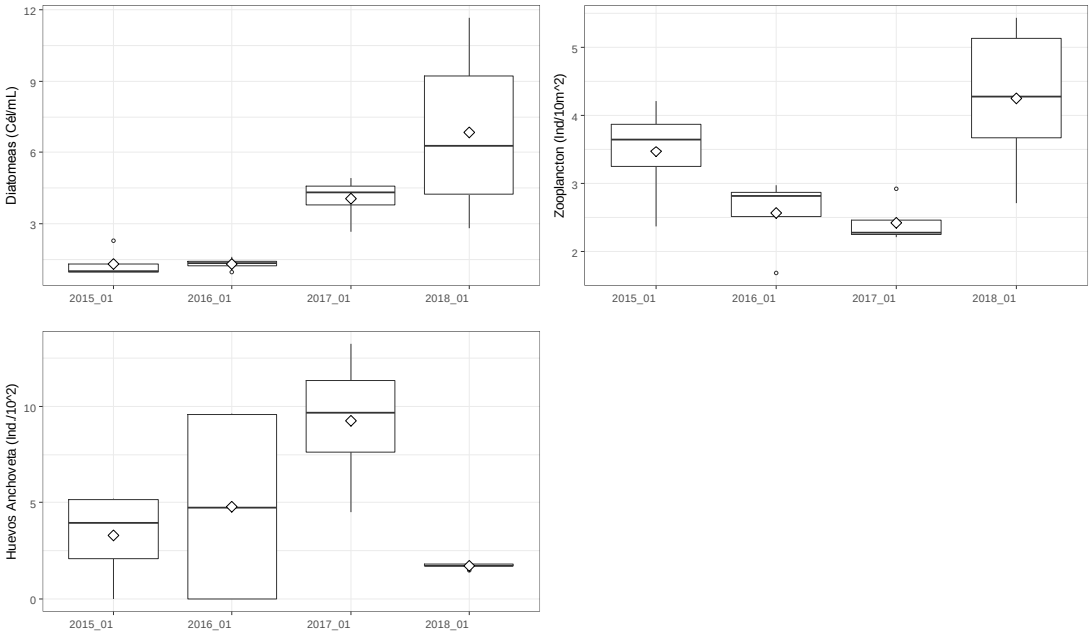

Figura 27. Gráfico de cajas y bigotes resultante del análisis de varianza aplicado a la información de abundancia de diatomeas (cél/mL), zooplancton (N°/10 m^2) y huevos de anchoveta (N°/10 m^2), registrada en el área Norte (18°25'S-19°40'S) durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018.

Tabla 14. Resultados del test de Tukey para el análisis comparativo realizado a las variables físicas, químicas y biológicas registradas en el área Centro (20°30'S-21°10') durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018.

Variable	Campañas	Diferencia	Lím. inf.	Lím. sup.	Valor *p*
TEMPERATURA (°C)	2018-2017	-0,129	-0,257	-0,002	0,047
ZOOPLANCTON (N°/10 m^2)	2018-2015	-1,575	-2,812	-0,339	0,012

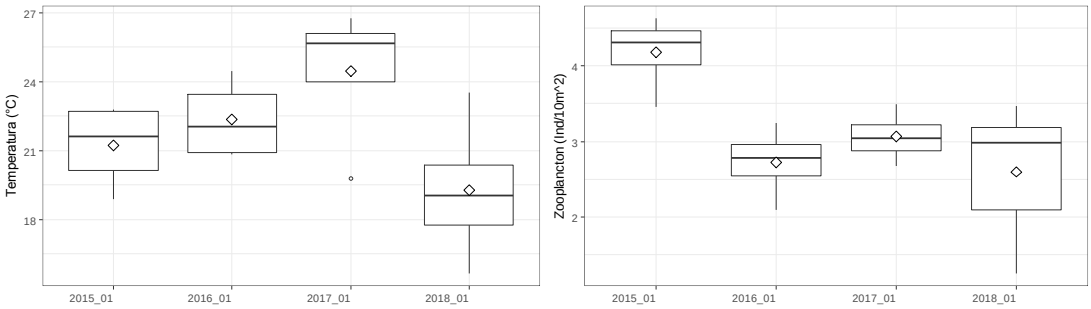

Figura 28. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado a la información de temperatura (°C) y abundancia zooplanctónica (ind/10 m^2), registrada en el área Centro (20°30'S-21°10'S) durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018.

