



# 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** 

AGOSTO DE 2019

# 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 CRISTINA ANDRADE MORENO

MUESTREADORES CRISTHIAN DANKO ARANCIBIA AGUSTIN ARCOS ROJAS

# INDICE

RESUMEN EJECUTIVO
1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS GENERALES
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS
4. MATERIAL Y METODOS
5. RESULTADOS
5.1 Condiciones físicas y químicas9
5.2 Estructura de la Comunidad Planctónica20
Fitoplancton
Zooplancton
Ictioplancton
5.3 Análisis Estadístico
6. DISCUSION Y CONCLUSIONES
<b>7. LITERATURA CITADA</b>

#### **RESUMEN EJECUTIVO**

Entre los días 26 y 31 de agosto se realizó el crucero de invierno de 2019, 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 de profundidad para determinar la abundancia y biomasa del fitoplancton. 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 inviernos de 2014 a 2019.

Temperaturas superiores a 17°C y salinidades mayores a 35 ups predominaron entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), asociadas al ingreso desde el norte y desde la región oceánica del ASS, que se mantuvo en el estrato entre la superficie y los 30 m de profundidad. Desde Chucumata (20°30'S) al sur se registraron las menores temperaturas (>17°C) junto a valores de salinidad que revelaron la dominancia del ASAA en gran parte de la columna de agua. El oxígeno en superficie fluctuó entre 3,5 y 6,9 mL/L, registrándose focos superiores a 5,0 mL/L coincidentes con altas abundancias de fitoplancton. El límite superior de la ZMO se localizó a menos de 40 m de profundidad entre Arica (18°25'S) y Chipana (21°20'S) y entre 1 y 10 mn de la costa. Frente a Arica (18°25'S) se extendió hasta las 20 mn, donde se registró su posición más somera (17,0 m). El TEk promedio durante agosto se mantuvo cercano a los 500 m<sup>3</sup>/s/km, revelando procesos de surgencia de baja intensidad, condición que se acentuó en Chucumata (20°30'S) en los días de realización del crucero, durante los cuales predominaron valores inferiores a 100 m<sup>3</sup>/s/km y negativos.

El microfitoplancton se concentró entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S). Las diatomeas alcanzaron un máximo de 1.125 cél/mL frente a Arica (18°25'S) entre las 10 y 20 mn, mientras que los flagelados ocuparon la franja costera (1-5 mn) con un máximo de 952 cél/mL. En el resto del área las abundancias descendieron de las 50 cél/mL, excepto por un foco de diatomeas de 279,6 cél/mL localizado en Chipana (21°20'S). La biomasa fitoplanctónica mostró concentraciones superiores a 10,0 µg Cl-a/L entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), con un máximo de 42,4 µg Cl-a/L en la costa (1-5 mn) frente a Arica (18°25'S). En Chipana (21°20'S) se observó un foco de 6,1 µg Cl-a/L. El zooplancton presentó sus mayores abundancias entre 1 y 10 mn de la costa. Un máximo de 306,7 ind/10 m<sup>2</sup> se registró frente a Chipana (21°20'S) y focos secundarios de 222,7 y 274,4 ind/10 m<sup>2</sup> en punta

Madrid (19°00'S) y Mejillones (23°00'S) respectivamente. Entre las 20 y 40 mn de la costa, valores cercanos a 150 ind/10 m<sup>2</sup> se distribuyeron desde Arica (18°25'S) al sur. Los copépodos dieron cuenta de más del 80% de la abundancia total y contribuyeron, en promedio, con el 90% de la abundancia del rango de tamaño entre 0,25 y 0,75 mm.

Los estadios tempranos de *Engraulis ringens* aportaron con el 94,7% y el 86% al total de huevos y larvas respectivamente. Los huevos presentaron densidades máximas de 24.070 en Chipana (21°20'S), y 21.057 huevos/10 m<sup>2</sup> en punta Junín (19°40'S). Las larvas en estado yolk-sac se concentraron en punta Madrid (19°00'S) con un máximo de 10.627 larvas/10 m<sup>2</sup>. Los estadios en pre-flexión y flexión alcanzaron las 2.329 y 237 larvas/10 m<sup>2</sup> frente a Tocopilla (22°10'S) respectivamente, y los estadios en post-flexión se detectaron sólo en punta Junín (19°40'S) (175 larvas/10 m<sup>2</sup>). El análisis de asociación mostró una correlación positiva sólo entre la abundancia de huevos y la profundidad de la capa de mezcla, del límite superior de la ZMO, y la abundancia y biomasa fitoplanctónicas.

Los resultados del análisis comparativo revelaron el invierno de 2019 fue similar a los últimos dos años (2017-2018), caracterizándose por las bajas temperaturas y salinidades, y la somera posición de la capa de mezcla y del límite superior de la ZMO. Dentro del componente biológico, destacó el incremento de los flagelados, lo que se evidenció principalmente en Arica (18°25'S). La abundancia de zooplancton de 2014 sigue siendo la más alta de la serie, así como la densidad de huevos y larvas de anchoveta registrada en 2018 en Chucumata (20°30'S).

El escenario ambiental se ha mantenido en los últimos tres inviernos analizados, sin embargo, los valores promedio del TEk son los más bajos de la serie, en particular en Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°30'S), lo que no propició el desarrollo de una típica comunidad fitoplanctónica dominada, en términos de abundancia y distribución, por las diatomeas. Su concentración en el sector norte (18°25'S-19°40'S) puede asociarse a condiciones de surgencia más favorables, al igual que la presencia de los estadios tempranos de anchoveta. El zooplancton exhibió sus mayores abundancias en Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), lo cual puede ser también parte de la explicación de la ausencia de las otras comunidades debido a la presión de pastoreo que puede ejercer.

Tomando en consideración el efecto remoto, hay que señalar que este invierno exhibió la menor temperatura mínima superficial desde 2014, lo cual puede asociarse a la persistencia, desde junio, de las anomalías negativas que ha presentado la TSM en la región El Niño 1+2.

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente reporte contiene los resultados obtenidos mediante la realización del crucero de invierno de 2019, requerido por el Centro de Investigación Aplicada del Mar (CIAM) y ejecutado por la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Aturo Prat.

# 2. 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.

# **3. 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).

### 4. 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 26 y 31 de agosto de 2019.

#### Muestreo y registro de información

El crucero se llevó a cabo entre los días 26 y 31 de agosto de 2019 en la embarcación PAM "Angamos I", proporcionada por la empresa pesquera CORPESCA 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 abundancia de fitoplancton se estimó de acuerdo a 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 a Horwood & Driver (1976) y las densidades fueron estandarizadas por 10 m<sup>2</sup> 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, 2018).

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, 2018).

El TEk fue calculado como:

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

donde  $M_x$  es el Transporte Ekman (m<sup>3</sup>/s/km), f es el parámetro de Coriolis y  $\tau_y$  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.

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 2019, se aplicó el análisis de varianza por rangos de Kruskal-Wallis con la función kruskal.test de la plataforma R. Cuando se encontraron diferencias estadísticamente significativas, empleando la función kruskalmc, se realizó la prueba de comparación múltiple de rangos después de Kruskal-Wallis para determinar el periodo que las generó. Los resultados se presentan en tablas y gráficos de cajas y bigotes.

#### 5. RESULTADOS

#### 5.1 Condiciones físicas y químicas

#### Temperatura

La temperatura superficial del mar (TSM) fluctuó entre 15,5 y 17,6°C. La distribución mostró la presencia del máximo valor (17,6°C) a 1 mn frente a punta Madrid (19°00'S), asociado al ingreso, desde el norte y desde la región oceánica, de un agua de mayor temperatura (>17°C) que se extendió latitudinalmente hasta Chucumata (20°30'S) y longitudinalmente se acercó a la milla entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S). Frente a Chucumata (20°30'S) se registró la mínima temperatura (15,5°C) en la forma de un foco restringido a la costa (1 mn). Hacia el sur de esta localidad predominaron temperaturas cercanas a 16°C, las que entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) ocuparon toda el área desde 1 a 40 mn. Se destacan la presencia de un núcleo de 17,4°C detectado en Chipana (21°20'S) entre 1 y 5 mn, y de uno 16,5°C localizado entre 10 y 20 mn frente a Arica (18°25'S) (Figura 2A).

