

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

INFORME FINAL

PROYECTO FIP N°2007-10

"MONITOREO DE LAS CONDICIONES BIO-OCEANOGRÁFICAS EN LAS VIII y IX REGIONES, AÑO 2007"

Marzo 2009

REQUIRENTE

CONSEJO DE INVESTIGACION PESQUERA, CIP

EJECUTOR

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION CENTRO DE INVESTIGACION OCEANOGRAFICA DEL PACIFICO SUR ORIENTAL, COPAS

JEFE DE PROYECTO

Dr. Leonardo Castro

INVESTIGADORES

Dr. Giovani Daneri

Dr. Rubén Escribano

Dra. Laura Farías

Dr. Humberto González

Dra. Carmen Morales

Dr. Oscar Pizarro

1.- RESUMEN EJECUTIVO.

El presente Informe describe las actividades del proyecto FIP 2007-10 "Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la VIII y IX Regiones, año 2007", cuyo objetivo general fue "Caracterizar la variabilidad espacial y temporal de las condiciones y procesos bio-oceanográficos en las principales áreas de desove y reclutamiento de pequeños pelágicos en las VIII y IX regiones". Las actividades incluyeron, la obtención de información bio-oceanográfica a partir de un crucero estacional llevado a cabo entre 6 y 19 de Marzo del 2008 frente a la VIII y IX regiones (35.5-40.0 °S; 72.65-75.87 °O) y hasta 100 mn de la costa y, adicionalmente, un programa de monitoreo mensual en dos estaciones oceanográficas en la plataforma continental frente Bahía Coliumo (36.5 °S–73° 07 °O), VIII Región, y con una menor frecuencia (estacional), otra estación localizada sobre el talud continental.

Crucero estacional

Los resultados de hidrografía señalaron la presencia de un gradiente térmico hacia fuera de la costa con valores de ~14°C en la costa y mayores a ~17°C en la zona oceánica, y que se prolongó en una dirección paralela a la línea costa. Frente a Punta Lavapié (37°10'S) se distinguió una lengua de agua fría, con agua de temperaturas menores a 14°C y con salinidad mayor a 34.2 y bajo oxígeno (< 175 μmol kg⁻¹) que se extiendió hacia el norte.

Las imágenes satelitales de Temperatura Superficial del Mar mostraron aguas más frías en la zona costera desde donde se observaron proyecciones de estructuras tipo filamentos y meandros hacia el océano. Las imágenes de color del mar (SeaWifs) mostraron una franja costera con altas concentraciones de clorofila-a (>5 mg Cl.-a/m³) a lo largo de la zona muestreada, y proyecciones hacia el oeste de filamentos y meandros coincidentes con los observados en las imágenes de TSM.

Los mayores valores de oxígeno superficial fueron observados en las estaciones alejadas de la costa. Los bajos niveles de oxígeno están asociados a Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), pobres en oxígeno y ricas en nutrientes que son advectadas hacia el sur por la contracorriente de Chile-Perú. Niveles subóxicos se observaron en Bahía

Concepción y Golfo de Arauco y en profundidades cercanas a los sedimentos.

En general, la distribución de temperatura, salinidad y oxígeno cerca de superficie reflejaron el efecto de la surgencia en toda la región de estudio, particularmente cerca de la costa, siendo los valores observados durante el crucero de Marzo 2008, típicos de la época en la región durante condiciones de surgencia.

Menores concentraciones de nutrientes superficiales fueron observadas en las estaciones más alejadas de la costa, mientras que en la zona costera la distribución de nutrientes reflejaron el transporte de aguas sub-superficiales con altos niveles de nutrientes hacia la superficie, indicando una mayor velocidad de aporte de nutrientes por advección vertical, que la tasa a la cual pueden ser consumidos por el fitoplancton.

La Clorofila-a Total superficial presentó mayores valores (≥2 mg m⁻³) en la zona costera con dos focos más altos (ca. 4 mg m⁻³) en el Golfo de Arauco y frente a Tirúa - Isla Mocha. Una proporción importante de la clorofila-a total (76%) estuvo dominada por la fracción nanoplanctónica, representada principalmente por nanoflagelados (>90% del total), tanto en la zona costera como en la oceánica. La distribución superficial del nanoplancton autótrofo fue con altas abundancias en las zonas costera y oceánica, y la distribución superficial del nanoplanton heterótrofo fue con mayores abundancias a lo largo de la costa

.