Tabla 15. Resultados del test de Tukey para el análisis comparativo realizado a las variables físicas, químicas y biológicas registradas en el área Sur (22°10'S-23°00') durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018.

Variable	Campañas	Diferencia	Lím. inf.	Lím. sup.	Valor *p*
TEMPERATURA (°C)	2018-2015	-0,115	-0,172	-0,058	0,000
	2018-2016	-0,123	-0,180	-0,065	0,000
	2018-2017	-0,226	-0,283	-0,169	0,000
SALINIDAD (ups)	2018-2015	-0,006	-0,012	-0,001	0,024
ZOOPLANCTON (N°/10 m^2)	2018-2016	0,877	0,063	1,691	0,033
HUEVOS (N°/10 m^2)	2017-2015	8,241	1,394	15,088	0,017

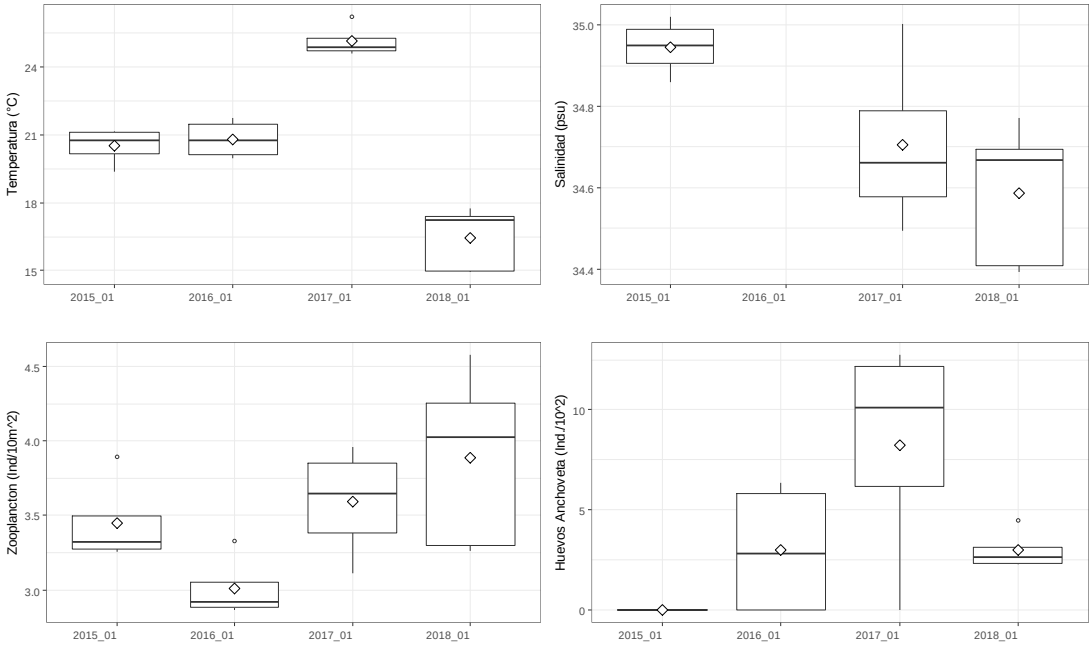

Figura 29. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado a la información de temperatura (°C) y salinidad (ups) (panel superior) y abundancia de zooplancton (ind/10 m^2) y de huevos de anchoveta (ind/10 m^2) (panel inferior), registrada en el área Sur (22°10'S-23°00'S) durante los cruceros de verano de 2015, 2016, 2017 y 2018.