En la componente vertical, se observó en las secciones del norte (18°25'S-19°40'S) la presencia del agua de mayor temperatura (>17°C) restringida a la superficie, excepto en punta Madrid (19°00'S) donde alcanzó hasta cerca de los 40 m a las 40 mn, producto de una profundización generada por el ascenso se las isotermas en la costa (1-5 mn). En las secciones de Chucumata (20°30'S) y Chipana (21°20'S) persistieron valores cercanos a 16,5°C entre 0 y 10 m, destacando el núcleo de mínima superficial (15,5°C) en Chucumata (20°30'S) producto del afloramiento de aguas subsuperficiales entre 1 y 5 mn, evidenciado por la inclinación de las isotermas. En Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) temperaturas cercanas a 15,8°C ocuparon el estrato hasta cerca de los 50 m de profundidad y se extendieron a lo largo de toda la transecta (Figura 3).

La profundidad de localización de la isoterma de 15°C, como proxy de la capa de mezcla, evidenció la ocurrencia de surgencia a lo largo de toda la franja de 1 mn, donde se registró a menos de 20 m, con un mínimo de 8,7 m en punta Madrid (19°00'S). Hacia el sector más oceánico se la encontró por sobre los 25 m de profundidad, alcanzando un máximo de 63,8 m a 40 mn en Mejillones (23°00'S). La excepción se registró frente a Arica (18°25'S) y Mejillones (23°00'S) donde la posición de la isoterma de 15°C se mantuvo cercana a los 15 m de profundidad hasta las 20 mn de la costa, sugiriendo extensión de los eventos de afloramiento costa afuera (Figura 2B).

#### Salinidad

La salinidad en superficie fluctuó entre 34,58 y 35,18 ups. Siguiendo la distribución del agua de mayor temperatura (>17°C), valores de salinidad superiores a 35 ups ocuparon el sector norte del área hasta Chucumata (20°30'S) distribuidos entre las 20 y 40 mn de la costa, registrándose en punta Madrid (19°00'S) el máximo de 35,18 ups a 40 mn. Asociados

a los procesos de afloramiento, la franja costera (1-5 mn) exhibió valores inferiores a 34,95 ups, los que frente a Mejillones (23°00'S) alcanzaron las 20 mn en el rango de los 34,8 ups. El mínimo (34,58 ups) se detectó en Arica (18°25'S) a 1 mn de la costa (Figura 2C).

En la componente vertical las altas salinidades (>35 ups) en Arica (18°25'S) se encontraron restringidas a las 40 mn y a los primeros 15 m de profundidad. Este estrato hacia la costa exhibió valores inferiores a 34,8 ups, asociados al foco de mínima registrado en superficie. Bajo los 50 m de profundidad, la columna de agua presentó salinidades entre 34,8 y 34,9 ups. En punta Madrid (19°00'S) y punta Junín (19°40'S) el agua de mayor salinidad (>35 ups) se detectó entre las 20 y 40 mn y se mantuvo dentro de los primeros 30 m de profundidad. Hacia la costa (1-10 mn) las salinidades descendieron de los 34,9 ups producto del ascenso de aguas subsuperficiales evidenciado por la inclinación de las isohalinas. Bajo los 50 m predominaron valores inferiores a 34,8 ups, que se hizo más evidente en punta Junín (19°40'S). Desde Chucumata (20°30'S) al sur, las mayores salinidades no superaron los 35 ups. En todas las localidades predominaron valores cercanos a 34,9 ups en la columna de agua, registrándose una mayor influencia del agua de baja salinidad (<34,8 ups) que se mantuvo alrededor de los 50 m y que avanzó hasta la costa ascendiendo a la superficie en Chipana (21°20'S) (Figura 4).

#### Densidad

La densidad (sigma-t) a nivel superficial fluctuó entre 25,10 y 25,76. Los menores valores (<25,6) se asociaron al agua de mayor temperatura y salinidad (>17°C->35 ups) cubriendo la zona entre Arica (18°25'S) y Chipana (21°20'S), detectándose la densidad mínima (25,10) en Arica (18°25'S) en la forma de un foco que se proyectó por la costa hasta punta Junín (19°40'S). Entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S), densidades superiores a 25,6 se registraron a lo largo de toda la transecta, incrementándose costa afuera hasta el máximo de 25,76 localizado a 40 mn. Otro foco de máxima (25,76) se registró a 1 mn en Chucumata (20°30'S) coincidente con la menor temperatura (15,5°C) (Figura 2D).

La distribución vertical mostró, en todas las secciones, densidades superiores a 26 ocupando la columna de agua a partir de los 50 m de profundidad. Estos valores en la costa (1-5 mn) se acercaron a la superficie producto del ascenso de agua subsuperficial (Figura 5).

## **Diagramas T-S**

Los diagramas T-S, acorde con las condiciones descritas, mostraron la presencia de las tres masas de agua de la región: Agua Subtropical Superficial (ASS), Agua Subantártica (ASAA) y Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). El ASS, evidenciada por las mayores salinidades (>35 ups), bajas densidades (<25,7) y alto contenido de oxígeno (>5,0 mL O<sub>2</sub>/L), predominó en el sector norte, entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) y hacia la región más oceánica (20-40 mn). Hacia el sur de los 20°30'S, dominó el ASAA, especialmente entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S), localizándose principalmente entre 25 y 75 m de profundidad. Hacia los estratos más profundos se detectó el AESS con escasa participación (Figura 6).

# **Oxígeno Disuelto (OD)**

El oxígeno disuelto superficial fluctuó entre 3,5 y 6,9 mL O<sub>2</sub>/L. Frente a Arica (18°25'S) se registró un foco de altos valores (>6,0 mL O<sub>2</sub>/L) que se extendió entre la costa y las 20 mn, detectándose el máximo (6,9 mL O<sub>2</sub>/L) a 1 mn. En el resto del área predominaron concentraciones entre 5,0 y 5,5 mL O<sub>2</sub>/L, excepto por un núcleo de 6,1 mL O<sub>2</sub>/L localizado a 1 mn en Chipana (21°20'S) y por el mínimo superficial de 3,5 mL O<sub>2</sub>/L detectado en Chucumata (20°30'S) en la costa (1 mn) (Figura 7A).

La distribución vertical mostró la capa oxigenada (>4,0 mL O<sub>2</sub>/L) distribuida hasta cerca de los 50 m, excepto en Arica (18°25'S) donde se mantuvo sobre los 10 m de profundidad. Entre Arica (18°25'S) y Chucumata (20°30'S) se observó a nivel costero (1-5 mn) una leve inclinación de las oxilíneas, indicando ascenso de agua subsuperficial, pero sólo en Chucumata (20°30'S) éste condujo el ingreso a la superficie de valores inferiores a 4,0 mL O<sub>2</sub>/L (Figura 8). En forma concordante, entre estas localidades la localización del límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno (LS\_ZMO) estuvo sobre los 25 m de profundidad a 1 mn de la costa, extendiéndose hasta las 20 mn en Arica (18°25'S), donde se registró su posición más somera (17,0 m). Hacia el sur, el LS\_ZMO se profundizó, y entre Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) se lo encontró bajo los 40 m a lo largo de toda la transecta, alcanzando su máxima profundidad (83,9 m) frente a Mejillones a 40 mn (Figura 7B).

## Transporte de Ekman (TEk)

El valor promedio del TEk para el mes de agosto en Arica, Chucumata y Mejillones fue de 468,5, 99,3 y 456,7m<sup>3</sup>/s/km respectivamente, valores que revelan la ocurrencia de eventos de surgencia de baja intensidad. Las condiciones de un débil afloramiento fueron más evidentes en Chucumata (20°30'S), especialmente en los días del muestreo (26-31 de agosto) durante los cuales el TEk se mantuvo negativo, con valores que descendieron de los -1.000 m<sup>3</sup>/s/km. Esta situación también se registró en Mejillones (23°00'S), pero los pulsos negativos estuvieron alternados por máximas superiores a 1.000 m<sup>3</sup>/s/km (Figura 9).



