



# 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 PRIMAVERA** 

**NOVIEMBRE DE 2016** 

# 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
OBJETIVOS GENERALES
OBJETIVOS ESPECÍFICOS
MATERIAL Y METODOS
RESULTADOS
Condiciones físicas y químicas10
Estructura de la Comunidad Planctónica 20
Fitoplancton
Fitoplancton
Fitoplancton
Fitoplancton 20   Zooplancton 32   Ictioplancton 41   Análisis Estadístico 47
Fitoplancton 20   Zooplancton 32   Ictioplancton 41   Análisis Estadístico 47   DISCUSION 55

#### **RESUMEN EJECUTIVO**

En el área comprendida entre Arica (18°25'S) y Mejillones (23°00'S), se llevó a cabo el crucero de primavera de 2016, entre los días 21 y 29 de noviembre, 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 se dispusieron seis transectas perpendiculares a la costa con estaciones distribuidas entre 1 y 40 mn, desde donde se obtuvieron perfiles verticales de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto utilizando un CTDO SeaBird19. Entre 1 y 20 mn de la costa se tomaron muestras discretas 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 físico-químicas y biológicas registradas durante el invierno de 2014, 2015 y 2016.

Las condiciones de temperatura, salinidad y densidad en la franja costera (1-10 mn) revelaron la presencia del Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS), la cual se encontró asociada al Agua Subantártica (ASAA) en el sector de Mejillones (23°00'S). El Agua Subtropical Superficial (ASS) se encontró restringida al sector norte del área (Arica (18°25'S)-Punta Madrid (19°00'S)). Concordante con el ascenso de agua subsuperficial, la isoterma de 15°C se localizó entre los 20 m y 30 m en la costa (1-10 mn) exhibiendo un hundimiento hacia las 40 mn. El oxígeno disuelto superficial se mantuvo por sobre los 5,0 mL/L incluso en la costa, lo cual se atribuye a la actividad fitoplanctónica, ya que el límite superior de la ZMO se registró a menos de 20 m de profundidad en las primeras 5 mn. Los valores del Transporte Ekman evidenciaron la ocurrencia de intensos procesos de surgencia, los cuales, durante las horas de mayor intensidad de viento (17:00-21:00), superaron los 1.000 m<sup>3</sup>/s/km.

El microfitoplancton presentó máximas superiores a 1.000 cél/mL en Punta Madrid (19°00'S), Chipana (21°20'S) y Copaca (22°21'S). En el área Arica (18°25'S-19°00'S) el dinoflagelado del género *Prorocentrum* exhibió una proliferación mono-específica, contribuyendo a la abundancia total del grupo con más del 90%. En Chipana (21°20'S) y Copaca (22°21'S), las abundancias se debieron a especies del género *Chaetoceros* y a *Leptocylindrus danicus*, que realizaron aportes superiores al 80%. La distribución de la biomasa fitoplanctónica coincidió con la presencia ambos grupos del microfitoplancton, con el máximo (78,3 µg Cl-a/L) asociado a *Prorocentrum* sp. El zooplancton exhibió un dominio de abundancias mayores a 100,0 ind/10 m<sup>2</sup>, con un máximo de 274,6 ind/10 m<sup>2</sup> en Copaca

(22°20'S). El grupo Copepoda aportó en promedio, con el 77,4% a la abundancia total, y con el 85,0% a la concentración de organismos con tamaños entre 0,25 y 075 mm, los cuales fueron dominantes. Los huevos y larvas de anchoveta contribuyeron con un 95,8% y 71,4% a la abundancia total del componente ictioplanctónico. Ambos estadios se concentraron en el área Arica (18°25'S-19°00'S), donde se registró un máximo de 222.904 huevos/10 m<sup>2</sup> y de 1.990 y 1.634 larvas/10 m<sup>2</sup> en estado yolk-sac y pre-flexión respectivamente. La abundancia de huevos y larvas se correlacionó con la profundidad del LS\_ZMO, y en forma más significativa con la abundancia y biomasa del microfitoplancton.

El análisis comparativo global reveló que durante 2016 la salinidad, la profundidad de la isoterma de 15°C y del LS\_ZMO fueron menores, mientras que se registró un incremento en la concentración de oxígeno disuelto. En relación al componente biológico, la abundancia de microflagelados registrada durante 2016 se incrementó, a diferencia de lo que ocurrió con la abundancia de zooplancton. En el análisis por área, Arica (18°25'S-19°00'S) reflejó lo que ocurrió a nivel global. En el área Chipana (20°30'S-21°20'S) la abundancia de huevos y larvas de anchoveta presentó diferencias significativas debido a la ausencia de estos componentes en esa zona durante 2016, y en el área Mejillones (22°00'S-23°00'S) destacó la temperatura y el oxígeno disuelto por su incremento en la primavera de 2016.

El escenario ambiental reveló una tendencia del sistema a retornar a condiciones previas a la manifestación del evento EN 2015-2016, lo que quedó evidenciado por la estructura termal, por la restricción del Agua Subtropical Superficial (ASS) al sector norte, y por la menor profundidad de localización de la isoterma de 15°C y del LS\_ZMO. El incremento en las abundancias de los microflagelados se asoció a la presencia del ASS en el sector norte, mientras que las diatomeas respondieron favorablemente a las condiciones imperantes en la costa (1-10 mn), principalmente desde Chucumata (20°30'S) al sur. El zooplancton, dominado por el grupo Copepoda, presentó sus mayores abundancias coincidentes con las de las diatomeas, pero resultaron inferiores a las registradas en las primaveras anteriores. Se registró la mayor abundancia de huevos de *Engraulis ringens* de todos los periodos analizados. Su presencia restringida al área Arica (18°25'S-19°00'S) se debería a que las condiciones ambientales (densidad, lo somero la profundidad de la isoterma de 15°C y las altas concentraciones de fitoplancton) habrían favorecido su mantención en esa zona. Las larvas también se concentraron en el área Arica, donde exhibieron una fuerte asociación con el componente fitoplanctónico.

Los resultados, acorde con la información entregada por Ciifen (Boletín octubre de 2016), sugieren condiciones oceanográficas de neutralidad.

# 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 décimo crucero bio-oceanográfico estacional, correspondiente al crucero de primavera de 2016, 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 tres grillas de trabajo distribuidas al norte, centro y sur del área. Cada grilla estuvo conformada por dos transectas perpendiculares a la costa 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 21 y 29 de noviembre de 2016.

#### Muestreo y registro de información

El crucero se llevó a cabo entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016. Entre los días 21 y 23 se visitó la Grilla Centro y la Grilla Sur en la embarcación PAM "Atacama V" proporcionada por la empresa pesquera Camanchaca S.A., y entre el 28 y 29 de noviembre se muestreó la Grilla Norte a bordo del PAM "Audaz" de la empresa pesquera CORPESCA S.A.

En cada una de las estaciones se realizaron perfiles verticales de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto, utilizando un CTDO SeaBird-19. En los puntos de muestreo localizados entre 1 mn y 20 mn de la costa 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 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 y Driver (1976) y las densidades fueron estandarizadas por 10 m<sup>2</sup> de superficie oceánica (Smith y Richardson, 1979).

#### Análisis de la información

La información de las variables físicas, químicas y biológicas fue analizada mediante gráficos de distribución horizontal y vertical.

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. Estas estuvieron representadas por las grillas de muestreo, denominándose área Arica al sector entre Arica y Punta Madrid, área Chipana entre Chucumata y Chipana, y área Mejillones a la zona entre Copaca y Mejillones.

Se estimó, además, la profundidad del límite superior de la ZMO (LS\_ZMO), la estabilidad de la columna de agua 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 desde interpolación lineal de los perfiles de OD construidos con los datos registrados por el CTDO. Para cuantificar la estabilidad de la columna de agua, se calculó el índice de la anomalía de la energía potencial (PEA) ( $\phi$ ):

$$\Phi = \frac{g}{H} \int_{-H}^{0} (\rho m - \rho) z dz$$

donde  $\phi$  es el índice de la anomalía de la energía potencial (PEA) (J/m<sup>3</sup>), *H* es la altura de la columna de agua (m),  $\rho$  es la densidad en cualquier profundidad *z*,  $\rho m$  es la densidad promedio de la columna de agua, y *g* es la aceleración gravitacional (9,8 m/s<sup>2</sup>). Este índice estima el déficit en energía potencial debido al gradiente de densidad (Bowden, 1983), es decir, expresa la cantidad de energía mecánica necesaria para homogeneizar una columna de agua con un determinado gradiente de densidad.