El fitoplancton presentó una distribución horizontal heterogénea concentrándose entre las primeras 50 mn. Se observó tres áreas de mayor abundancia: el extremo norte de la grilla (35°5'S), el Golfo de Arauco (°37 S) y alrededores, y en la cercanía de Isla Mocha, donde tuvo una mayor extensión (~800 mn²). Se identificaron 23 géneros de diatomeas. Los géneros más importantes de céntricas, fueron *Leptocylindrus*, *Skeletonema*, *Thalasssiosira* y *Chaetoceros*, siendo *Leptocylindrus* y *Chaetoceros* los más recurrentes.

El microzooplancton, constituido principalmente por dinoflagelados y ciliados, presentó una distribución semejante al de fitoplancton. En general, se observó en la zona costera, con focos de mayor abundancia en el Golfo de Arauco y los alrededores de la Isla Mocha. Las larvas nauplii presentaron una distribución variable horizontalmente, sin

presentar una clara asociación a una zona en particular.

La biomasa del mesozooplancton mostró también las tres zonas de agregación principales: frente al Río Itata (35°30° S), frente a Tumbes-Golfo de Arauco (37°00° S), y en el sector costero sur de estudio (39°00 S). La biomasa en los primero 200 m de profundidad se distribuyó mayormente en la capa de 0-50 m. El grupo dominante en las muestras integradas (0-200 m) fue Copepoda, seguido por Apendicularia. Entre las especies dominantes de copépodos destacaronn las de pequeño tamaño (<1.5 mm) como *Oithona* spp., *Paracalanus cf. indicuass* y *Ctenocalanus vanus*. Sin embargo, los copépodos *Metridia lucens, Rhyncalanus nasutus* y el eufáusido *Euphausia mucronata*, de tamaños corporales mayores, contribuyeron mucho a la biomasa zooplanctónica. En general, las especies observadas constituyeron componentes comunes del zooplancton de la costa Chilena, asociado a condiciones de surgencia, pero hubo cambios importantes en composición en comparación al 2004, 2005 y 2006, cuando predominaron las especies de mayor tamaño y con una mayor abundancia de eufáusidos.

La biomasa de pellet fecales del zooplancton presentó alta variabilidad tanto horizontal como en profundidad, concentrándose principalmente en las estaciones ubicadas dentro de las 50 mn desde la costa y en una estación oceánica (100 mn) frente a la costa de Concepción. Los pellets fecales de eufáusidos constituyeron el grupo mas importante con una contribución del ~ 80% del material fecal total.

Del ictioplancton, 7 taxa fueron identificados a nivel de huevos y 22 a nivel larval. La especie más abundante en el estrato 0-200 m en el estado huevos fue la anchoveta *Engraulis ringens* (146 h/100m³), aunque presente solo en 2 estaciones. Los huevos de la agujilla *Scomberesox saurus* fueron los más frecuentes. En estado larval, las especies más abundantes fueron *Hygophum brunni* y *Symbolophorus* sp. y la más frecuente *Hygophum brunni* seguida de *Protomyctophum chilensis*. De las tres especies de peces objetivo, huevos de anchoveta ocurrieron solo en tres estaciones de la VIII Región y en concentraciones medianas (rango: 2 – 203 h/100m³). Huevos de sardina común, ocurrieron solo en una estación en la VIII Región. Huevos de merluza común, alternativamente, ocurrieron en ambas regiones (3 y 4 estaciones en las regiones VIII y IX, respectivamente)

y en concentraciones medianas-bajas (rango: 1 – 47 h 100m³). Las estaciones positivas de las tres especies estuvieron ubicadas principalmente en la zona costera sobre la plataforma continental. Destacó la coincidencia de las más altas concentraciones de huevos de anchoveta y merluza común en la misma estación del sector norte frente a cabo Carranza, así como que en el Golfo de Arauco se encontraran huevos de las tres especies.