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 ( $\sigma$ -t), entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 3. Distribución vertical de Temperatura (°C) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 4. Distribución vertical de Salinidad (ups) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 5. Distribución vertical de Densidad ( $\sigma$ -t) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



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 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 7. A: Distribución superficial de Oxígeno Disuelto (mL  $O_2/L$ ) y B: profundidad de localización del LS\_ZMO (m) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 8. Distribución vertical de Oxígeno Disuelto (mL  $O_2/L$ ) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 9. Transporte Ekman diario (m<sup>3</sup>/s/km) en Arica, Chucumata y Mejillones, entre los días 20 y 31 de agosto de 2019 (entre líneas punteadas los días de realización del crucero).

#### 5.2 Estructura de la Comunidad Planctónica

#### Fitoplancton

Se identificó un total de 99 especies microfitoplanctónicas, de las cuales 52 correspondieron a diatomeas y 47 a flagelados. Entre las diatomeas que realizaron aportes iguales o superiores al 50%, destacó *Guinardia delicatula*, con una abundancia máxima superior a 1.000 cél/mL entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), donde contribuyó con más del 80% a la abundancia total del grupo, y en segundo lugar se encontró a *Dactyliosolen fragilissimus* que en Chipana (21°20'S) realizó un aporte del 89,7%. En Chucumata (20°30'S), Tocopilla (22°10'S) y Mejillones (23°00'S) las concentraciones máximas no superaron las 50 cél/mL, y un conjunto de especies fue responsable de los valores observados, destacando el género *Chaetoceros y Pseudo-nitzschia* (Tabla 1). Entre los flagelados las formas atecadas dominaron la región. Entre Arica (18°25'S) y punta Madrid (19°00'S) la abundancia registrada se debió a la presencia de una forma colonial que alcanzó un máximo de 872,8 cél/mL. En el resto del área, con concentraciones dos órdenes de magnitud inferiores, predominó el género *Gyrodinium* con proliferaciones casi mono-específicas (Tabla 2).

La abundancia total del microfitoplancton fluctuó entre 0,1 y 1.302,4 cél/mL. La concentración celular integrada entre la superficie y los 10 m de profundidad, mostró la presencia de valores superiores a 500 cél/m<sup>3</sup> entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S), donde ambos grupos realizaron aportes superiores al 80%. Desde Chipana (21°20'S) al sur, dominaron las diatomeas, pero escasamente superaron las 100 cél/m<sup>3</sup> (Tabla 3).

La distribución horizontal de la abundancia de las diatomeas, mostró un foco de altos valores (>500 cél/mL) entre Arica (18°25'S) y punta Junín (19°40'S) que se mantuvo hasta los 10 m de profundidad. Frente a Arica (18°25'S) el grupo se distribuyó entre las 10 y 20 mn con un máximo de 1.125 cél/mL a 5 m de profundidad. Entre punta Madrid (19°00'S) y punta Junín (19°40'S) se restringió a la costa (1-5 mn) donde el máximo alcanzó las 1.064 cél/mL frente a punta Junín (19°40'S) a 5 mn y en el estrato de los 5 m. A los 10 m este foco costero se debilitó, detectándose un máximo de 439,0 cél/mL en punta Madrid (19°00's) a 5 mn de la costa. Un núcleo secundario de 279,6 cél/mL se observó en Chipana (21°20'S) a nivel superficial y a 1 mn de la costa. A los 25 m se observaron focos cercanos a las 100 cél/mL en punta Madrid (19°00's) y Chipana (21°20'S), mientras que a los 50 m la abundancia descendió de las 5,0 cél/mL (Figura 10). En la componente vertical, se observan los focos de altos valores (>500 cél/mL) en el sector norte del área (18°25'S-19°40'S) distribuidos entre 1 y 20 mn, ocupando los primeros 5 m de profundidad, y el núcleo en Chipana (21°20'S) restringido a la superficie y a la costa (1 mn). En el resto del área, la distribución mostró la dominancia de valores inferiores a 10 cél/mL en toda la columna de agua (Figura 11).

Los flagelados también limitaron la distribución de sus mayores abundancias (>100 cél/mL) a la zona entre Arica (18°25'S) y punta Madrid (19°00'S). En Arica (18°25'S) se encontraron en la costa (1-5 mn) donde exhibieron un máximo de 952 cél/mL a 5 mn en

superficie. Este foco se mantuvo a los 5 m de profundidad y se extendió hacia punta Madrid (19°00'S) donde se registró una abundancia máxima de 199,2 cél/mL en el estrato de los 10 m. En el resto del área, así como a los 25 y 50 m de profundidad, dominaron concentraciones inferiores a 1 cél/mL (Figura 12). La distribución vertical mostró el predominio en la columna de agua de concentraciones menores a 1 cél/mL en todas las localidades, excepto por los focos de Arica (18°25'S) y punta Madrid (19°00'S) restringidos a las primeras 5 mn de la costa y a los primeros 10 m de profundidad (Figura 13).

La biomasa fitoplanctónica fluctuó entre 0,04 y 42,4 µg Cl-a/L. Los valores integrados entre la superficie y los 10 m de profundidad, mostraron concentraciones superiores a 10,0 µg Cl-a/m<sup>3</sup> restringidas al sector norte entre Arica (18°25'S) y punta Madrid (19°00'S), distribuidas entre 1 y 10 mn de la costa. En el resto del área escasamente superaron los 5,0 µg Cl-a/m<sup>3</sup> (Tabla 4).

Siguiendo la distribución de la abundancia de diatomeas y flagelados, se registró un foco frente a Arica (18°25'S) entre la costa (1 mn) y las 10 mn y entre la superficie y los 10 m de profundidad. Valores superiores a 10,0  $\mu$ g Cl-a/L se detectaron entre la superficie y los 5 m, con el máximo de 42,4  $\mu$ g Cl-a/L localizado a 5 mn y a 5 m de profundidad. Este foco se extendió por la costa (1-5 mn) hacia punta Madrid (19°00'S) y punta Junín (19°40'S) donde se registraron biomasas entre 12,0 y 10,0  $\mu$ g Cl-a/L respectivamente. En Chipana (21°20'S) a 1 mn, se detectó un foco secundario de concentraciones superiores a 5,0  $\mu$ g Cl-a/L que alcanzó un máximo de 6,1  $\mu$ g Cl-a/L a los 10 m. A 25 y 50 m de profundidad los valores descendieron de 5,0 y 1,0  $\mu$ g Cl-a/L respectivamente (Figura 14).

La distribución vertical mostró una columna de agua dominada por biomasas inferiores a 5,0  $\mu$ g Cl-a/L en todas las localidades. Se observa el foco principal (42,4  $\mu$ g Cl-a/L) en Arica (18°25'S) localizado a 5 mn y a 5 m de profundidad, que se extendió hasta las 10 mn con valores superiores a 10,0  $\mu$ g Cl-a/L, y los focos secundarios de punta Madrid (19°00'S), punta Junín (19°40'S) y Chipana (21°20'S), limitados a la costa (1 mn) y a los primeros 10 m de profundidad (Figura 15).

Tabla 1. 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 26 y 31 de agosto de 2019.

		LOCALIDAD												
GRUPO	Arica (18°25'S)		punta Madrid (19°00'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
Chaetoceros curvisetus											2,0	10,5		
Chaetoceros lorenzianus							6,2	20,9			1,8	8,1		
Dactyliosolen fragilissimus									264,0	89,7			21,6	37,9
Fragilariopsis doliolus							2,4	7,4					31,6	27,8
Guinardia delicatula	1.023,6	84,6	687,6	83,4	1.003,2	90,5								
Pseudo-nitzschia sp.							5,6	23,3			5,5	35,6	9,6	17,6

Tabla 2. 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 26 y 31 de agosto de 2019.

		LOCALIDAD												
GRUPO	Ari (18°2	ca 25'S)	punta (19°	Madrid 00'S)	punta (19°4	Junín IO'S)	Chucu (20°3	imata 80'S)	Chipa (21°2	ana O'S)	Toco (22°	opilla 10'S)	Mejil (23°(	lones )0'S)
FLAGELADOS	AM	AP	AM	AP	AM	AP	AM	AP	AM	AP	AM	AP	AM	AP
Colonia de flagelados	872,8	92,1	198,4	80,2										
Gyrodinium sp.					1,8	26,5	4,0	75,3	1,6	46,1	0,9	61,9	4,8	94,1
Prorocentrum gracile					0,4	8,5								
Protoperidinium granii					1,0	10,9								

Tabla 3. Abundancia fitoplanctónica integrada (cél/m<sup>3</sup>) entre la superficie y los 10 m de profundidad y aporte porcentual (%) de diatomeas (DIATO) y microflagelados (M\_FLAGE), entre los días 26 y 31 de agosto de 2019. MF\_TOTAL: microfitoplancton total, DC: distancia de la costa (mn).