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.

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 las primaveras de 2014 y 2015. La comparación se realizó con toda la información global y por áreas. 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 16,2°C y un máximo de 22,7°C. Toda la franja costera, entre 1 mn y 5 mn, exhibió valores inferiores a 19°C, observándose el mínimo superficial (16,2°C) frente a Copaca (22°20'S) a 1 mn. Costa afuera la temperatura se incrementó, asociada a la intrusión de un agua cálida desde el norte y desde la región oceánica, con temperaturas superiores a 20°C, y que se extendió desde Arica (18°25'S) hasta Copaca (22°20'S) entre las 20 mn y las 40 mn. Sólo en Mejillones (23°00'S) se registraron aguas con valores inferiores a 20°C a lo largo de toda la transecta (Figura 2A).

La distribución vertical mostró, desde las 10 mn costa afuera, el estrato superficial (0-10 m) influenciado por valores superiores a 20°C, mientras que en la zona costera la disposición de las isolíneas evidenció el ascenso de aguas subsuperficiales en toda el área, permitiendo la presencia, entre 1 mn y 5 mn, de valores inferiores a 16°C (Figura 3-panel izquierdo). Acorde con lo anterior, la isoterma de 15°C exhibió una somera posición en la costa, ubicándose alrededor de los 20 m entre 1 mn y 10 mn. Hacia las estaciones más alejadas de la costa se profundizó, alcanzando un máximo de 75 m frente a Copaca (22°20'S) a 40 mn (Figura 6- panel izquierdo).

#### Salinidad

La salinidad superficial presentó valores extremos de 34,42 ups y 35,33 ups. Salinidades inferiores a 34,9 se registraron en toda el área entre 1 mn y 5 mn de la costa, por el ascenso del Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). Hacia el sector más oceánico, coincidente con las aguas de mayor temperatura, los valores se incrementaron por sobre las 35 ups, indicando la presencia del Agua Subtropical Superficial (ASS), que se propagó hacia el sur hasta Copaca (22°20'S). En esta localidad se vio restringida por el ingreso, desde la región oceánica, de un agua con bajas salinidades (<34,8) asociada a la presencia del Agua Subantártica (ASAA), la cual predominó en el sector de Mejillones (23°00'S) (Figura 2B).

La distribución vertical mostró salinidades superiores a 35 ups muy restringidas al estrato superficial. En toda el área, la columna de agua se encontró influenciada por valores cercanos a 34,8 ups, que revelan la presencia del AESS. Desde Chucumata (20°30'S) al sur, se observaron focos de baja salinidad (<34,7), correspondientes al ASAA que se mezcló y habría sido desplazada hacia la superficie por el AESS. El ingreso del ASAA desde la región más oceánica, se registró alrededor de los 50 m de profundidad frente a Mejillones (23°00'S), propagándose hacia la costa y hacia el norte (Figura 3-panel derecho).

#### Densidad

La densidad ( $\sigma$ -t) en superficie fluctuó entre 23,87 y 25,54. Estos valores revelaron el dominio del ASS, la cual habría tenido una mayor influencia en el sector oceánico, entre las 20 mn y 40 mn (Figura 2C).

Acorde con la temperatura, las secciones verticales mostraron el ascenso de aguas de mayor densidad en la costa (1-5 mn), asociada a la presencia del AESS, mientras que desde las 10 mn costa afuera, el estrato entre la superficie y los 40 m de profundidad se mantuvo con el dominio del ASS. Los valores de densidad bajo los 50 m, sugieren mezcla entre el ASAA y el AESS (Figura 4-panel izquierdo).

### **Diagramas T-S**

El diagrama T-S global evidenció el predominio del Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). El Agua Subtropical Superficial (ASS) tuvo una participación menor, que se restringió principalmente al área Arica (18°25'S-19°00'S), mientras que en el área Mejillones (22°00'S-23°00'S) se incrementó la influencia del Agua Subantártica (ASAA) (Figura 5).

### Estabilidad (PEA)

Sólo las estaciones localizadas a 1 mn de la costa, mostraron valores del índice PEA inferiores a 50 J/m<sup>3</sup>, indicando mayor turbulencia. En el resto del área predominaron condiciones de alta estabilidad, predominando valores superiores a 100 J/m<sup>3</sup> (Tabla 1).

## **Oxígeno Disuelto (OD)**

La concentración de oxígeno disuelto en superficie fluctuó entre 4,2 y 7,7 mL/L, lo cual indica que la capa superficial se encontró bien oxigenada (>4,0 mL  $O_2/L$ ). El máximo (7,7 mL  $O_2/L$ ) se registró frente a Chipana (21°20'S) a 1 mn de la costa, y otros máximos secundarios (siempre mayores a 7,0 mL  $O_2/L$ ) se registraron entre 5 mn y 20 mn de la costa en Arica (18°25'S), Punta Madrid (19°00'S) y Mejillones (23°00'S) (Figura 2D), todos probablemente asociados a la actividad del fitoplancton.

La distribución vertical mostró que concentraciones superiores a 4,0 mL O<sub>2</sub>/L se extendieron hasta cerca de los 40 m de profundidad, pero desde las 10 mn costa afuera, ya que en la costa (1-5 mn) la posición de las oxilíneas reveló el ascenso de aguas con valores entre 3,0 y 4,0 mL O<sub>2</sub>/L (Figura 4- panel derecho). Concordante con esto, la posición del límite superior de la ZMO (oxilínea de 1 mL O<sub>2</sub>/L) se localizó a profundidades inferiores a 30 m en la costa (1-5 mn), profundizándose hacia el sector más oceánico, donde alcanzó los 90 m frente a Copaca (22°20'S) a 40 mn (Figura 6-panel derecho).

# Transporte de Ekman (TEk)

En todas las localidades se registraron valores positivos del TEk que indican ocurrencia de procesos de surgencia. Durante las horas de mayor intensidad (17:00-21:00), éstos superaron los 1.000 m<sup>3</sup>/s/km. En Iquique se registró la máxima intensidad, que alcanzó 3.608 m<sup>3</sup>/s/km y, al igual que en Arica, las principales magnitudes se mantuvieron alrededor de los 2.000 m<sup>3</sup>/s/km. En Antofagasta descendieron las intensidades, encontrándose las más altas cercanas a 1.500 m<sup>3</sup>/s/km (Figura 7).



Figura 2. Distribución superficial de A: Temperatura (°C), B: Salinidad (ups), C: Densidad ( $\sigma$ -t) y D: Oxígeno disuelto (mL/L), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 3. Secciones verticales de Temperatura (°C) (panel izquierdo) y Salinidad (ups) (panel derecho), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 4. Secciones verticales de Densidad ( $\sigma$ -t) (panel izquierdo) y Oxígeno Disuelto (mL/L) (panel derecho), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



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 Arica (18°25'S-19°00'S), Chipana (20°30'S-21°20'S) y Mejillones (22°20'S-23°00'S) (panel inferior), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 6. Profundidad de la isoterma de 15°C (m) (panel-izquierdo) y profundidad del LS\_ZMO (m) (panel-derecho) entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.

Tabla 1. Profundidad del límite superior de la ZMO (LS\_ZMO) (m) y valores del Índice de la Anomalía de la Energía Potencial (PEA) (J/m<sup>3</sup>) entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016. DC: Distancia de la costa (mn), PROFCTDO: profundidad de registro del CTDO (m), PROFEST: profundidad estación (m).