Serie de tiempo

Las condiciones oceanográficas observadas en la estación 18 de la serie de tiempo sobre la plataforma continental de la VIII Región, evidenciaron que la segunda mitad del 2007 presentó las más bajas temperaturas desde superficie a fondo desde el 2002. La columna de agua completa tuvo una temperatura de alrededor de 1º C más fría que el promedio anual en 6 años. La salinidad superficial, en contraste con la columna completa, fue más alta por 1 unidad PPS, resultando en agua superficial relativamente pesada. Durante la primera mitad del 2008 las condiciones hidrográficas volvieron a la normalidad.

El oxígeno disuelto mostró una marcada estacionalidad con una columna de agua bien oxigenada en invierno (agosto) y un empobrecimiento en primavera-verano debido a eventos de surgencia costera que llevan AESS a la superficie. Los nitratos presentaron una clara estacionalidad con bajos niveles (pero no inferiores a 15 μmol L⁻¹) en el período otoño-invernal y, con altos niveles (hasta 30 μmol L⁻¹) durante primavera-verano. Los nitritos se observaron en bajas concentraciones durante todo el período, a excepción de diciembre y enero. El amonio se presentó bajas concentraciones excepto en las agua superficiales. Los fosfatos mostraron la estacionalidad y niveles esperados para un área de surgencias; los silicatos se mantuvieron en niveles dentro del rango 0,5 y 30 umol L⁻¹ durante todo el período de estudio, con bajos niveles en superficie.

Los principales componentes de microzooplancton fueron los dinoflagelados y ciliados loricados los que en su conjunto reportaron más del 80% de las abundancias totales en todo el período de estudio. Los principales componentes de los dinoflagelados fueron *Protoperidinium*, *Dinophysis*, *Diplopsalis*, *Gonyaulax*, *Prorocentrum*, y *Ceratium*, los cuales representaron más del 70% de las abundancias totales de estos organismos.

En el período julio 2007 a junio 2008, la biomasa de meso- y macrozooplancton mostró un máximo en julio del 2007 y valores mínimos en septiembre de 2007. Para el periodo 2004-2008, se observaron bajas en biomasa (<2 mg C m⁻³) en los inviernos e incrementos hacia finales de verano de cada año en la data integrada de 0-80 m. El año 2007 presentó el mayor promedio anual observado con 31. 6 mg C m⁻³, mientras que en el año 2004, 2005 y 2006 se observaron 6.4, 12.9 y 6.6 mg C m⁻³ en promedio, respectivamente. En general se observa que las mayores concentraciones de biomasa se presentan hacia la época de fines de verano (otoño), en asociación a la presencia de eufáusidos y de copépodos de mayor tamaño. Los copépodos para todo el período representan un 92% de la abundancia total del zooplancton.

Durante el periodo de estudio, la abundancia de huevos de las 3 especies de peces objetivo (*Engraulis ringens, Strangomera bentinci* y *Merluccius gayi*) más el mote (*Normanichthys crockeri*) reveló una marcada estacionalidad en sus épocas de máxima abundancia así como una casi- concordancia en los mismos, centrados todos en los meses entre fines de invierno a inicios de primavera (agosto- octubre). En la serie de tiempo de la estación 18 entre junio 2004 a julio 2008, también se muestra la regularidad en los periodos de mayor abundancia de huevos de las tres especies pero además se observa una marcada variabilidad en los números de huevos y larvas colectadas entre años, particularmente evidente en las muy altas abundancias de huevos de anchoveta de septiembre del 2006. Entre las cuatro especies señaladas, la anchoveta fue siempre la especie más abundante.

Los valores integrados de Producción Primaria (PP) y Respiración Comunitaria (RC) muestran una marcada estacionalidad. Para cada año, desde octubre hasta abril siempre se presentaron los mayores valores de PP (1.8 - 25.8 g C m⁻² d⁻¹); mientras que entre mayo y septiembre, se concentraron los valore bajos (< 1.8 g C m⁻² d⁻¹). La RC generalmente se igualó o fue menor que la PP, reflejando en la mayoría de los experimentos un balance PP/RC > 1, sugiriendo un importante grado de acoplamiento ($r^2 = 0.72$) entre la formación y uso de materia orgánica dentro del ecosistema de surgencia de Concepción.