LOCALIDAD	DC (mn)	MF_TOTAL	DIATO	M_FLAGE	%DIATO	%M_FLAGE
	1	309,5	25,3	284,2	8,2	91,8
Arica	5	602,9	44,9	558,0	7,4	92,6
(18°25'S)	10	887,8	771,8	116,0	86,9	13,1
	20	1.104,6	1.026,5	78,1	92,9	7,1
	1	666,2	531,2	135,0	79,7	20,3
punta Madrid	5	694,1	692 <i>,</i> 8	1,3	99,8	0,2
(19°00'S)	10	1,1	1,0	0,1	89,5	10,5
	20	0,9	0,6	0,2	72,1	27,9
	1	216,8	215,0	1,8	99,2	0,8
punta Junín	5	816,5	814,1	2,5	99,7	0,3
(19°40'S)	10	2,8	2,5	0,3	88,7	11,3
	20	0,9	0,6	0,3	71,3	28,7
	1	17,4	13,7	3,7	78,7	21,3
Chucumata	5	2,1	1,6	0,4	79,6	20,4
(20°30'S)	10	0,6	0,4	0,2	70,0	30,0
	20	1,6	0,7	0,9	40,9	59,1
	1	132,2	130,6	1,6	98,8	1,2
Chipana	5	46,2	44,6	1,6	96,5	3,5
(21°20'S)	10	0,8	0,7	0,1	86,8	13,2
	20	0,2	0,1	0,1	38,1	61,9
	1	3,3	3,0	0,3	90,5	9,5
Tocopilla	5	2,7	2,2	0,5	81,4	18,6
(22°10'S)	10	2,8	2,2	0,6	79,6	20,4
	20	1,5	1,2	0,3	79,3	20,7
	1	2,8	2,3	0,5	82,7	17,3
Mejillones	5	40,8	37,9	2,9	93,0	7,0
(23°00'S)	10	1,5	1,0	0,5	64,2	35,8
	20	0,8	0,5	0,2	69,2	30,8

Tabla 4. Biomasa fitoplanctónica integrada (BFI) ( $\mu$ g Cl-a/m<sup>3</sup>) entre la superficie y los 10 m de profundidad, entre los días 26 y 31 de agosto de 2019. DC: distancia de la costa (mn).

LOCALIDAD	DC (mn)	BFI (µg Cl-a/m³)		
	1	11,9		
Arica	5	33,8		
(18°25'S)	10	12,7		
	20	7,7		
	1	10,2		
punta Madrid	5	4,4		
(19°00'S)	10	0,6		
	20	0,2		
	1	9,5		
punta Junín	5	5,0		
(19°40'S)	10	0,8		
	20	0,4		
	1	1,4		
Chucumata	5	1,1		
(20°30'S)	10	0,8		
	20	0,2		
	1	5,3		
Chipana	5	4,5		
(21°20'S)	10	1,5		
	20	0,5		
	1	1,1		
Tocopilla	5	0,6		
(22°10'S)	10	0,6		
	20	0,6		
	1	1,3		
Mejillones	5	1,7		
(23°00'S)	10	0,7		
	20	0,6		



Figura 10. Distribución horizontal de la abundancia de diatomeas (cél/mL) entre la superficie y los 50 m de profundidad, entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 11. Distribución vertical de la abundancia de diatomeas (cél/mL) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 12. Distribución horizontal de la abundancia de microflagelados (cél/mL) entre la superficie y los 50 m de profundidad, entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 13. Distribución vertical de la abundancia de microflagelados (cél/mL) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 14. Distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica ( $\mu$ g Cl-a/L) entre la superficie y los 50 m de profundidad, entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.

.



Figura 15. Distribución vertical de la biomasa fitoplanctónica ( $\mu$ g Cl-a/L) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.

#### Zooplancton

La abundancia total del zooplancton fluctuó entre 12,1 y 306,7 ind/10 m<sup>2</sup>. En toda el área predominaron valores superiores a 100 ind/10 m<sup>2</sup>, distribuidos principalmente entre 20 y 40 mn de la costa (Tabla 5).

Del total de grupos identificados (15), Copepoda presentó las mayores abundancias, exhibiendo un máximo de 292 ind/10 m<sup>2</sup> y aportes porcentuales superiores al 80% en gran parte de las estaciones. En segundo lugar se encontraron las formas gelatinosas (salpas y sifonóforos) y las larvas de anélidos, con densidades superiores a 10 ind/10 m<sup>2</sup> localizadas entre las 20 y 40 mn de la costa (Tabla 6).

En relación a los tamaños, se registraron organismos entre 0,25 y 12,25 mm. El rango entre 0,25 y 0,75 mm exhibió las mayores densidades, las que fluctuaron entre 11,8 y 304,0 ind/10 m<sup>2</sup>, con un aporte al total de 94,5% en promedio. El grupo Copepoda presentó su mayor abundancia en este rango, la que fluctuó entre 11,2 y 290,5 ind/10 m<sup>2</sup>, equivalente a una contribución porcentual que varió entre un 62,4 y un 97,4% (Tabla 7).

Al analizar la distribución de la abundancia total del zooplancton, se observaron tres focos de valores superiores a 200 ind/10 m<sup>2</sup>. El primero, de 222,7 ind/10 m<sup>2</sup>, se localizó frente a punta Madrid (19°00'S) a 5 mn, el segundo, correspondiente a la máxima abundancia (307,7 ind/10 m<sup>2</sup>), se detectó a 5 mn frente a Chipana (21°20'S), y el tercero se ubicó en Mejillones (23°00'S) a 1 mn, donde el grupo exhibió una concentración de 274,4 ind/10 m<sup>2</sup>. Entre las 20 y 40 mn de la costa, valores que fluctuaron entre 101,9 y 138,5 ind/10 m<sup>2</sup> se distribuyeron desde Arica (18°25'S) al sur (Figura 16A). Dado que los copépodos dieron cuenta de más del 80% de la abundancia total, la distribución del grupo mostró el mismo patrón, con máximos de 207,9 y 292 ind/10 m<sup>2</sup> a 5 mn frente a punta Madrid (19°00'S) y Chipana (21°20'S) respectivamente, y de 262 ind/10 m<sup>2</sup> en Mejillones (23°00'S) a 1 mn (Figura 16B).

Lo mismo se observó en la distribución de la abundancia del rango de tamaño entre 0,25 y 075 mm y de los copépodos pertenecientes a esta categoría, los que exhibieron un máximo de 290,5 ind/10 m<sup>2</sup> en Chipana (21°20'S) a 5 mn, y valores de 206,5 ind/10 m<sup>2</sup> en punta Madrid (19°00'S) y de 261,7 ind/10 m<sup>2</sup> en Mejillones (23°00'S) (Figuras 17A y 17B).

Tabla 5. Abundancia total del zooplancton (ind/10 m<sup>2</sup>) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019. DC: distancia de la costa (mn).

		Abundancia Total
LOCALIDAD	DC (mn)	(ind/10 m²)
	1	38,3
Arrian	5	23,9
Arica (19°25'5)	10	55,1
(10 25 5)	20	100,3
	40	36,6
	1	39,2
	5	222,7
punta iviadrid	10	78,3
(19 00 3)	20	48,9
	40	101,9
	1	85,5
/	5	118,6
punta Junin	10	54,7
(19 40 3)	20	74,2
	40	96,4
	1	12,1
	5	116,3
Chucumata	10	52,7
(20 30 5)	20	128,2
	40	138,5
	1	198,8
	5	306,7
Chipana (21°20'S)	10	51,7
(21 20 3)	20	69,8
	40	126,5
	1	62,0
<b>T</b>	5	80,4
	10	110,6
(22 10 3)	20	118,2
	40	120,1
	1	274,4
N 4 - 111	5	83,7
	10	55,6
(23 00 3)	20	61,1
	40	126,0

Tabla 6. Abundancia (ind/10 m<sup>2</sup>) de Copepoda (COP), formas gelatinosas (GEL), larvas de Annelida (LAnn) y de los otros grupos zooplanctónicos (OG), y aporte porcentual de Copepoda (AP-COP) (%), entre los días 26 y 31 de agosto de 2019. DC: distancia de la costa (mn).