LOCALIDAD	DC (mn)	LS_ZMO (m)	PEA (J/m³)	PROFCTDO (m)	PROFEST (m)
	1	4	13,0	13	21
Arica (18°25'S)	5	14	55,3	60	82
	10	19	92,0	75	124
	20	23	150,6	200	778
	40	35	199,4	200	1050
Punta Madrid (19°00'S)	1	14	37,6	70	110
	5	21	139,4	199	550
	10	34	183,4	190	1000
	20	48	255,9	200	1370
	40	54	334,4	200	1850
	1	21	54,2	65	80
Chucumata (20°30'S)	5	14	92,8	150	111
	10	25	195,7	185	226
	20	35	215,9	195	650
	40	43	253,4	200	2850
	1	27	51,8	65	75
Chinana	5	29	62,7	79	120
(21°20'S)	10	45	131,4	110	410
(21 20 3)	20	80	257,4	190	2700
	40	62	204,4	200	2800
	1	23	41,2	100	100
Canada	5	39	189,7	190	431
	10	53	211,0	170	1200
(22 20 3)	20	68	260,9	189	1900
	40	90	251,5	200	4900
	1	26	39,6	60	100
Majillanas	5	44	80,4	65	480
	10	46	214,4	200	1350
(25 00 5)	20	65	229,8	196	3200
	40	87	292,4	200	6100



Figura 7. Transporte Ekman diario (m<sup>3</sup>/s/km) en Arica, Iquique y Antofagasta, entre los días 18 y 30 de noviembre de 2016.

#### Estructura de la Comunidad Planctónica

#### Fitoplancton

La abundancia total del microfitoplancton fluctuó entre 0,1 y 1.682,6 cél/mL. Los valores integrados entre la superficie y los 10 m de profundidad, muestran las mayores concentraciones entre 1 mn y 5 mn, las que en el norte (Arica (18°25'S)-Punta Madrid (19°00'S)) superaron las 1.000 cél/mL y hacia el sur, si bien descendieron, se mantuvieron por sobre 500 cél/mL. En el área Arica (18°25'S)-Punta Madrid (19°00'S), ambos grupos exhibieron abundancias y aporte porcentuales similares, aunque los microflagelados superaron levemente a las diatomeas con un máximo superior a 1.000 cél/mL. Las diatomeas fueron más importantes desde Chucumata (20°30'S) al sur, donde realizaron aportes al total superiores al 95%, con un máximo de 800 cél/mL (Tabla 2).

Al analizar la distribución horizontal de la abundancia de las diatomeas, las mayores concentraciones (>500 cél/mL) se registraron entre la superficie y los 10 m de profundidad. En estos estratos el patrón de distribución no cambió, observándose dos focos importantes, uno frente a Arica (18°25'S) y otro que se extendió desde Chipana (21°20'S) a Copaca (22°21'S). En Arica (18°25'S) el grupo alcanzó una máxima de 858,5 cél/mL a 10 mn de la costa y a 10 m de profundidad. En el sector del sur, se registraron dos máximos importantes a 1 mn, el principal de 1.078,8 cél/mL localizado a 5 m frente a Copaca (22°20'S), y uno secundario de 1.008,9 cél/mL ubicado a 10 m en Chipana (21°20'S) (Figura 8). A 25 m predominaron abundancias inferiores a 10,0 cél/mL, excepto por la mantención del núcleo en Chipana (21°20'S) que alcanzó 773,0 cél/mL. En el estrato de los 50 m de profundidad las concentraciones fueron inferiores a 5,0 cél/mL (Figura 9).

En la componente vertical, la sección de Arica (18°25'S) muestra el foco de máxima subsuperficial (10 m) que se extendió hasta las 10 mn de la costa, y en profundidad hasta cerca de los 40 m, donde aún se registraron concentraciones superiores a 100 cél/mL. En las secciones de Chipana (21°20'S) y Copaca (22°20'S) los focos subsuperficiales de máxima abundancia, se restringieron longitudinalmente a las primeras 5 mn de la costa, pero en profundidad alcanzaron hasta cerca de los 30 m, con valores superiores a 200 cél/mL, especialmente en Chipana (21°20'S). En las otras localidades la columna de agua estuvo dominada por abundancias inferiores a 100 cél/mL (Figura 12-panel izquierdo).

La distribución horizontal de la abundancia de los microflagelados se caracterizó por la presencia de un foco de máxima concentración (>500 cél/mL) que se extendió desde Arica (18°25'S) a Punta Madrid (19°00'S), entre la costa y las 10 mn, y se mantuvo entre la superficie y los 10 m de profundidad. La abundancia máxima fue de 1.446,2 cél/mL y se localizó a 1 mn y a 5 m de profundidad frente a Punta Madrid (19°00'S), mientras que en Arica se detectaron máximas cercanas a 800 cél/mL en los tres estratos a 5 mn de la costa. Hacia el sur se observó un fuerte gradiente de disminución, predominando valores inferiores a 50 cél/mL (Figura 10). A los 25 m se registró un pequeño foco en Punta Madrid (19°00'S) a 20 mn de la costa, que alcanzó las 95,1 cél/mL. En el estrato de los 50 m de profundidad el grupo estuvo prácticamente ausente (Figura 11).

Las secciones vertical de Arica (18°25'S) muestra la presencia del foco muy localizado a las 5 mn y hasta los 10 m de profundidad, pero las abundancias superiores a 200 cél/mL se extendieron hasta cerca de los 20 m y hasta las 10 mn de la costa. En Punta Madrid la máxima se restringió más a la costa (1 mn), observándose concentraciones mayores a 200 cél/mL sólo hasta las 5 mn y hasta los 15 m de profundidad aproximadamente. Desde Chucumata (20°30'S) al sur, la columna de agua exhibió valores inferiores a 5,0 cél/mL (Figura 12-panel derecho).

El análisis de la composición específica, permitió identificar un total de 109 representantes del microfitoplancton (20-200 µm), de los cuales 59 pertenecieron al grupo de las diatomeas y 50 a los microflagelados. Las especies de diatomeas que dieron cuenta de las abundancias observadas, fueron *Chaetoceros compressus*, *C. danicus*, *C. lorenzianus* y *Leptocylindrus danicus*. *L. danicus* se distribuyó en toda la zona, destacando entre Arica (18°25'S) y Chucumata (20°30'S) junto a *C. danicus*. En Chipana (21°20'S), si bien estuvo presente, *C. compressus* y *C. lorenzianus* realizaron los mayores aportes (60%) a la abundancia total. En el sector Copaca (22°20'S)-Mejillones (23°00'S) *L. danicus* nuevamente se hizo dominante, con una proliferación de carácter casi mono específica. Entre los microflagelados destacó *Prorocentrum* sp. con aportes superiores al 80% en el sector Arica (18°25'S)-Punta Madrid (19°00'S) (Tabla 3).

La biomasa fitoplanctónica fluctuó entre 0,2 y 78,3  $\mu$ g Cl-a/L. Las concentraciones integradas, entre la superficie y los 10 m de profundidad, muestran valores superiores a 20,0  $\mu$ g Cl-a/L asociados a las zonas donde se registraron las máximas abundancias fitoplanctónicas (Tabla 4).

Coincidente con lo anterior, la distribución horizontal mostró la presencia de biomasas superiores a 10,0 µg Cl-a/L en toda la franja costera (1-10 mn) entre Arica (18°25'S) y Copaca (22°20'S), y dos focos de alta concentración (>20,0 µg Cl-a/L) que se mantuvieron entre la superficie y los 10 m de profundidad. En el primero, que se extendió entre Arica (18°25'S) y Punta Madrid (19°00'S), se registró la máxima biomasa (78,3 µg Cl-a/L), localizada en superficie a 1 mn frente a Punta Madrid (19°00'S). Este núcleo, a 10 m de profundidad, se extendió hasta las 20 mn de la costa, donde se observaron valores superiores a 30,0 µg Cl-a/L. El segundo foco se ubicó entre Chipana (21°20'S) y Copaca (22°21's) y estuvo muy restringido a 1 mn. La máxima fue de 47,4 µg Cl-a/L y se detectó a 10 m de profundidad frente a Chipana (21°20'S) (Figura 13). A 25 m el núcleo de Chipana (21°20'S) se mantuvo con 36,9 µg Cl-a/L, y a 50 m predominaron biomasas inferiores a 1,0 µg Cl-a/L (Figura 14).

La distribución vertical en Arica (18°25'S) mostró el foco de máxima biomasa extendiéndose con valores superiores a 10,0  $\mu$ g Cl-a/L, hasta cerca de los 20 m de profundidad y hasta las 20 mn, mientras que en Punta Madrid (19°00'S) el núcleo se

mantuvo muy pegado a la costa (1 mn) y a la superficie, registrándose un fuerte gradiente de disminución hacia la región más oceánica y hacia los estratos más profundos, sin embargo, biomasas superiores a 10,0 µg Cl-a/L se mantuvieron por sobre los 20 m hasta las 10 mn de la costa. En Chipana (21°20'S) toda la columna de agua, entre 1 mn y 5 mn, se encontró influenciada por valores de biomasa mayores a 10,0 µg Cl-a/L, mientras que en Copaca (22°21'S), éstos e restringieron al estrato superficial (0-10 m). En las otras localidades la columna de agua estuvo dominada por concentraciones inferiores a 5,0 µg Cl-a/L (Figura 15).