El flujo total de carbono biogénico alcanzó un promedio de 104,4 mgC m⁻² d⁻¹ y osciló entre los 1,3 (marzo 2008) y 229,1 (enero 2008) mgC m⁻² d⁻¹. Este flujo estuvo dominado principalmente por material fecal (>90%), fitoplancton y microzooplancton.

En una apreciación más global, se concluye que las condiciones bio-oceanográficas de las regiones VIII y IX se manifestaron más frías durante el periodo primavera 2007, para luego desde fines del verano 2008 presentarse de manera normal, no mostrando anomalías considerables de acuerdo a las observaciones de los años previos desde el 2004 en adelante. Durante el periodo 2008, la fuerte estacionalidad del ambiente físico-químico, la producción biológica y la abundancia de componentes planctónicos, manifestaron variaciones similares a las de años previos. Estas observaciones son consistentes con las condiciones neutrales del ciclo ENOS que dominaron el Pacifico Sur Oriental durante el año 2007-2007 de acuerdo a la información internacional.

INDICE GENERAL

1RESUMEN EJECUTIVO	4
2 INTRODUCCION	25
3 OBJETIVO GENERAL	27
4 OBJETIVOS ESPECIFICOS	27
5 METODOLOGÍA POR OBJETIVO.	28
5.1 Objetivo específico 1	28
5.2 Objetivo específico 2	35
5.3 Objetivo específico 3	38
5.4 Objetivo específico 4.	40
6 RESULTADOS	43
6.1 Objetivo Específico 1	43
6.2 Objetivo Específico 2	56
6.3 Objetivo Específico 3	77
6.4 Objetivo Específico 4	90
7 DISCUSION	92
8 CONCLUSIONES.	100
9 REFERENCIAS	104
ANEXO 1 PERSONAL PARTICIPANTE	109
ANEXO 2 PUBLICACIONES	111
ANEXO 3 CERTIFICADO CALIBRACION CTD114	
ANEXO 4 TALLER DIFUSION PROYECTO FIP 2007-10	122
ANEXO 5 - FIGURAS	125

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Personal científico embarcado y responsabilidades en crucero FIP 2007-10	29
Tabla 2. Muestras y variables analizadas por estación y personal responsable de cada una durante el crucero	32
Tabla 3. Localización de las estaciones de CTD durante el crucero FIP 2007- 10	43
Tabla 4 . Concentraciones de clorofila-a, total, y fracciones nanoplanctónicas (Cl-a <20) y picoplanctónicas (Cl-a<3) a nivel superficial (0 m) y 10 m de profundidad	48
Tabla 5: Concentraciones de Feopigmentos total y fracciones nanoplanctónicas y picoplanctónicas (Fgm-a<3) a nivel superficial (0 m) y 10 m de profundidad	53
Tabla 6: Concentraciones de clorofila-a total y fracciones nanoplanctónicas y picoplanctónicas entre 0 y 100 m (1,2,3,4,10)	54
Tabla 7: Abundancia de nanoplancton autótrofo y heterótrofo a nivel superficial (0 m) y 10 m de profundidad.	56
Tabla 8 . Abundancia integrada y estratificada de diatomeas y sus principales géneros	57
Tabla 9. Abundancia integrada y estratificada de las principales especies del género Chaetoceros	59
Tabla 10. Abundancia integrada y estratificada de dinoflagelados tecados y sus principales géneros	61