DISCUSION

Durante el periodo de estudio, los valores de temperatura y la salinidad revelaron una condición fría imperante. La habitual influencia del ASS en la zona durante la época estival, que ha llegado al sector costero (1-5 mn) en el norte (18°25'S-19°00'S), se encontró restringida a la región más oceánica (20-40 mn) y a un estrato muy superficial (0-10 m), mientras que el ASAA, una masa de agua característicamente fría (14,5°C) (Blanco *et al*., 2001) tuvo una fuerte influencia en la zona costera (1-10 mn) y en gran parte de la columna de agua, y junto al AESS asociada a los eventos de surgencia, generaron las bajas temperaturas (<15°C) que imperaron bajo los 15 m de profundidad. La dominancia del ASAA se validó con los bajos valores de salinidad (<34,9), los que se han venido registrando en la zona desde 2017 y que, a diferencia de otros periodos en los cuales se la detectaba ingresando desde el sector oceánico entre los 50 y 100 m de profundidad, esta vez ocupó toda la capa superficial (0-50 m), mezclándose con el AESS hacia los estratos más profundos. Por otra parte, si bien el análisis comparativo corroboró esta condición más fría y menos salina que imperó en el verano de 2018 respecto de 2015, 2016 y 2017, se debe enfatizar que en esos años la región estaba bajo la influencia del evento El Niño.

Respecto de los eventos de surgencia, los valores promedio del TEk durante enero se mantuvieron alrededor de los 1.000 $m^3/s/km$ en las tres localidades (Figura 30), como en los veranos de 2016 y 2017, revelando eventos de alta intensidad propios de la época (Fuenzalida, 1990), y las características del agua aflorada coinciden con las descripciones que señalan que éstas son el resultado de la mezcla constante del ASAA y del AESS (Blanco *et al*., 2002; Fuenzalida, 1992). Por otra parte, la predominancia de bajos valores de oxígeno disuelto (<4,0 mL O_2/L) bajo los 20 m y la profundidad de localización del LS_ZMO, revelaron la influencia de intensa surgencia en la costa (1-5 mn), especialmente en Mejillones (23°00'S), donde se observó la influencia del afloramiento de agua subsuperficial hasta las 20 mn de la costa.

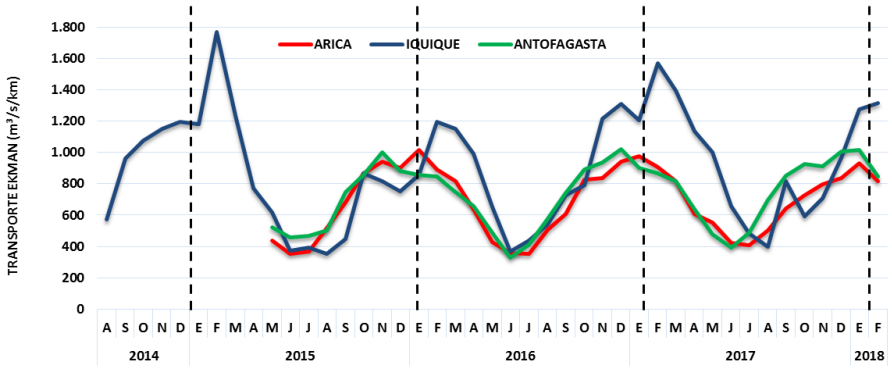

Figura 30. Transporte Ekman promedio mensual ($m^3/s/km$) en Arica, Iquique y Antofagasta, entre agosto de 2014 y febrero de 2018.