Tabla 2. Abundancia fitoplanctónica integrada (cél/mL) entre la superficie y los 10 m de profundidad y aporte porcentual (%) de diatomeas (DIATO) y microflagelados (M\_FLAGE), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016. MF\_TOTAL: microfitoplancton total, DC: distancia de la costa (mn).

LOCALIDAD	DC (mn)	MF_TOTAL	DIATO	M_FLAGE	%DIATO	%M_FLAGE
	1	827,2	457,4	369,8	55,3	44,7
Arica	5	1050,2	357,6	692,7	34,0	66,0
(18°25'S)	10	829,3	524,4	304,9	63,2	36,8
	20	125,3	18,4	106,9	14,7	85,3
	1	1322,0	300,1	1022,0	22,7	77,3
Punta Madrid	5	626,1	291,1	335,0	46,5	53,5
(19°00'S)	10	340,2	328,2	12,0	96,5	3,5
	20	3,1	2,6	0,5	83,6	16,4
	1	120,1	116,0	4,1	96,6	3,4
Chucumata	5	60,4	58,6	1,9	96,9	3,1
(20°30'S)	10	298,1	290,4	7,8	97,4	2,6
	20	40,9	40,4	0,6	98,6	1,4
	1	803,3	800,0	3,3	99,6	0,4
Chipana	5	568,2	566,0	2,3	99,6	0,4
(21°20'S)	10	0,6	0,3	0,3	52,7	47,3
	20	1,4	0,8	0,6	57,6	42,4
	1	744,8	742,6	2,2	99,7	0,3
Copaca	5	490,3	489,3	1,0	99,8	0,2
(22°20'S)	10	2,8	1,7	1,1	60,4	39,6
	20	0,5	0,2	0,3	44,4	55,6
	1	3,5	2,5	1,0	71,1	28,9
Mejillones	5	2,4	1,5	1,0	60,7	39,3
(23°00'S)	10	3,8	3,1	0,7	80,5	19,5
	20	162,8	162,0	0,8	99,5	0,5

Tabla 3. Abundancia máxima (ABMAX) (cél/mL) y aporte porcentual (AP) (%) de las especies y géneros de diatomeas y flagelados que presentaron las mayores concentraciones celulares entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016. DIATOMEAS: *Ccompressus: Chaetoceros compressus, Cdanicus: Chaetoceros danicus, Clorenzianus: Chaetoceros lorenzianus, Ldanicus: Leptocylindrus danicus.* FLAGELADOS: *Proro* sp.: *Prorocentrum sp.* 

	LOCALIDAD											
GRUPOS	Arica (18°25'S)		Punta Madrid (19°00'S)		Chucumata (20°30'S)		Chipana (21°20'S)		Copaca (22°20'S)		Mejillones (23°00'S)	
DIATOMEAS	ABMAX (cél/mL)	AP (%)	ABMAX (cél/mL)	AP (%)	ABMAX (cél/mL)	AP (%)	ABMAX (cél/mL)	AP (%)	ABMAX (cél/mL)	AP (%)	ABMAX (cél/mL)	AP (%)
Ccompressus							524,4	42,0				
Cdanicus	198,4	11,9	306,8	32,4	372,4	83,1						
Clorenzianus							204,0	18,4				
Ldanicus	643,0	82,9	219,6	46,7	43,2	9,3	172,8	10,9	1020,0	93,0	184,0	75,8
FLAGELADOS												
Proro sp.	865,2	96,3	1179,6	80,0								

Tabla 4. Biomasa fitoplanctónica (BF) integrada ( $\mu$ g Cl-a/L) entre la superficie y los 10 m de profundidad, entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016. DC: distancia de la costa (mn).

LOCALIDAD	DC (mn)	BF (µg Cl-a/L)
	1	15,2
Arica	5	28,2
(18°25'S)	10	28,3
	20	9,9
	1	62,7
Punta Madrid	5	10,1
(19°00'S)	10	22,6
	20	22,2
	1	0,8
Chucumata	5	6,3
(20°30'S)	10	9,0
	20	2,0
	1	41,0
Chipana	5	18,4
(21°20'S)	10	1,1
	20	0,6
	1	31,5
Сораса	5	8,4
(22°20'S)	10	0,8
	20	0,4
	1	1,8
Mejillones	5	1,2
(23°00'S)	10	1,2
	20	1,6



Figura 8. Distribución horizontal de la abundancia de diatomeas (cél/mL) en superficie, 5 m y 10 m de profundidad, entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 9. Distribución horizontal de la abundancia de diatomeas (cél/mL) a 25 m y 50 m de profundidad, entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 10. Distribución horizontal de la abundancia de microflagelados (cél/mL) en superficie, 5 m y 10 m de profundidad, entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 11. Distribución horizontal de la abundancia de microflagelados (cél/mL) a 25 m y 50 m de profundidad, entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 12. Secciones verticales de la abundancia (cél/mL) de diatomeas (panel-izquierdo) y microflagelados (panel-derecho), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 13. Distribución horizontal de la biomasa fitoplanctónica ( $\mu$ g Cl-a/L) en superficie, 5 m y 10 m de profundidad, entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 14. Distribución de la biomasa fitoplanctónica ( $\mu$ g Cl-a/L) a 25 m y 50 m de profundidad, entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 15. Secciones verticales de la biomasa fitoplanctónica ( $\mu$ g Cl-a/L), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.

### Zooplancton

La abundancia total de zooplancton fluctuó entre 24,2 y 274,6 ind/10 m<sup>2</sup>. Las concentraciones se mantuvieron por sobre los 50,0 ind/10 m<sup>2</sup> en toda el área, con valores sobre 100,0 ind/10 m<sup>2</sup> distribuidos entre la costa (1 mn) y las 40 mn (Tabla 5).

El grupo Copepoda exhibió las mayores abundancias, las que fluctuaron entre 18,2 y 210,6 ind/10 m<sup>2</sup>, realizando aportes porcentuales al total entre un 60% y un 80%. También presentaron concentraciones superiores o cercanas a 10,0 ind/10m<sup>2</sup> las larvas de anélidos, misidáceas, salpas y sifonóforos, pero en sitios muy localizados. El resto de los componentes presentó concentraciones inferiores a 5,0 ind/10 m<sup>2</sup> (Tabla 6).

Tabla 5. Abundancia total del zooplancton (ind/10 m<sup>2</sup>) entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016. DC: distancia de la costa (mn).

Localidad	DC (mn)	Abundancia Total (ind/10 m <sup>2</sup> )
	1	169,6
Arica	5	124,9
(18°25'S)	10	119,4
	20	36,7
	1	92,9
Punta Madrid	5	62,2
(19°00'S)	10	108,1
	20	86,2
	1	91,7
Chucumata	5	81,0
(20°30'S)	10	136,0
	20	119,2
	1	24,2
Chipana	5	86,0
21°20'S	10	85,0
	20	77,6
	1	130,4
Сораса	5	274,6
(22°20'S)	10	123,3
	20	57,9
	1	85,9
Mejillones	5	44,6
(23°00'S)	10	132,0
	20	82,8

Tabla 6. Abundancia de Copepoda (Cop) y de otros grupos zooplanctónicos (ind/10 m<sup>2</sup>) y aporte porcentual de Copepoda (AP-Cop) (%), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016. DC: distancia de la costa (mn). LAnn: larvas de Annelida, Mysi: Mysidacea, Salp: salpas, Sifo: sifonóforos, OG: Otros grupos.