LOCALIDAD	DC (mn)	СОР	GEL	LAnn	OG	AP-COP (%)
	1	35,9	0,6	1,4	0,2	93,8
	5	21,8	0,7	1,1	0,1	91,2
Arica (19°25'5)	10	47,5	1,6	4,0	0,7	86,2
(10 25 3)	20	58,4	4,4	23,4	5,3	58,3
	40	28,6	1,1	4,7	1,2	78,1
	1	35,0	0,0	3,6	0,4	89,4
nunta Madrid	5	207,9	2,5	7,3	3,2	93,4
	10	63,7	2,5	5,7	4,5	81,3
(19 00 3)	20	35,7	2,0	4,5	4,0	72,9
	40	72,2	5,5	9,8	6,7	70,9
	1	79,1	0,8	4,0	1,2	92,5
nunto lunío	5	109,7	1,4	3,6	2,9	92,6
punta Junin (19º40'S)	10	43,6	2,4	3,8	3,8	79,7
(19 40 3)	20	51,3	8,8	5,9	4,1	69,1
	40	73,5	7,8	4,6	3,7	76,2
	1	11,4	0,1	0,4	0,1	94,1
Churchasta	5	108,0	0,7	3,4	2,2	92,9
	10	47,3	1,3	1,6	1,9	89,7
(20 30 3)	20	77,0	21,6	11,2	9,0	60,1
	40	119,8	5,9	6,1	4,6	86,5
	1	192,6	1,1	3,7		96,9
Chinana	5	292,0	2,5	9,7	1,3	95,2
(21°20'S)	10	47,8	0,6	1,4	1,6	92,5
(21 20 3)	20	60,0	2,5	3,1	3,0	85,9
	40	103,5	5,4	9,2	4,0	81,8
	1	59,2	0,4	1,3	0,4	95,5
Tocopillo	5	71,9	0,6	2,7	2,5	89,4
(22°10'S)	10	93,4	2,8	5,0	5,5	84,4
(22 10 3)	20	97,5	6,1	6,1	4,8	82,5
	40	91,2	4,7	9,7	8,0	75,9
	1	262,0	1,2	10,2	0,3	95,5
Majillanas	5	75,9	1,7	3,9	1,8	90,7
	10	50,9	0,8	1,8	1,6	91,6
(23 00 3)	20	53,2	1,3	2,6	2,6	87,1
	40	96,1	8,1	8,7	5,0	76,3

	DC		RANGO	S DE TAMAÑ	O (mm)		AP-COP (%)
LUCALIDAD	(mn)	0,25-0,75	1,25-1,75	2,25-2,75	3,25-3,75	4,25-12,25	0,25-0,75
	1	37,8	0,3				95,0
<b>A</b>	5	23,3	0,03				93,4
Arica (18°25'S)	10	54,4	0,4	0,1	0,1	0,02	87,3
	20	93,7	4,7	0,8	0,1	0,05	62,4
	40	34,1	1,5	0,5	0,1	0,1	83,8
	1	37,9	0,4		0,1	0,1	92,4
punta	5	219,9	1,4				94,5
Madrid	10	71,6	4,7	1,2	0,4	0,3	88,9
(19°00'S)	20	42,7	4,8	1,0	0,1	0,3	83,4
	40	91,2	7,7	1,9	0,5	0,2	79,2
	1	84,3	1,0	0,1			93,9
punta	5	116,1	2,15	0,04			94,5
Junín	10	46,0	6,5	1,4	0,4	0,1	94,6
(19°40'S)	20	63,7	6,1	2,7	1,3	0,1	80,4
	40	86,6	5,9	1,3	1,4	0,6	84,9
	1	11,8	0,1	0,03	0,03	0,1	96,4
	5	114,5	1,46	0,2			94,3
	10	49,6	1,8	0,6	0,5	0,1	95,3
(20 30 3)	20	99,8	16,4	7,0	2,8	1,2	77,2
	40	129,3	4,8	1,9	1,0	0,7	92,6
	1	197,7	0,1				97,4
Chinana	5	304,0	2,2	0,2		0,2	96,0
(21°20'S)	10	49,6	1,2	0,3	0,2	0,1	96,5
(21 20 3)	20	64,6	3,4	1,1	0,1	0,5	92,8
	40	117,7	4,6	1,26	1,0	1,0	87,9
	1	61,0	0,3	0,1		0,1	97,0
Teeeville	5	76,3	2,2	0,3	0,4	0,4	94,2
10C0pilla (22°10'S)	10	101,0	6,6	1,3	0,9	0,3	92,4
(22 10 3)	20	108,8	6,8	1,6	0,5		89,6
	40	110,9	6,7	1,58	0,3		82,2
	1	273,9	0,3				95,7
Maillanas	5	80,0	2,0	0,6	0,4	0,4	94,9
(23°00'S)	10	53,6	1,4	0,3	0,04	0,2	95,0
123 00 31	20	57,0	2,4	0,4	0,2	0,2	93,4
	40	117,0	6,0	1,2	1,0	0,2	82,1

Tabla 7. Abundancia zooplanctónica (ind/10 m<sup>2</sup>) por rango de tamaño (mm) y aporte porcentual de Copepoda (AP-COP) (%) a la categoría 0,25-0,75 mm, entre los días 26 y 31 de agosto de 2019. DC: distancia de la costa (mn).



Figura 16. Distribución horizontal de la abundancia (ind/10 m<sup>2</sup>) de A: zooplancton total y B: grupo Copepoda, entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 17. Distribución horizontal de la abundancia (ind/10 m<sup>2</sup>) de A: zooplancton total y B: grupo Copepoda pertenecientes al rango de tamaño 0,25-0,75 mm, entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.

#### Ictioplancton

Se registró una total de 98.627 huevos/10 m<sup>2</sup> y 29.191 larvas/10 m<sup>2</sup>. Los estadios tempranos de *Engraulis ringens* aportaron a estos totales con el 94,7% y 86% a huevos y larvas respectivamente. Entre las larvas el estado yolk-sac fue el más abundante, con 17.919 larvas/10 m<sup>2</sup> equivalente al 71,4% del total de larvas de la especie (Tabla 8).

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

Los huevos presentaron una amplia distribución en el área, especialmente frente a Arica (18°25'S) donde se registraron entre 1 y 40 mn de la costa. La densidad máxima (24.070 huevos/10 m<sup>2</sup>) se localizó en Chipana (21°20'S) a 40 mn de la costa, y un máximo secundario de 21.057 huevos/10 m<sup>2</sup> se observó en punta Junín (19°40'S) a 1 mn. Valores superiores a 5.000 huevos/10 m<sup>2</sup> se mantuvieron entre Arica (18°25'S) y punta Madrid (19°00'S) y entre 1 y 10 mn, mientras que hacia el sur, con excepción del máximo, las abundancias descendieron de los 2.000 huevos/10 m<sup>2</sup> (Figura 19).

Las larvas de *Engraulis ringens* en estado yolk-sac se concentraron principalmente entre Arica (18°25'S) y Chucumata (20°30'S). Un máximo de 10.627 larvas/10 m<sup>2</sup> se registró a 40 mn frente a punta Madrid (19°00'S), mientras que en el resto del área predominaron densidades inferiores a 1.000 larvas/10 m<sup>2</sup> (Figura 20-panel izquierdo). Los estadios en preflexión, si bien distribuidos en toda la zona, no superaron las 500 larvas/10 m<sup>2</sup>, excepto por un foco ubicado en Tocopilla (22°10'S) entre 1 y 5 mn, que alcanzó un máximo de 2.329 larvas/10 m<sup>2</sup> (Figura 20-panel derecho).

Las larvas en flexión estuvieron escasamente representadas, exhibiendo densidades superiores a 100 larvas/10 m<sup>2</sup> frente a Chucumata (20°30'S) y a Tocopilla (22°10'S), donde se detectó un máximo de 237 larvas/10 m<sup>2</sup> a 10 mn (Figura 21-panel izquierdo). Estadios en post-flexión sólo se registraron en punta Junín (19°40'S) a 10 mn de la costa, con una densidad de 175 larvas/10 m<sup>2</sup> (Figura 21-panel izquierdo).