En relación al componente biológico las diatomeas exhibieron un incremento en sus abundancias, generando diferencias estadísticamente significativas con 2015 y 2016 en el área Norte (18°25'S-19°40'S). Esto se debió a que en esa zona, habitualmente dominada por microflagelados, durante este año el grupo presentó sus mayores concentraciones, lo cual se puede relacionar a una menor influencia del ASS que favorece la presencia de las formas flageladas, y a las condiciones impuestas por los eventos de surgencia, a las cuales las diatomeas responden exitosamente, sobre todo en lo que se refiere a la disponibilidad de nutrientes (Reynolds, 2006). Por otra parte, los microflagelados también presentaron un incremento en su concentración, lo que se evidenció en el análisis comparativo global. Este aumento resultó de la presencia del dinoflagelado *Prorocentrum gracile*, que este verano, alcanzó un máximo superior a 1.000 cél/mL. Los representantes del género *Prorocentrum*, son autotróficos (Guiry & Guiry, 2018) y bajo ciertas condiciones temperatura, estabilidad y nutrientes genera mareas rojas (Muciño-Márquez *et al*., 2015), eventos que son habituales en la zona. No obstante, la biomasa fitoplanctónica descendió respecto de otros veranos, lo cual fue inusual considerando las abundancias del microfitoplancton, grupo que puede dar cuenta de más del 50% de la clorofila-a en la región (Morales *et al*., 2001). Sin embargo, el patrón de concordancia entre las mayores concentraciones de clorofila-a y las mayores abundancias de cada grupo se mantuvo, registrándose valores superiores a 10,0 µg Cl-a/L asociadas a concentraciones celulares superiores a 300 cél/mL.

Respecto del zooplancton, el análisis comparativo no reveló diferencias significativas entre las abundancias de 2018 con las de los otros veranos, aunque, en promedio, fueron superiores a las de 2016 y 2017, e inferiores a las registradas en 2015. El grupo Copepoda siguió siendo dominante, en particular la fracción perteneciente al rango de tamaño entre 0,25 y 0,75 mm. La presencia de las máximas concentraciones en Mejillones (23°00'S) se encontraron asociadas a una importante concentración de diatomeas y microflagelados (>500 cél/mL), lo cual se puede atribuir a la presencia de alimento disponible para el grupo. Al respecto, ha sido señalado que las poblaciones de zooplancton en la zona costera del norte de Chile, dominadas por pequeños copépodos, tienden a agregarse en centros de surgencia (Escribano & Hidalgo, 2000), donde encuentran condiciones, como temperatura y cantidad y calidad de alimento, aptos para su crecimiento y producción (Giraldo *et al*., 2002). Los otros grupos que ocuparon un segundo lugar en términos de abundancia, como larvas de anélidos, miscidáceos, cnidarios y salpas, también presentaron altas densidades en este centro de surgencia. En este sentido están descritas, para los carnívoros gelatinosos en Mejillones (23°00'S), fluctuaciones estacionales en su abundancia, asociadas a las variaciones de los parámetros oceanográficos y a los eventos de surgencia costera, con una distribución vertical fuertemente influenciada por la profundidad de la termoclina y de la ZMO (Palma & Apablaza, 2004).

Entre los estadios tempranos de anchoveta, la abundancia de huevos presentó una disminución durante este verano en Arica (18°50'S), donde habitualmente se detectan las mayores densidades, lo cual generó diferencias estadísticamente significativas. Por otra parte, las larvas, desde una visión global del área, exhibieron densidades similares a las de 2017 y superiores a las de 2015 y 2016. No obstante, la distribución continúa

caracterizándose por la presencia de las mayores densidades en las localidades descritas como áreas de desove y retención como Arica (18°25'S) y Mejillones (23°00'S). Respecto de las correlaciones con las variables ambientales, se repite la asociación entre los huevos y la temperatura, lo cual se explica por la dependencia de éstos a sus fluctuaciones, que afectan su desarrollo y el éxito de la eclosión (Tarifeño *et al.*, 2008). Por otra parte mostraron una correlación con la biomasa fitoplanctónica y la abundancia de nanoflagelados, al igual que las larvas con la biomasa fitoplanctónica. Al respecto, las densidades máximas de huevos y larvas coincidieron con la mayor abundancia fitoplanctónica, lo que sugiere una asociación por disponibilidad de alimento, considerando que la eclosión de los huevos y la absorción del saco vitelino ocurre en un periodo de tiempo de dos a tres días (Llanos-Rivera & Castro, 2006).