LOCALIDAD	DC (mn)	Сор	LAnn	Mysi	Salp	Sifo	OG	AP-Cop (%)
	1	145,8	5,7	2,2	12,8	0,5	2,6	86,0
Arica	5	106,7	15,6	0,5	0,1	0,2	1,7	85,4
(18°25'S)	10	99,4	9,8	2,8	0,6	2,6	4,2	83,3
	20	29,6	3,6	0,5	0,4	0,8	1,9	80,6
	1	81,9	5,9	1,9	1,4	0,3	1,5	88,2
Punta Madrid	5	48,6	5,2	1,0	0,7	2,1	4,6	78,1
(19°00'S)	10	82,2	7,0	3,8	1,9	3,2	9,8	76,1
	20	62,5	7,6	3,4	4,1	2,8	5,7	72,6
	1	81,1	4,0	0,4	0,6	2,8	2,9	88,4
Chucumata	5	64,5	6,6	0,7	1,0	2,6	5,6	79,7
(20°30'S)	10	121,1	7,2	1,3	0,1	1,1	5,2	89,0
	20	92,5	13,8	2,0	1,2	3,8	5,9	77,6
	1	18,2	3,0	0,5	0,4	0,9	1,2	75,3
Chipana	5	58,5	5,9	1,5	0,4	9,3	10,4	68,1
(21°20'S)	10	72,4	4,8	0,6	0,4	1,5	5,3	85,2
	20	61,2	5,1	3,3	2,1	1,4	4,6	78,9
	1	99,9	17,8	1,9	1,6	3,1	6,1	76,6
Сораса	5	210,6	15,0	19,6	4,3	8,0	17,2	76,7
(22°20'S)	10	88,3	10,3	2,2	2,9	9,9	9,6	71,7
	20	43,1	3,6	1,2	2,4	2,1	5,5	74,4
	1	61,5	6,6	3,0	1,9	4,8	8,1	71,5
Mejillones	5	29,3	4,5	0,8	1,6	3,4	5,0	65,7
(23°00'S)	10	85,4	10,5	9,2	6,2	6,0	14,7	64,7
	20	52,2	6,6	1,9	2,2	5,1	14,7	63,1

El análisis del espectro de tamaño reveló la presencia de individuos entre 0,25 mm y 11,75 mm. La mayoría de los grupos estuvo representado por organismos pertenecientes a las categorías entre 0,25 mm y 1,75 mm (Tabla 7).

El rango 0,25-0,75 mm fue el más abundante, con concentraciones entre 20,5 y 186,7 ind/10 m<sup>2</sup> y aportes porcentuales, a la abundancia total, entre 64,1 y 98,4%. La categoría de tamaño 1,25-1,75 mm fue la segunda más abundante, con una concentración máxima de 74,8 ind/10 m<sup>2</sup>. Los otros rangos estuvieron representados por menos de 10,0 ind/10 m<sup>2</sup> (Tabla 8).

El grupo Copepoda fue dominante en la categoría 0,25-0,75 mm, con abundancias que fluctuaron entre 16,7 y 160,3 ind/10 m<sup>2</sup> y aportes porcentuales superiores al 70% (Tabla 9). Este grupo también fue importante en el rango 1,25-1,75 mm, dentro del cual también destacaron misidáceas, salpas y sifonóforos, los que en conjunto aportaron con más del 60% al total de esa categoría de tamaño (Tabla 10).

CRUPOS	RANGOS DE TAMAÑO (mm)							
GRUPUS	0,25-0,75	1,25-1,75	2,25-2,75	3,25-3,75	4,25-11,75			
Anfipodos	1,4	12,5	4,6	1,1	0,7			
Annelida		0,2	0,7	0,3	0,5			
Appendicularia	51,7	5,4	0,1					
Copepoda	1.675,4	205,6	7,1	0,7	0,1			
Cnidaria	0,9	3,1	2,7	1,0	2,1			
Ctenoforos	0,5	8,6	3,4	1,2	5,6			
Chaetognata	0,9	3,2	3,9	0,8	2,0			
Eufausiacea			1,2	1,6	5,1			
Larva_annelida	168,3	17,0	0,1					
Megalopas		2,2	3,0	2,2	1,4			
Mysidacea	12,3	52,6	1,3					
Salpas	39,8	10,9	0,6					
Sifonoforos	2,3	32,9	21,2	11,5	10,4			
Stomatopoda		2,0	1,4	0,7	0,2			
Zoeas	2,8	7,3	3,1	0,3				

Tabla 7. Abundancia relativa de los grupos zooplanctónicos por rango de tamaño (mm) entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.

Tabla 8. Abundancia zooplanctónica (ind/10 m <sup>2</sup> ) por rango de tamaño (mm) y aporte porcentual
(AP) (%) del rango 0,25-0,75 mm, entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016. DC: distancia de la
costa (mn).

	DC	RANGOS DE TAMAÑO (mm)								
LOCALIDAD	(mn)	0,25-0,75	1,25-1,75	2,25-2,75	3,25-3,75	4,25-11,75	AP (%) 0,25-0,75			
	1	163,6	3,7	0,8	0,1		97,2			
Arica	5	122,7	1,5	0,1		0,4	98,4			
(18°25'S)	10	105,8	8,6	4,0	0,7	0,1	88,8			
	20	31,1	4,0	0,9	0,4	0,3	84,9			
	1	89,4	2,4	0,6	0,3	0,0	96,4			
Punta Madrid	5	52,4	6,8	2,2	0,4	0,2	84,4			
(19°00'S)	10	88,2	14,5	3,8	1,0	0,3	81,8			
	20	71,8	11,4	2,3	0,4	0,1	83,5			
	1	84,3	3,7	1,8	0,4	0,9	92,5			
Chucumata	5	67,2	7,4	3,0	1,0	1,6	83,8			
(20°30'S)	10	107,6	24,8	1,6	0,4	1,0	79,5			
	20	98,1	15,1	3,6	0,8	0,8	82,8			
	1	20,5	2,4	1,0	0,2	0,1	85,2			
Chipana	5	55,2	17,5	2,5	3,4	7,4	64,1			
(21°20'S)	10	69,9	12,4	1,0	0,4	1,0	82,5			
	20	65,6	9,8	1,5	0,4	0,4	84,6			
	1	107,7	17,1	2,8	0,8	1,4	82,9			
Copaca	5	186,7	74,8	7,0	2,1	3,4	68,1			
(22°20'S)	10	78,9	34,1	3,3	4,3	2,5	64,1			
	20	48,5	7,0	1,8	0,4	0,2	83,8			
	1	55,6	26,9	1,7	0,7	0,9	64,8			
Mejillones	5	33,2	6,4	1,3	1,0	2,4	74,8			
(23°00'S)	10	95,2	30,9	3,4	1,1	0,9	72,4			
	20	57,4	20,6	2,2	0,7	1,9	69,3			

Tabla 9. Abundancia Total (ABTOT) y del grupo Copepoda (ABCOP) (ind/10 m<sup>2</sup>) en el rango de tamaño 0,25-0,75 mm, y aporte porcentual de Copepoda (APCOP) (%), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.

	DC	RANGO 0,25-0,75 mm					
LOCALIDAD	DC (mm)	ABTOT	ABCOP	APCOP			
	(mn)	(ind/10 m²)	(ind/10 m <sup>2</sup> )	(%)			
	1	163,6	143,9	88,0			
Arica	5	122,7	106,0	86,4			
(18°25'S)	10	105,8	94,5	89,3			
	20	31,1	27,2	87,3			
	1	89,4	80,8	90,4			
Punta Madrid	5	52,4	45,5	86,8			
(19°00'S)	10	88,2	75,5	85,6			
	20	71,8	59,2	82,4			
	1	84,3	79,4	94,2			
Chucumata	5	67,2	58,9	87,6			
(20°30'S)	10	107,6	100,3	93,2			
	20	98,1	82,4	84,1			
	1	20,5	16,7	81,7			
Chipana	5	55,2	46,5	84,3			
(21°20'S)	10	69,9	62,7	89,7			
	20	65,6	56 <i>,</i> 8	86,7			
	1	107,7	88,5	82,2			
Copaca	5	186,7	160,3	85,9			
(22°20'S)	10	78,9	65,5	83,1			
	20	48,5	41,0	84,6			
	1	55,6	45,3	81,4			
Mejillones	5	33,2	26,4	79,4			
(23°00'S)	10	95,2	70,2	73,7			
	20	57,4	41,9	73,1			

Tabla 10. Abundancia Total (ABTOT) y del conjunto Copepoda, Mysidacea, Salpas, Sifonóforos (ABCON) (ind/10 m<sup>2</sup>) en el rango de tamaño 1,25-1,75 mm, y aporte porcentual del conjunto (APCON) (%), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.