Los huevos de otras especies se distribuyeron en toda el área, con máximos de 1.435 y 1.138 huevos/10 m<sup>2</sup> a 1 y 5 mn en Arica (18°25'S) y Chucumata (20°30'S) respectivamente. En el resto del área estos estadios mostraron abundancias inferiores a 500 huevos/10 m<sup>2</sup> (Figura 22-panel izquierdo). Las larvas, con una menor cobertura latitudinal, también mostraron densidades menores a 500 larvas/10 m<sup>2</sup>, excepto en Tocopilla (22°10'S) a 10 mn y en Mejillones (23°00'S) a 1 mn de la costa, donde alcanzaron máximos de 818 y 514 larvas/10 m<sup>2</sup> respectivamente (Figura 22-panel derecho).

Tabla 8. Abundancia de huevos y larvas (N°/10 m<sup>2</sup>) de anchoveta (*Engraulis ringens*) y de otras especies, entre los días 26 y 31 de agosto de 2019. L-YS: larvas en estado yolk-sac, LPREF: larvas en estado de pre-flexión, L-FLEX: larvas en estado de flexión, L-POSTF: larvas en estado de post-flexión. DC: distancia de la costa (mn).

Localidad	DC		Eng	raulis ringe	ens		Otras Es	pecies	Tota	ales
Localidad	(mn)	Huevos	L-YS	L-PREF	L-FLEX	L-POSTF	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
	1	9.281	383				1.435		10.716	383
Arico	5	2.442		74			148		2.590	74
(19°25'S)	10	7.830	900				180		8.010	900
(10 25 3)	20	167		83					167	83
	40	335	84					335	335	419
	1	9.283	169				338		9.621	169
punta	5	6.706	344	57			57	57	6.763	459
Madrid	10									
(19°00'S)	20			155				309		464
	40	726	10.627				198	396	924	11.023
	1	21.057	374				94		21.151	374
punta	5	580	1.161	387	97				580	1.644
Junín	10					175				175
(19°40'S)	20	285	475				95	95	380	570
	40	78	1.473						78	1.473
	1	1.826							1.826	
Chusumata	5	1.751	525				1.138	88	2.890	613
(20°20'5)	10				198		198	99	198	297
(20 30 3)	20							160		160
	40	3.311	867	236			79	79	3.389	1.182
	1	440							440	
Chinana	5									
(21°20'S)	10									
(21 20 3)	20						222		222	
	40	24.070	382				458		24.529	382
	1	68		2.318	205		136	205	205	2.727
Toconillo	5			2.329	126		126	818	126	3.273
(22°10'S)	10	770	59	59	237		59	356	830	711
(22 10 5)	20							123		123
	40	2.402	96				96	96	2.498	192
	1			441			73	514	73	955
Majillonas	5						86		86	
(22°00'S)	10							366		366
(23 00 3)	20									
	40									
	TOTAL	93.409	17.919	6.140	862	175	5.217	4.095	98.627	29.191
	AP (%)	94,7	61,4	21,0	3,0	0,6	5,3	14,0		



Figura 18. Estaciones positivas (círculos rojos) para la presencia de huevos y larvas de *Engraulis ringens* entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 19. Distribución de la abundancia de huevos (N°/10 m<sup>2</sup>) de *Engraulis ringens* entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 20. Distribución de la abundancia de larvas (N°/10 m<sup>2</sup>) de *Engraulis ringens* en estado yolksac (panel izquierdo) y pre-flexión (panel derecho) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 21. Distribución de la abundancia de larvas (N°/10 m<sup>2</sup>) de *Engraulis ringens* en estado flexión (panel izquierdo) y post-flexión (panel derecho) entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.



Figura 22. Distribución horizontal de la abundancia (N°/10 m<sup>2</sup>) de huevos (panel izquierdo) y larvas (panel derecho) de otras especies, entre los días 26 y 31 de agosto de 2019.

#### 5.3 Análisis Estadístico

Al analizar la asociación entre los estadios tempranos de anchoveta y las variables físicas, químicas y biológicas, la abundancia de los huevos mostró correlación con la profundidad de la capa de mezcla (r=0,46, p<0,01) y la profundidad del límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno (ZMO) (r=0,50, p<0,01), y con la biomasa fitoplanctónica (r=0,72, p<0,01) y abundancia de diatomeas (r=0,65, p<0,01), microflagelados (r=0,59, p<0,01) y nanoflagelados (r=0,62, p<0,01) (Figura 23). No se registró ninguna relación entre la abundancia de larvas y los parámetros ambientales.

Respecto del análisis comparativo global, con excepción de la abundancia de los microflagelados, todas las variables registradas durante el periodo de invierno desde 2014 a 2019, mostraron diferencias estadísticamente significativas (Tabla 9).

Las diferencias en la temperatura fueron generadas por los inviernos de 2015 y 2016, que resultan los más cálidos de la serie, de igual manera la salinidad exhibió mayores valores en 2014 y 2015 en relación a 2017, 2018 y 2019. La profundidad de la capa de mezcla en 2018 y 2019 ha ocupado su posición más somera y el oxígeno disuelto ha mostrado las menores concentraciones en los inviernos de 2017 y 2018 (Tabla 10, Figura 24). Si bien la profundidad del límite superior de la ZMO exhibió diferencias significativas, la prueba de comparaciones múltiples no definió el periodo que las generó, sin embargo de acuerdo al gráfico de cajas y bigotes, en los tres últimos inviernos (2017, 2018, 2019) se ha localizado más superficial respecto de los tres años anteriores (2014 a 2016) (Figura 24).

Dentro del componente biológico, la abundancia de las diatomeas en 2014 y 2016 fue inferior a la de 2015 y 2018. Los nanoflagelados han presentado sus menores concentraciones en invierno de 2014, y la biomasa fitoplanctónica en 2015 resultó superior a la de 2014 y 2017. La abundancia de zooplancton en 2014 superó los niveles detectados entre 2016 y 2018, y los de 2015 y 2019 son mayores a los de 2016 y 2017. En relación a los huevos, destaca el invierno de 2018 con densidades más altas que en los inviernos de 2014, 2016 y 2017, al igual que las larvas en comparación a 2014 y 2017 (Tabla 11, Figura 25).

Al aplicar el análisis de varianza por localidad, se registraron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables, excepto en la profundidad de localización del límite superior de la ZMO. Además, en Chucumata (20°30'S) sólo se detectaron diferencias en los parámetros biológicos (Tabla 12).

Las diferencias en la temperatura resultaron de los mayores valores registrados en Arica (18°25'S) y Chipana (21°20'S) durante los inviernos 2015 y 2016 en relación a 2014, mientras que en Mejillones (23°00'S) el año 2015 resultó más cálido que 2018. Respecto de la salinidad y del oxígeno disuelto, la prueba de comparaciones múltiples reveló diferencias sólo en Chipana (21°20'S), debidas a las salinidades más altas de 2014 en comparación a 2019, y a las menores concentraciones de oxígeno en 2018 respecto de 2015 y 2019 (Tabla 13, Figura 26). La prueba de comparaciones múltiples no definió el periodo que generó las

diferencias en la profundidad de la capa de mezcla registradas en Mejillones (23°00'S), pero el gráfico de cajas y bigotes muestra su posición más somera en el invierno de 2018 (Figura 26).

Respecto del componente biológico, las diferencias en las diatomeas resultaron de las mayores concentraciones de 2018, en comparación a 2014, registradas en Chucumata (20°30'S). Los microflagelados aumentaron en 2019 en Arica (18°25'S) respecto de 2014 y 2017. Los nanoflagelados también se incrementaron durante 2019 en relación a 2014, en Arica (18°25'S), Chucumata (20°30'S) y Chipana (21°20'S), y la biomasa fitoplanctónica ha mostrado mayores valores en 2015 en Chucumata (20°30'S), y en Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), en comparación a 2014 y a 2017 respectivamente (Tabla 13, Figura 27). En el zooplancton, las diferencias registradas surgieron de las altas abundancias que exhibió este grupo en 2014 en Arica (18°25'S) y Chipana (21°20'S), respecto de 2017 y 2018. Por otra parte, la prueba de comparación de rangos, mostró que las diferencias en los huevos y larvas de anchoveta se debieron a las mayores densidades registradas en Chucumata (20°30'S) durante 2018, en comparación a los años 2014 y 2017 respectivamente (Tabla 13, Figura 28).