Tabla 11. Abundancia integrada y estratificada de tintínidos y sus géneros	63
Tabla 12. Abundancia integrada y estratificada de nauplii.	64
Tabla 13. Principales taxa del mesozooplancton y macrozooplancton encontrados durante el verano-otoño de 2008.	67
Tabla 14. Principales especies de Copepoda encontradas durante el verano-otoño de 2008	70
Tabla 15. Biomasa integrada y estratificada de pellet fecales de zooplancton	70
Tabla 16: Concentraciones de clorofila-a total y fracciones nanoplanctónicas y picoplanctónicas a nivel superficial (0 m) y 10 m de profundidad	73
Tabla 17: Concentraciones de clorofila-a y feopigmentos totales y fracciones nanoplanctónicas y picoplanctónicas (0-80 m de profundidad), Estación 40, (marzo y junio 2008) estadística básica.	75
Tabla 18: Abundancia de nanoplancton autótrofo y heterótrofo en la columna de agua (0-80 m de profundidad), Estación 18 (agosto 2007 a julio 2008) y Estación 40, (marzo y junio 2008): estadística básica	76
Tabla 19: Concentraciones de clorofila-a total, fracciones nanoplanctónicas y picoplanctónicas a 0 m y 10 m de profundidad, estadística básica	82
Tabla 20: Concentraciones de clorofila-a, feopigmentos totales y fracciones nanoplanctónicas y picoplanctónicas (0-80 m de profundidad): estadística básica	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estaciones de muestreo. Las estaciones oceanográficas (●) incluyen perfiles de	
CTDO-flurorescencia-luz hasta los 600 m. Las estaciones bio-oceanográficas (Δ) incluyen	
perfiles de CTDO-flurorescencia-luz hasta los 600 m, y además, muestreo con botellas de	
10 y 30 L y muestreo con redes para zooplancton-ictioplancton.	126
Figura 2. Posición de las estaciones de CTD crucero FIP 2007-10, Marzo de 2008	127
Figura 3. Distribución de Temperatura (°C) a 5 m de profundidad. Crucero FIP 2007-10,	
Marzo de 2008	128
Figura 4. Distribución de salinidad a 5 m de profundidad. Crucero FIP 2007-10, Marzo de 2008.	129
Figura 5. Distribución de Oxígeno disuelto (μmol L ⁻¹) a 5 m de profundidad. Crucero FIP 2007-10, Marzo de 2008.	130
Figura 6.a. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad	
(Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 1 (35°30° S), Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).	131
Figura 6.b. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 2 (36°00° S), Crucero Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008)	131
Figura 6.c. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad	
(Kg/m³) y d) oxigeno disuelto (μmol/L), transecta 3 (36°30' S), Crucero Crucero FIP	
2007-10 (Marzo 2008)	132

Figura 6.d. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad	
(Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 4 (37°00° S), Crucero Crucero FIP	
2007-10 (Marzo 2008)	132
Figura 6.e. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad	
(Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 5 (37°30° S), Crucero Crucero FIP	
2007-10 (Marzo 2008)	133
Figura 6.f. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad	
(Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 6 (38°00' S), Crucero Crucero FIP	
2007-10 (Marzo 2008)	133
Figura 6.g. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad	
(Kg/m ³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 7 (38°30' S), Crucero Crucero FIP	
2007-10 (Marzo 2008)	134
Figura 6.h. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad	
(Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 8 (39°00° S), Crucero Crucero FIP	
2007-10 (Marzo 2008)	134
Figura 6.i. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad	
(Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 9 (39°30' S), Crucero Crucero FIP	
2007-10 (Marzo 2008)	135
Figura 6.j. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad	
(Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 10 (40°00' S), Crucero Crucero FIP	
2007-10 (Marzo 2008)	135
Figura 7. Imágenes satelitales de Temperatura Superficial del Mar (°C) y Clorofila-a (mg	
m ⁻³), durante el crucero FIP 2007-10, realizado entre los días 07 y 18 de marzo de 2008	136

Figura 8. Anomalías del nivel del mar durante el 12 de Marzo de 2008. La información	
está basada en una combinación de satélites procesadas por CLS/CNES en Francia y	
corresponde a el producto entregado en tiempo-real (RT/NRT) por AVISO	.137
Figura 9. Campo vectorial del viento superficial derivado del satélite QUICKSCAT para el período del Crucero MOBIOBIO (Marzo2008).	.138
Figura 10. Transporte de Ekman calculado desde series diarias de viento satelital	
QUICKSCAT para cinco posiciones cercanas a la costa, centradas a 35º 45'S, 36º 45'S, 37º	
45'S, 38° 45'S y 39° 45'S. Los valores corresponden a transporte de volumen en m³s-¹ por	
1000 m de costa.	.139
Figura 11.a: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 1, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.	.140
Figura 11.b: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos	
en la transecta 2, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.	.140
Figura 11.c: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos	
en la transecta 3, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.	.141
Figura 11.d: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos	
en la transecta 4, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.	.141
Figura 11.e: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos	
en la transecta 5, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.	.142
Figura 11.f: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos	
en la transecta 6, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.	.142
Figura 11.g: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos	