		RANGO 1,25-1,75 mm					
LOCALIDAD	DC (mm)	ABTOT	ABCON	APCON			
	(mn)	(ind/10 m²)	(ind/10 m <sup>2</sup> )	(%)			
	1	3,7	3,1	84,5			
Arica	5	1,5	0,9	60,9			
(18°25'S)	10	8,6	7,1	83,6			
	20	4,0	3,0	74,0			
	1	2,4	2,1	86,8			
Punta Madrid	5	6,8	4,8	70,3			
(19°00'S)	10	14,5	11,0	75,8			
	20	11,4	8,5	74,3			
	1	3,7	2,4	64,2			
Chucumata	5	7,4	5,5	74,0			
(20°30'S)	10	24,8	21,3	85,8			
	20	15,1	12,5	83,2			
	1	2,4	2,0	85,3			
Chipana	5	17,5	15,2	86,7			
(21°20'S)	10	12,4	10,5	84,7			
	20	9,8	7,3	74,9			
	1	17,1	13,5	79,3			
Сораса	5	74,8	68,0	91,0			
(22°20'S)	10	34,1	28,7	84,1			
	20	7,0	4,6	65,3			
	1	26,9	23,3	86,6			
Mejillones	5	6,4	5,0	78,1			
(23°00'S)	10	30,9	27,2	88,0			
	20	20,6	14,6	70,7			

La distribución horizontal de la abundancia total del zooplancton, mostró valores superiores a 100,0 ind/10 m<sup>2</sup> en toda el área y entre la costa y las 20 mn, con un núcleo de máxima concentración localizado a 5 mn frente a Copaca (22°21'S), donde se registraron 274,6 ind/10 m<sup>2</sup>, y un foco secundario de 169,6 ind/10 m<sup>2</sup> ubicado en Arica (18°25'S) a 1 mn. Sólo en Chipana (21°20'S), coincidente con el máximo de diatomeas, se observaron valores inferiores a 100,0 ind/10 m<sup>2</sup>, con el mínimo para el periodo de 24,2 ind/10 m<sup>2</sup>, a 1 mn de la costa (Figura 16-panel izquierdo). Dado que la abundancia total se debió en más del 70% al grupo Copepoda, la distribución horizontal de la densidad de este grupo exhibió el mismo patrón. Valores superiores a 75,0 ind/10 m<sup>2</sup> dominaron el área, con un máximo principal de 210,6 ind/10 m<sup>2</sup> localizado a 5 mn frente a Copaca (22°21'S), y uno secundario de 145,8 ind/10 m<sup>2</sup> en Arica (18°25'S) a 1 mn de la costa (Figura 16-panel derecho).

Con menores magnitudes, la abundancia del zooplancton perteneciente al rango 0,25-0,75 mm presentó la misma distribución, manteniéndose los focos importantes (>100,0 ind/10 m<sup>2</sup>) en Arica (18°25'S) y Copaca (22°20'S) (Figura 17-panel izquierdo). De igual manera, la abundancia del grupo Copepoda en esta categoría de tamaño, exhibió un máximo de 160,3 ind/10 m<sup>2</sup> en Copaca (22°21'S) a 5 mn de la costa, y de 143,9 ind/10 m<sup>2</sup> a 1 mn en Arica (18°25'S) (Figura 17-panel derecho).



Figura 16. Distribución horizontal de la abundancia total del zooplancton (ind/10 m<sup>2</sup>) (panel izquierdo) y del grupo Copepoda (panel derecho), entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 17. Distribución horizontal de la abundancia (ind/10 m<sup>2</sup>) del zooplancton total (panel izquierdo) y del grupo Copepoda (panel derecho) pertenecientes al rango de tamaño 0,25-0,75 mm, entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.

#### Ictioplancton

La abundancia total de estadios tempranos fue de 267.990 huevos/10 m<sup>2</sup> y 9.791 larvas/10 m<sup>2</sup>, de los cuales el 95,8% y 71,4% correspondieron a huevos y larvas de *Engraulis ringens* respectivamente (Tabla 11).

Se identificaron larvas de anchoveta en estado yolk-sac y pre-flexión. El estado yolksac fue el más abundante, con un total superior a 4.000 larvas/10 m<sup>2</sup>, lo que representó el 61,8% de la abundancia total de larvas de esta especie, y el 44,1% de la abundancia total de larvas (Tabla 11).

Tabla 11. Abundancia de huevos y larvas (N°/10 m<sup>2</sup>) de anchoveta (*Engraulis ringens*) y de otras especies, entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016. 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	Engraulis ringens			Otras Especies		Totales	
	(mn)	Huevos	Larvas Y-S	Larvas Pre-F	Huevos	Larvas	Huevos	Larvas
	1	5.303	126	63			5.303	188
Arica	5	222.904	687		62		222.967	687
(18°25'S)	10	2.274	1.990	1.634			2.274	3.624
	20			77	154		154	77
_	1	265	972	88	177		442	1.061
Punta Madrid	5	4.445	242	808	162		4.607	1.051
(19°00'S)	10	3.776	82		82	328	3.858	410
(15 00 5)	20					126		126
	1	14.420			342		14.762	
Chucumata	5				250		250	
(20°30'S)	10					154		154
	20				171		171	
	1	2.059	217				2.059	217
Chipana (21°20'S)	5	227					227	
	10							
	20				5.586	479	5.586	479
	1					68		68
Copaca	5	574			731	470	1.305	470
(22°20'S)	10	460			747	287	1.207	287
	20				406	270	406	270
Mejillones (23°00'S)	1					80		80
	5				1.312	131	1.312	131
	10				338	84	338	84
	20				761	326	761	326
TOTAL		256.708	4.316	2.671	11.281	2.804	267.990	9.791
AP (%)		95,8	44,1	27,3	4,2	28,6		

Sólo en Mejillones (23°00'S) no hubo presencia de estadios tempranos de *Engraulis ringens*. En el resto del área, el 60% de las estaciones resultó positivo, encontrándose distribuidos principalmente entre 1 mn y 10 mn de la costa (Figura 18).

Entre los huevos predominaron abundancias inferiores a 5.000 huevos/10 m<sup>2</sup>, excepto por el máximo principal de 222.904 huevos/10 m<sup>2</sup>, que se registró en Arica (18°25'S) a 5 mn de la costa, y uno secundario de 14.420 huevos/10 m<sup>2</sup> frente a Chucumata (20°30'S). Hacia el sur, las densidades y ocurrencia de huevos disminuyó hasta valores inferiores a 1.000 huevos/10 m<sup>2</sup> en el sector de Copaca (22°20'S) (Figura 19).

Las larvas de *E. ringens* en estado yolk-sac se concentraron en el sector norte del área, entre Arica (18°25'S) y Punta Madrid (19°00'S) y entre la costa y las 10 mn, donde se detectó el máximo de 1.990 larvas/10 m<sup>2</sup>, el resto de las densidades no superó las 1.000 larvas/10 m<sup>2</sup> (Figura 20-panel izquierdo). El estado pre-flexión exhibió la misma localización, con un máximo de 1.634 larvas/10 m<sup>2</sup> y densidades en general inferiores a 100 larvas/10 m<sup>2</sup> (Figura 20-panel derecho).

Los huevos de otras especies se distribuyeron en toda el área y entre la costa y las 20 mn, exhibiendo sus mayores abundancias (>500 huevos/10 m2) desde Chipana (21°20'S) al sur. La densidad máxima fue de 5.586 huevos/10 m<sup>2</sup> y se localizó en Chipana (21°20'S) a 20 mn de la costa (Figura 21-panel izquierdo). Las larvas se concentraron principalmente en el sector sur donde se distribuyeron a lo largo de toda la transecta. Sus abundancias, bastante homogéneas, exhibieron un máximo de 479 larvas/10 m<sup>2</sup> frente a Chipana (21°00') coincidente con los huevos, y uno de 470 larvas/10 m<sup>2</sup> a 5 mn frente a Copaca (22°21'S) (Figura 21-panel derecho).



Figura 18. Estaciones positivas (círculos rojos) para la presencia de huevos y larvas de *Engraulis ringens* entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 19. Distribución de la abundancia de huevos (N°/10 m<sup>2</sup>) de *Engraulis ringens* entre los días 21 y 29 de noviembre de 2016.