Las condiciones oceanográficas físicas y químicas registradas durante el crucero de verano de 2018, se asocian al débil evento La Niña que afectó al Pacífico, con anomalías en la TSM que durante los últimos días de enero (27-31) se mantuvieron entre -1,3 y -0,9°C en la región El Niño 1+2 (boletín CIIFEN, febrero 2018). Este escenario, sumado a los eventos de surgencia costera, promovió altos niveles de abundancia en el componente planctónico, comparables, e incluso superiores, a periodos normales, lo cual puede ser la respuesta del fitoplancton al retorno de un escenario ambiental característicamente determinado por la surgencia, como se observó en Perú posterior al EN 82-83 (Barber & Chávez, 1986).

LITERATURA CITADA

Barber RT & FP Chávez. 1986. Ocean variability in relation to living resources during the 1982-83 El Niño. Nature 319, 279-285.

Blanco JL, AC Thomas, M-E Carr & PT Strub. 2001. Seasonal climatology of hydrographic conditions in the upwelling region off northern Chile. J. Geophys. Res., 106: 11451-11467.

Blanco JL, M-E Carr, AC Thomas & PT Strub. 2002. Hydrographic conditions off northern Chile during 1996-1998 La Niña and El Niño events. J. Geophys. Res., 107, NO. C3, 10.1029/2001JC001002.

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

CIIFEN. 2018. Boletín febrero 2018. www.ciifen.org.

Escribano R & P Hidalgo. 2000. Spatial distribution of copepods in the north of the Humboldt Current region off Chile during coastal upwelling. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 80, 283–290.

Fuenzalida R 1990. Variabilidad Temporal de un Índice de Surgencia para la zona de Iquique (Lat. 20°S). Invest. Cient. y Tec., Serie: Ciencias del Mar, 1: 37-47.

Fuenzalida R 1992. Procesos de surgencia en la región norte de Chile, latitudes 20°30'S – 21°45'S. Invest. Cient. y Tec., Serie: Ciencias del Mar 2:79-104.

Giraldo A, R Escribano & V Marín. 2002. Spatial distribution of *Calanus chilensis* off Mejillones Peninsula (northern Chile): ecological consequences upon coastal upwelling. Marine Ecology Progress Series 230, 225–234.

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.

Guiry MD & Guiry GM. 2018. AlgaeBase. Worldwide electronic publication, National University of Ireland, Galway. http://www.algaebase.org.

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.

Llanos-Rivera A & LR Castro. 2006. Inter-population differences in temperature effects on *Engraulis ringens* yolk-sac larvae. Mar. Ecol. Prog. Ser., 312: 245–253.

Morales CE, JL Blanco, M Braun & N Silva 2001. Chlorophyll-a distribution and mesoscale physical processes in upwelling and adjacent oceanic areas zones off northern Chile (summer-autumn 1994). J. Mar. Biol. Ass. U.K. 81, 193-206.

Muciño-Márquez RE, I Gárate-Lizárraga & DJ López-Cortés. 2015. Variación estacional del Género *Prorocentrum* (Dinophyceae) en dos granjas atuneras en la Bahía de La Paz, México. Acta biol. Colomb., 20(1):195-206.

Palma S & P Apablaza. 2004. Abundancia estacional y distribución vertical del zooplancton gelatinoso carnívoro en un área de surgencia en el norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. Invest. Mar., Valparaíso, 32(1): 49-70.

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

Reynolds C. 2006. Ecology of Phytoplankton. First Edition. Cambridge University Press. 535 pp.

Schlitzer, R. 2017. 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.

Tarifeño E, M Carmona, A Llanos-Rivera & LR Castro. 2008. Temperature effects on the anchoveta *Engraulis ringens* egg development: do latitudinal differences occur? Environ. Biol. Fish, 81:387-395.

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.