en la transecta 7, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.	143
Figura 11.h: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 8, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.	143
Figura 11.i: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 9, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.	144
Figura 11.j: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 10, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.	144
Figura 12.a. Secciones horizontales de oxigeno disuelto durante el crucero de marzo 2008, a distintas profundidades (0, 10, 20, 35, 50, 75, 100. 200. 300 y 500m)	145
Figura 12.b. Secciones horizontales de nitratos durante el crucero de marzo 2008, a distintas profundidades (0, 10, 20, 35, 50, 75, 100. 200. 300 y 500m)	146
Figura 12.c. Secciones horizontales de fosfatos durante el crucero de marzo 2008, a distintas profundidades (0, 10, 20, 35, 50, 75, 100. 200. 300 y 500m)	147
Figura 12.d. Secciones horizontales de silicatos durante el crucero de marzo 2008, a distintas profundidades (0, 10, 20, 35, 50, 75, 100. 200. 300 y 500m)	148
Figura 12.e. Secciones horizontales de nitritos durante el crucero de marzo 2008, a distintas profundidades (0, 10, 20, 35, 50, 75,100,200,300,500m)	149
Figura-13. Distribución superficial de clorofila-a (mg m ⁻³) durante el crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) clorofila-a total , b) fracción <20 μm y c) fracción <3 μm	150
Figura-14. Distribución de clorofila-a (mg m ⁻³) a 10 de profundidad durante el crucero FIP	

2008 (Marzo 2008): a) clorofila-a total, b) fracción <20 μm y c) fracción <3 μm	150
Figura-15. Distribución de superficial feopigmentos (mg m ⁻³) durante el crucero FIP 2008	
(Marzo 2008): a) feopigmentos totales, b) fracción <20 μm y c) fracción <3 μm	151
Figura-16. Distribución de feopigmentos (mg m ⁻³) a 10 m de profundidad durante el	
crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) feopigmentos totales, b) fracción <20 μm y c)	
feopigmentos fracción <3 μm.	151
Figura-17. Distribución vertical de clorofila-a (mg m ⁻³) durante el crucero FIP 2008	
(Marzo 2008) en transectas perpendiculares a la costa: zona norte (1 a 4) y zona sur (10):	
clorofila-a total (izquierda) y fracción <20 μm (derecha)	152
Figura-18. Distribución de clorofila-a integrada (0-35 m; mg m ⁻²) durante el crucero FIP	
2008 (Marzo 2008): a) clorofila-a total, b) fracción <20 μm y c) fracción <3 μm	153
Figura-19. Distribución de feopigmentos integrada (0-35 m; mg m ⁻²) durante el crucero	
FIP 2008 (Marzo 2008): a) feopigmentos totales, b) fracción <20 μm y c) fracción <3 μm	153
Figura-20. Distribución superficial de nanoplancton (células mL ⁻¹) durante el crucero FIP	
2008 (Marzo 2008): a) nano-autótrofos y b) nano-heterótrofos	154
Figura-21. Distribución de nanoplancton (células mL ⁻¹) a 10 m de profundidad durante el	
crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) nano-autótrofos y b) nano-heterótrofos	154
Figura 22. Abundancia integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (cels. m ⁻² x	
10 ⁵) de diatomeas totales y sus principales géneros en la grilla FIP-2007 frente a la costa	
de la VIII y IX regiones.	155