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 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 21. 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 21 y 29 de noviembre de 2016.

#### Análisis Estadístico

Los resultados de asociación entre la abundancia de los estadios tempranos de anchoveta y las variables físicas y químicas, mostraron correlaciones significativas entre la abundancia de huevos y la densidad (r=0,48, p<0,01) y la profundidad del límite superior de la ZMO (r=0,49, p<0,01), mientras que entre las variables biológicas destacó una fuerte asociación con la biomasa fitoplanctónica (r=0,66, p<0,01) y la abundancia de diatomeas (r=0,60, p<0,01) y flagelados (r=0,62, p<0,01) (Figura 22).

Respecto de la abundancia de las larvas, también se detectaron correlaciones significativas con la profundidad del límite superior de la ZMO (r=0,56, p<0,01), con la biomasa fitoplanctónica (r=0,73, p<0,01), y con la abundancia de diatomeas (r=0,52, p<0,01) y flagelados (r=0,91, p<0,01) (Figura 23).

El análisis comparativo global aplicado a las variables físicas, químicas y biológicas registradas durante las primaveras de 2014, 2015 y 2016, reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre la salinidad, el oxígeno disuelto, la profundidad de la isoterma de 15°C, la profundidad del límite superior de la ZMO (LS\_ZMO), la abundancia de microflagelados y la abundancia de zooplancton (Tabla 12). De acuerdo a los resultados del test de Tukey (Tabla 13) las diferencias en la salinidad fueron generadas por los altos valores registrados durante 2015, los que en 2016 descendieron notoriamente. Las concentraciones de oxígeno disuelto fueron mayores en 2016, y en 2015 la isoterma de 15°C se localizó a mayor profundidad, lo mismo que el LS\_ZMO. En relación al componente biológico, la abundancia de microflagelados registrada durante 2016 se incrementó respecto de los periodos anteriores, a diferencia de lo que ocurrió con la abundancia de zooplancton, que fue mayor en 2014 (Figura 24).

En el análisis comparativo del área Arica (18°25'S-19°00'S) se obtuvieron los mismos resultados que en el análisis global (Tabla 14), observándose igual comportamiento en las variables que presentaron diferencias significativas (Tabla 15, Figuras 25 y 26). En el área Chipana (20°30'S-21°20'S), además de la salinidad y la profundidad de la isoterma de 15°C, la abundancia de huevos y larvas de anchoveta también presentó diferencias significativas (Tabla 14). De acuerdo a los resultados del test de Tukey (Tabla 15), las diferencias en la salinidad y la profundidad de la isoterma de 15°C fueron generadas por los altos valores que presentaron estas variables en 2015 (Figura 25), mientras que en 2014 la densidad de huevos en este sector fue mayor, y en 2016 exhibió la menor concentración de larvas (Figura 26). En el área Mejillones (22°00'S-23°00'S) se detectaron diferencias significativas entre la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y la abundancia de zooplancton (Tabla 14), las cuales se debieron a que durante 2016 se produjo un incremento en la zona de la temperatura y del oxígeno disuelto (Tabla 15, Figura 25) y un descenso en la abundancia zooplanctónica (Tabla 15, Figura 26).



Figura 22. Resultados del análisis de correlación entre la abundancia de huevos de anchoveta (huevo) (N°/10 m<sup>2</sup>) y las variables temperatura (tem) (°C), salinidad (sal) (ups), densidad (den) ( $\sigma$ -t), profundidad de la isoterma de 15°C (m) (pcm), oxígeno disuelto (mL/L) (od), profundidad del límite superior de la ZMO (m) (pomz), biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) (cla), abundancia de diatomeas (dia) (cél/m<sup>3</sup>), abundancia de flagelados (flag) (cél/m<sup>3</sup>) y abundancia de zooplancton (zoop) (ind/10 m<sup>2</sup>), registradas entre el 21 y 29 de noviembre de 2016.



Figura 23. Resultados del análisis de correlación entre la abundancia de larvas de anchoveta (larva) (N°/10 m<sup>2</sup>) y las variables oxígeno disuelto (mL/L) (od), profundidad del límite superior de la ZMO (m) (pomz), biomasa fitoplanctónica (µg Cl-a/L) (cla), abundancia de diatomeas (dia) (cél/m<sup>3</sup>), abundancia de flagelados (flag) (cél/m<sup>3</sup>) y abundancia de zooplancton (zoop) (ind/10 m<sup>2</sup>), registradas entre el 21 y 29 de noviembre de 2016.

Tabla 12. Resultados del análisis de varianza aplicado en forma global a las variables físicas, químicas y biológicas registradas durante los cruceros de primavera de 2014, 2015 y 2016. NS: nivel de significancia. LS\_ZMO: límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno.

Variable	F	Valor <i>p</i>	NS
SALINIDAD (ups)	20,91	0,000	<0,001
OXIGENO DISUELTO (mL/L)	8,91	0,000	<0,001
PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE 15°C (m)	13,73	0,000	<0,001
PROFUNDIDAD DEL LS_ZMO (m)	3,94	0,024	<0,05
MICROFLAGELADOS (cél/mL)	4,07	0,020	<0,05
ZOOPLANCTON (ind/10 m <sup>2</sup> )	4,39	0,020	<0,05

Tabla 13. Resultados del test de Tukey para el análisis comparativo global realizado a las variables físicas, químicas y biológicas registradas durante los cruceros de primavera de 2014, 2015 y 2016. LS\_ZMO: límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno.

Variables	Campañas	Diferencia	Lím. inf.	Lím. sup.	Valor p
	2015-2014	0,154	0,031	0,276	0,010
SALINIDAD (ups)	2015-2016	-0,316	-0,433	-0,199	0,000
	2016-2014	-0,162	-0,279	-0,045	0,004
	2016-2014	0,848	0,318	1,379	0,001
OXIGENO DISOELTO (IIIL/L)	2016-2015	0,737	0,207	1,268	0,004
PROFUNDIDAD DE LA	2015-2014	20,333	9,465	31,201	0,000
ISOTERMA DE 15°C (m)	2015-2016	-19,650	-29,916	-9,384	0,000
PROFUNDIDAD DEL LS_ZMO (m)	2015-2014	16,613	1,784	31,442	0,024
MICROFLAGELADOS (cél/mL)	2016-2014	1,163	0,085	2,240	0,032
ZOOPLANCTON (ind/10 m <sup>2</sup> )	2016-2014	-0,565	-1,053	-0,077	0,020



Figura 24. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado a la información global registrada durante los cruceros de primavera de 2014, 2015 y 2016. Panel superior: salinidad (ups) y oxígeno disuelto (mL/L), Panel central: profundidad de la isoterma de 15°C (m) y profundidad del límite superior de la ZMO (m), Panel inferior: abundancia de microflagelados (cél/mL) y abundancia zooplanctónica (ind/10 m<sup>2</sup>).

Tabla 14. Resultados del análisis de varianza aplicado a las variables físicas, químicas y biológicas registradas por área durante los cruceros de primavera de 2014, 2015 y 2016. NS: nivel de significancia. LS\_ZMO: límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno.

AREA	Variable	F	Valor p	NS
ARICA (18°25'S-19°00'S)	SALINIDAD (ups)		0,001	<0,001
	OXIGENO DISUELTO (mL/L)		0,001	<0,01
	PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE 15°C (m)		0,004	<0,01
	PROFUNDIDAD DEL LS_ZMO (m)		0,015	<0,05
	MICROFLAGELADOS (cél/mL)		0,001	<0,001
	ZOOPLANCTON (ind/10 m <sup>2</sup> )	4,08	0,039	<0,05
CHIPANA (20°30'S-21°20'S)	SALINIDAD (ups)	10,28	0,00	<0,001
	PROFUNDIDAD DE LA ISOTERMA DE 15°C (m)		0,00	<0,01
	HUEVOS ANCHOVETA (N°/10 m²)	11,19	0,001	<0,01
	LARVAS ANCHOVETA (N°/10 m²)	7,34	0,006	<0,01
MEJILLONES (22°20'S-23°00'S)	TEMPERATURA (°C)	7,16	0,007	<0,01
	OXIGENO DISUELTO (mL/L)	5,04	0,021	<0,05
	ZOOPLANCTON (ind/10 m <sup>2</sup> )	3,88	0,044	<0,05

Tabla 15. Resultados del test de Tukey para el análisis comparativo realizado a las variables físicas, químicas y biológicas registradas por área durante los cruceros de primavera de 2014, 2015 y 2016. LS\_ZMO: límite superior de la zona de mínima concentración de oxígeno.