Figura 23. Resultados del análisis de correlación entre la abundancia de huevos de anchoveta (rhuevo) (N°/10 m<sup>2</sup>) y la profundidad de la campa de mezcla (rpcm) (m), profundidad de la ZMO (rpomz) (m) y biomasa fitoplanctónica (rcla) ( $\mu$ g Cl-a/L) (panel superior), y la abundancia de diatomeas (rdia) (cél/m<sup>3</sup>), de microflagelados (rflag) (cél/m<sup>3</sup>) y de nanoflagelados (rhnf) (cél/m<sup>3</sup>) (panel inferior), registrada entre el 26 y 31 de agosto de 2019.

Tabla 9. Resultados del análisis comparativo global entre las variables físicas, químicas y biológicas registradas durante los inviernos de 2014 a 2019. K-W: estadístico de Kruskal-Wallis, NS: nivel de significancia.

Variable	K-W	Valor p	NS
TEMPERATURA (°C)	40,36	0,000	< 0,05
SALINIDAD (ups)	38,37	0,000	< 0,05
PCM (m)	38,41	0,000	< 0,05
OXÍGENO DISUELTO (mL/L)	31,27	0,000	< 0,05
PROFUNDIDAD LS_ZMO (m)	14,83	0,011	< 0,05
ABUNDANCIA DIATOMEAS (cél/mL)	25,60	0,000	< 0,05
ABUNDANCIA NANOFLAGELADOS (cél/mL)	39,56	0,000	< 0,05
BIOMASA FITOPLANCTONICA (μg/L)	23,71	0,000	< 0,05
ABUNDANCIA ZOOPLANCTON (N°/10 m <sup>2</sup> )	48,05	0,000	< 0,05
ABUNDANCIA HUEVOS (N°/10 m <sup>2</sup> )	23,77	0,000	< 0,05
ABUNDANCIA LARVAS (N°/10 m²)	20,92	0,001	< 0,05

Tabla 10. Resultados de la prueba de comparación múltiple de rangos después de Kruskal-Wallis aplicado a las variables físicas y químicas registradas durante los inviernos de 2014 a 2019. dif.obs.: diferencias observadas, dif.crit.: diferencias críticas.

Variable	Periodo	dif.obs.	dif.crit.
	2015-2014	36,45	28,50
	2015-2017	27,32	26,92
	2015-2018	35,04	26,51
	2015-2019	26,97	26,51
TEMPERATORA ( C)	2016-2014	42,50	29,58
	2016-2017	33,37	28,06
	2016-2018	41,08	27,67
	2016-2019	33,02	27,67
	2014-2017	32,10	28,06
	2014-2018	42,36	27,67
SALINIDAD (ups)	2014-2019	45,49	27,67
	2015-2018	30,14	26,51
	2015-2019	33,26	26,51
	2018-2014	36,56	27,67
	2018-2015	42,08	26,51
	2018-2016	38,81	27,67
PCM (m)	2018-2017	26,90	26,04
	2019-2014	27,97	27,67
	2019-2015	33,49	26,51
	2019-2016	30,22	27,67
	2017-2015	30,96	26,92
	2017-2016	37,18	28,06
OXÍGENO DISUELTO (mL/L)	2017-2019	34,04	26,04
	2018-2016	29,90	27,67
	2018-2019	26,75	25,61

Tabla 11. Resultados de la prueba de comparación múltiple de rangos después de Kruskal-Wallis aplicado a las variables biológicas registradas durante los inviernos de 2014 a 2019. dif.obs.: diferencias observadas, dif.crit.: diferencias críticas.

Variable	Periodo	dif.obs.	dif.crit.
	2014-2015	31,35	28,50
	2014-2018	37,90	27,67
ABUNDANCIA DIATOMEAS (CEI/ML)	2016-2015	30,39	28,50
	2016-2018	36,94	27,67
	2014-2015	50,26	28,50
	2014-2016	30,75	29,58
ABUNDANCIA NANOFLAGELADOS (cél/ml.)	2014-2017	28,97	28,06
((()))	2014-2018	31,71	27,67
	2014-2019	53,83	27,67
	2015-2014	37,51	28,50
BIOWASA PHOPLANCTONICA (µg/L)	2015-2017	38,15	26,92
	2014-2016	46,79	29,58
	2014-2017	56,74	28,06
ABUNDANCIA ZOOPLANCTON	2014-2018	31,46	27,67
(N°/10 m²)	2015-2017	31,35	26,92
	2019-2016	28,27	27,67
	2019-2017	38,22	26,04
	2018-2014	28,03	27,67
ABUNDANCIA HUEVOS (N°/10 m²)	2018-2016	28,66	27,67
(, 20,	2018-2017	26,25	26,04
ABUNDANCIA LARVAS	2018-2014	32,24	27,67
(N°/10 m²)	2018-2017	29,11	26,04



Figura 24. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis comparativo global entre la información de temperatura (°C), salinidad (ups), profundidad de la capa de mezcla (m), oxígeno disuelto (mL/L) y profundidad del límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno (ZMO) (m), registrada durante los inviernos de 2014 a 2019.



Figura 25. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis comparativo global entre la información de abundancia de diatomeas (cél/mL), abundancia de nanoflagelados (cél/mL), biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L), abundancia de zooplancton (ind/10 m<sup>2</sup>) y de huevos (N°/10 m<sup>2</sup>) y larvas (N°/10 m<sup>2</sup>) de anchoveta, registrada durante los inviernos de 2014 a 2019.

Tabla 12. Resultados del análisis de varianza aplicado por localidad a las variables físicas, químicas y biológicas registradas durante los inviernos de 2014 a 2019. NS: nivel de significancia.

Variable	Localidad	K-W	Valor p	NS
TEMPERATURA (°C)	Arica (18°25'S)	14,44	0,013	< 0,05
	Chipana (21°20'S)	17,77	0,003	< 0,05
	Mejillones (23°00'S)	17,39	0,002	< 0,05
SALINIDAD (ups)	Chipana (21°20'S)	16,49	0,006	< 0,05
	Mejillones (23°00'S)	13,79	0,008	< 0,05
PCM (m)	Mejillones (23°00'S)	15,36	0,004	< 0,05
OXÍGENO DISUELTO (mL/L)	Arica (18°25'S)	14,08	0,015	< 0,05
	Chipana (21°20'S)	14,43	0,013	< 0,05
	Mejillones (23°00'S)	15,01	0,005	< 0,05
ABUNDANCIA DIATOMEAS (cél/mL)	Chucumata (20°30'S)	17,98	0,003	< 0,05
	Chipana (21°20'S)	11,96	0,035	< 0,05
ABUNDANCIA MICROFLAGELADOS (cél/mL)	Arica (18°25'S)	16,59	0,005	< 0,05
	Chipana (21°20'S)	11,73	0,039	< 0,05
ABUNDANCIA NANOFLAGELADOS (cél/mL)	Arica (18°25'S)	12,91	0,024	< 0,05
	Chucumata (20°30'S)	13,43	0,020	< 0,05
	Chipana (21°20'S)	15,62	0,008	< 0,05
BIOMASA FITOPLANCTONICA (μg Cl-a/L)	Chucumata (20°30'S)	17,15	0,004	< 0,05
	Chipana (21°20'S)	18,37	0,003	< 0,05
	Mejillones (23°00'S)	13,74	0,008	< 0,05
ABUNDANCIA ZOOPLANCTON (N°/10 m²)	Arica (18°25'S)	15,18	0,010	< 0,05
	Chucumata (20°30'S)	14,15	0,015	< 0,05
	Chipana (21°20'S)	17,14	0,004	< 0,05
ABUNDANCIA HUEVOS (N°/10 m²)	Chucumata (20°30'S)	14,96	0,011	< 0,05
	Chipana (21°20'S)	13,61	0,018	< 0,05
ABUNDANCIA LARVAS (N°/10 m²)	Chucumata (20°30'S)	15,07	0,010	< 0,05
	Chipana (21°20'S)	14,97	0,011	< 0,05

Tabla 13. Resultados de la prueba de comparación múltiple de rangos después de Kruskal-Wallis aplicado por localidad a las variables físicas, químicas y biológicas registradas durante los inviernos de 2014 a 2019. dif.obs.: diferencias observadas, dif.crit.: diferencias críticas.