AREA	Variable	Campañas	Diferencia	Lím. inf.	Lím. Sup.	Valor p
		2015-2014	0,244	0,029	0,458	0,024
ARICA (18°25'S-19°00'S)	SALINIDAD (ups)	2015-2016	-0,355	-0,559	-0,151	0,001
		2016-2014	0,840	0,042	1,638	0,038
	OXIGENO DISUELTO (ML/L)	2016-2015	1,368	0,539	2,197	0,001
	PROFUNDIDAD DE LA	2015-2014	26,125	5,445	46,805	0,012
	ISOTERMA DE 15°C (m)	2015-2016	-26,625	-46,244	-7,006	0,007
(10 23 3-13 00 3)	PROFUNDIDAD DEL	2015-2014	22,250	0,080	44,420	0,049
	LS_ZMO (m)	2015-2016	-25,150	-46,182	-4,118	0,017
	MICROFLAGELADOS	2016-2014	3,323	1,199	5,446	0,003
	(cél/mL)	2016-2015	3,666	1,543	5,790	0,001
	ZOOPLANCTON (ind/10 m <sup>2</sup> )	2015-2014	-0,961	-1,880	-0,042	0,040
		2016-2014	-0,212	-0,411	-0,012	0,037
	SALINIDAD (ups)	2016-2015	-0,348	-0,542	-0,155	0,000
	PROFUNDIDAD DE LA	2015-2014	23,250	5,536	40,964	0,008
CHIPANA	ISOTERMA DE 15°C (m)	2015-2016	-25,000	-41,701	-8,299	0,003
(20°30'S-21°22'S)	HUEVOS ANCHOVETA	2014-2015	-5,198	-8,586	-1,810	0,003
	(N°/10 m²)	2014-2016	-5,478	-8,866	-2,090	0,002
	LARVAS ANCHOVETA	2016-2014	-4,754	-8,123	-1,386	0,006
	(N°/10 m²)	2016-2015	-3,628	-6,996	-0,260	0,034
	TEMPERATURA (°C)	2016-2014	2,824	0,870	4,778	0,005
MEJILLONES	OXIGENO DISUELTO (mL/L)	2016-2014	1,460	0,265	2,655	0,016
(22 20 3-23 00 3)	ZOOPLANCTON (ind/10 m <sup>2</sup> )	2016-2014	-0,890	-1,724	-0,057	0,036



Figura 25. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado a la información física y química registrada por área durante los cruceros de primavera de 2014, 2015 y 2016. Panel superior: temperatura (°C) y salinidad (ups), Panel central: profundidad de la isoterma de 15°C (m) y oxígeno disuelto (mL/L), Panel Inferior: profundidad del límite superior de la ZMO (m).



Figura 26. Gráficos de cajas y bigotes resultantes del análisis de varianza aplicado a la información biológica registrada por área durante los cruceros de primavera de 2014, 2015 y 2016. Panel superior: área Arica (18°25'S-19°00'S), abundancia de microflagelados (cél/mL) y abundancia de zooplancton (ind/10 m<sup>2</sup>), Panel central: área Chipana (20°30'S-21°20'S), abundancia (N°/10 m<sup>2</sup>) de huevos y larvas de anchoveta, Panel inferior: área Mejillones (22°20'S-23°00'S), abundancia de zooplancton (ind/10 m<sup>2</sup>).

#### DISCUSION

El escenario ambiental imperante durante el crucero de primavera de 2016, reveló una tendencia del sistema a retornar a condiciones previas a la manifestación del evento EN 2015-2016, como las descritas para la primavera de 2014, período en el cual se registraron bajas anomalías positivas de la TSM en el Pacífico Ecuatorial (0,6-0,8°C región Niño 1+2), con un leve descenso frente a las costas de Perú-Chile (Boletín Ciifen, Noviembre 2014).

Lo anterior quedó evidenciado por la estructura termal, que reveló el ascenso de aguas subsuperficiales en toda la zona costera, y por la distribución de la salinidad, que mostró la restricción del Agua Subtropical Superficial (ASS) a un estrato superficial muy somero con una mayor participación del Agua Subantártica (ASAA) y Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). Por otra parte, los resultados del análisis comparativo indicaron que la profundidad de localización de la isoterma de 15°C y del límite superior de la ZMO se encontró dentro de los rangos registrados en 2014.

El sector entre Arica (18°25'S) y Punta Madrid (19°00'S), resultó se la zona que reflejó mejor los cambios en aquellas variables ambientales físicas y químicas que han resultado claves para evaluar la presencia de El Niño, como la salinidad, la profundidad de la isoterma de 15°C y la profundidad del LS\_ZMO. Por el contrario, en el área Mejillones (22°20'S-23°00'S) habitualmente se registra la presencia de ASAA y AESS en superficie, y dado a que en esta ocasión hubo un predominio de ASAA se generó un aumento en los valores de oxígeno disuelto.

Respecto del componente biológico, se registró incremento en las abundancias de las diatomeas respecto de 2015, como una respuesta del grupo a condiciones ambientales más favorables, sin embargo, éste se restringió a los valores máximos, ya que en general las magnitudes se mantuvieron dentro del mismo rango en los tres periodos analizados. Distinto fue con los microflagelados, quienes exhibieron concentraciones muy por sobre las registradas previamente en el área Arica (18°25'S-19°00'S), lo que generó diferencias significativas a nivel global. Estas abundancias se debieron a una proliferación mono-específica de un dinoflagelado del género *Prorocentrum,* el cual ha prevalecido en la zona con abundancias similares, desde otoño de 2016, asociado a la presencia del ASS. Si bien los valores de biomasa fitoplanctónica, como en otros periodos, respondieron a la presencia de las proliferaciones de diatomeas y microflagelados, no se registraron diferencias entre las primaveras, probablemente porque las diatomeas generan las mayores concentraciones.

El zooplancton, dominado por el grupo Copepoda, especialmente formas de pequeño tamaño (0,25-0,75 mm), presentó sus mayores abundancias (>100 ind/10 m<sup>2</sup>) coincidentes con las del fitoplancton, tanto diatomeas como microflagelados. Los niveles resultaron similares a los registrados en la primavera de 2015, pero inferiores a los informados en 2014, especialmente en el área Mejillones (22°20'S-23°0'S), lo cual resultó en diferencias estadísticamente significativas a nivel global.

Entre el componente ictioplanctónico destacó el incremento en las abundancias de los huevos de Engraulis ringens, registrándose el mayor valor máximo de todos los periodos analizados (invierno 2014-invierno 2016). Sin embargo, el análisis comparativo no mostró diferencias estadísticamente significativas a nivel global, sólo en el área Chipana (20°30'S-21°20'S) y éstas se debieron al menor número de estaciones positivas durante 2015 y 2016 en ese sector. Este año su presencia se encontró restringida al área Arica (18°25'S-19°00'S) y, considerando los resultados del análisis de correlación, la densidad y lo somero de la capa de mezcla (profundidad de la isoterma de 15°C) habrían favorecido su mantención en esa zona. Por otra parte, también se encontraron asociados a la abundancia y biomasa del fitoplancton, lo cual podría resultar de la disponibilidad de alimento para las larvas en el momento de la primera alimentación. Al respecto, las larvas también se concentraron en el área Arica, donde además de mostrar correlación con el LS-ZMO, exhibieron una fuerte asociación con el componente fitoplanctónico, especialmente con los microflagelados. Sus niveles de densidad fueron similares a los detectados en otras primaveras con el predominio del estadio yolk-sac, mostrando diferencias significativas sólo en el área Chipana (20°30'S-21°20'S) debido a su ausencia durante 2016.

En base a los resultados y de acuerdo al boletín Ciifen (octubre de 2016), que describe para septiembre de 2016, ligeras anomalías cálidas en gran parte de Pacífico Oriental, con anomalías negativas en el sector ecuatorial propagándose hacia el sector oriental, es posible sugerir condiciones oceanográficas de neutralidad.

#### LITERATURA CITADA

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

http://www.ciifen.org. CIIFEN. 2016. Boletines Noviembre 2014, Octubre 2016.

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

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.