Variable	Localidad	Periodo	dif.obs.	dif.crit.
TEMPERATURA (°C)	Arica (18°25'S)	2014-2016	15,75	13,91
	(hinana (21°20'5)	2014-2015	14,75	14,68
	Chipana (21 20 5)	2014-2016	16,50	14,68
	Mejillones (23°00'S)	2015-2018	11,83	10,67
SALINIDAD (ups)	Chipana (21°20'S)	2014-2019	18,50	14,68
	(21°20'5)	2018-2015	16,50	14,68
OXIGENO DISCELLO (IIIL/L)	Chipana (21 20 3)	2018-2019	14,75	14,68
ABUNDANCIA DIATOMEAS (cél/mL)	Chucumata (20°30'S)	2018-2014	16,75	14,68
ABUNDANCIA MICROFLAGELADOS (cél/mL)	Arica (18°25'S)	2019-2014	13,00	12,88
ABUNDANCIA NANOFLAGELADOS (cél/mL)	Arica (18°25'S)	2019-2017	14,17	13,91
	Chucumata (20°20'S)	2014-2019	15,50	12,88
	Chucumata (20 SO S)	2014-2015	16,00	14,68
	(21°20'S)	2014-2019	15,50	14,68
	Chipana (21 20 3)	2014-2015	16,00	14,68
BIOMASA FITOPLANCTONICA (μg Cl-a/L)	Chucumata (20°30'S)	2015-2014	16,50	14,68
	Chipana (21°20'S)	2015-2017	18,25	14,68
	Mejillones (23°00'S)	2015-2017	11,17	10,67
ABUNDANCIA ZOOPLANCTON (N°/10 m²)	Arica (18°25'5)	2014-2017	14,50	13,91
	Alica (10 25 5)	2014-2018	13,50	12,88
	Chipana (21°20'S)	2014-2017	16,25	14,68
ABUNDANCIA HUEVOS (N°/10 m <sup>2</sup> )	Chucumata (20°30'S)	2014-2018	14,75	14,68
ABUNDANCIA LARVAS (N°/10 m²)	Chucumata (20°30'S)	2017-2018	16,50	14,68



Figura 26. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado por localidad a la información de temperatura (°C), salinidad (ups), profundidad de la capa de mezcla (m) y oxígeno disuelto (mL/L) registrada durante los inviernos de 2014 a 2019.



Figura 27. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado por localidad a la información de abundancia (cél/mL) de diatomeas, microflagelados y nanoflagelados, y de biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) registrada durante los inviernos de 2014 a 2019.



Figura 28. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado por localidad a la información de abundancia (N°/10 m<sup>2</sup>) de zooplancton y de huevos y larvas de anchoveta registrada durante los inviernos de 2014 a 2019.

#### 6. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Durante el presente crucero, predominaron condiciones frías en la región. Como es habitual, se registró la presencia del ASS con una distribución limitada al sector oceánico (20-40 mn) y norte del área (18°25'S-19°40'S), ocupando los primeros 30 m de profundidad. La estructura oceanográfica en la franja entre 1 y 10 mn, evidenció la ocurrencia de procesos de surgencia, con un dominio del ASAA en gran parte de la columna de agua. Al respecto, considerando la señal anual de la intensidad del afloramiento, los valores promedio del TEk en agosto de 2019 se mantuvieron dentro de los rangos registrados desde 2015 en las tres localidades, sin evidenciarse diferencias estadísticamente significativas (p>0,05), sin embargo, las magnitudes son las más bajas de la serie, especialmente en Chucumata (Figura 29), donde durante varios días se registraron valores negativos coincidentes con el periodo de realización del crucero.



Figura 29. Transporte Ekman promedio mensual (m<sup>3</sup>/s/km) en Arica, Chucumata y Mejillones, entre agosto de 2014 y septiembre de 2019.

Dentro del componente biológico, la comunidad fitoplanctónica exhibió cambios que se detectaron principalmente en Arica (18°25'S), localidad en la cual se registró un incremento en la abundancia de diatomeas, microflagelados y nanoflagelados, generando diferencias significativas. Los flagelados, además, dieron cuenta de las mayores biomasas registradas, lo que revela la presencia de formas autotróficas y condiciones favorables para la comunidad en ese sector. Las diatomeas por su parte, presentaron un cambio en su distribución al concentrarse en Arica (18°25'S), ya que habitualmente las mayores abundancias de este grupo se localizan desde Chucumata (20°30'S) al sur. El componente zooplanctónico se caracterizó por la típica dominancia de Copepoda y de la fracción de tamaño entre 0,25 y 0,75 mm. El análisis comparativo global, mostró que este grupo aumentó su abundancia, pero localmente los niveles de 2014 siguen siendo los más altos de la serie en Arica (18°25'S), Chucumata (20°30'S) y Chipana (21°20'S). La distribución también mantuvo la tendencia de exhibir altas concentraciones hacia las 20 y 40 mn,

excepto por los focos costeros que habitualmente coinciden con la presencia de fitoplancton, situación que se observó durante este periodo en Chipana (21°20'S).

Respecto de los estadios tempranos de anchoveta, los huevos mostraron una amplia distribución, sin embargo estuvieron ausentes en Mejillones (23°00'S), localidad donde habitualmente exhiben altas abundancias, y al igual que las larvas en estado yolk-sac se concentraron principalmente entre Arica (18°25'S) y Chucumata (20°30'S) probablemente asociadas a la presencia de alimento. Al respecto es interesante destacar la asociación entre la abundancia de huevos y las variables profundidad del límite superior de la ZMO y de la capa de mezcla, las que mostraron su posición más somera en Arica (18°25'S) y punta Madrid (19°00'S) respectivamente. De igual manera se relacionaron positivamente con el fitoplancton, grupo que exhibió sus mayores concentraciones en esas localidades. En relación a las abundancias de los estadios tempranos, este año no exhibió diferencias significativas con inviernos anteriores. Los resultados del análisis comparativo muestran que el 2018 sigue siendo el periodo con las mayores densidades de huevos y larvas en Chucumata (20°30'S) y Chipana (21°20'S).

El escenario ambiental, determinado por las condiciones físicas y químicas, se ha mantenido en los últimos tres inviernos analizados, sin registrarse diferencias significativas desde 2017. Sin embargo, es importante resaltar la disminución del afloramiento durante agosto de 2019, en particular en el sector de Chucumata (20°30'S) y Mejillones (23°30'S), lo que no propició el desarrollo de una típica comunidad fitoplanctónica dominada, en términos de abundancia y distribución, por las diatomeas. Su concentración en el sector norte del área (18°25'S-19°40'S) puede asociarse a condiciones de surgencia más favorables, al igual que la presencia de los estadios tempranos de anchoveta. Por otra parte, el zooplancton exhibió sus mayores abundancias en Chipana (21°20'S) y Mejillones (23°00'S), lo cual puede ser también parte de la explicación de la ausencia de las otras comunidades debido a la presión de pastoreo que puede ejercer. Es interesante destacar la condición en Chipana (21°20'S), donde se registró un foco de alta temperatura y bajas densidades a nivel costero (1-5 mn), junto a una pequeña proliferación de diatomeas y a los máximos de zooplancton y nanoflagelados. Este escenario resulta similar al de sombra de surgencia descrito en Mejillones (23°00'S).

Por otra parte, tomando en consideración el efecto remoto, hay que señalar que este invierno exhibió la menor temperatura mínima superficial desde 2014, lo cual puede asociarse a la persistencia, desde junio, de las anomalías negativas que ha presentado la TSM en la región El Niño 1+2 (Boletines CIIFEN, septiembre, 2019).

## 7. LITERATURA CITADA

Boletín CIIFEN El Niño/La Niña en América Latina, Septiembre 2019. www.ciifen.org

Boletín CIIFEN Análisis del Océano, Septiembre 2019. www.ciifen.org

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

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. 1976. A note on a theorical subsampling distribution of Macroplankton. J. Cons. Int. Explor. Mer., 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. 2018. 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.