10 ⁵) del género Chaetoceros y sus principales especies en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones	.156
Figura.24. Abundancia integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (Ind. m ⁻² x 10 ⁵) de dinoflagelados totales y sus principales géneros en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones	.157
Figura. 25. Abundancia integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (Ind. m ⁻² x 10 ⁵) de tintínidos y sus principales géneros en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.	.158
Figura.26. Abundancia integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (ind. m ⁻² x 10 ³) de nauplii de crustáceos en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.	.159
Figura 27: Distribución espacial de la biomasa del zooplancton, expresada en mg C m ⁻² , integrada para 3 estratos: 0-200 m, 0-50 m, y > 50 m (panel inferior), durante el verano-otoño de 2008 frente a la zona de Concepción.	.160
Figura 28: Distribución espacial de los taxa del zooplancton, Copepoda, Apendicularia y Thaliacea, expresados en individuos m ⁻³ , encontrados en la capa de 0-200 m durante el verano-otoño de 2008 frente a la zona de Concepción	.161
Figura 29: Distribución espacial de los taxa del zooplancton, Sifonophora, Euphausiacea y Chaetognata, expresados en individuos m ⁻³ , encontrados en la capa de 0-200 m durante el verano-otoño de 2008 frente a la zona de Concepción	.162
Figura 30: Distribución espacial de las especies dominantes de copépodos, Paracalanus parvus, Oithona spp. y Oncaea conifera, expresados en individuos m ⁻³ , encontrados en la capa de 0-200 m durante la primavera de 2006 frente a la zona de Concepción	.163

Figura 31: Distribución espacial de las especies de menor abundancia de copépodos,

Metridia lucens, Acartia tonsa, Oncaea spp., expresados en individuos m ³ , encontrados en	
la capa de 0-200 m durante el verano-otoño de 2008 frente a la zona de Concepción	164
Figura 32. Análisis de componentes principales para 3 factores entre variables oceanográficas y la biomasa del zooplancton en la región frente a la VIII Región durante el	
verano-otoño del 2008. ZOO=Biomasa del zooplancton, TSM=temperatura superficial del	
mar, OMZ=profundidad de la zona de mínimo de oxígeno, OD=oxígeno disuelto	
superficial, SAL=salinidad superficial, SIGMA=densidad superficial	165
Figura.33. Biomasa integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (mg C m ⁻²) de	
pellet fecales de zooplancton y sus principales componentes en la grilla FIP-2007 frente a	
la costa de la VIII y IX regiones.	166
Figura 34. Distribución espacial de la abundancia de huevos de anchoveta Engraulis	
ringens, correspondiente al estrato de 200-50m (a) y 0-200m (b).	167
Figura 35. Distribución espacial de la abundancia de larvas (a) de sardina común	
Strangomera bentincki, correspondiente al estrato de 0-200 m.	167
Figura 36. Distribución espacial de la abundancia de b) huevos y a) larvas de merluza	
común Merluccius gayi, correspondiente al estrato de 200-50 m y 0-200m	168
Figura 37. Distribución espacial de la abundancia de huevos de Hippoglossina macrops,	
correspondiente al estrato de 50-0m (a), 200-50m (b) y 0-200m (c).	168
Figura 38. Distribución espacial de la abundancia de huevos de <i>Scomberesox saurus</i> , correspondiente al estrato de a) 50-0m y b) 50-200 m.	
Figura 39 . Distribución espacial de la abundancia de larvas de <i>Protomyctophum (hierops) chilensis</i> , correspondiente al estrato de a) 0-50 m y b) 50-200 m.	

Figura 40. Distribución espacial de la abundancia de larvas de Hygophum bruuni,

correspondiente al estrato de a) 50-0 m, y b), 50-200 m.	170
Figura 41. Panel superior: promedio mensual de estrés del viento en la estación 18 desde	
Agosto 2002 a Julio 2008. Panel Inferior: promedio mensual del índice de surgencia en la	
estación 18 desde Agosto 2002 a Julio 2008.	171
Figura 42. Serie de tiempo de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y densidad desde	
superficie a fondo, en la estación 18 desde Septiembre 2002 a Julio 2008	172
Figuras 43. Ciclo diaria y mensual promedio (agosto 2007-junio 2008) de temperatura,	
salinidad, desde superficie a fondo en la estación 18.	173
Figuras 44. Ciclo diario y mensual (agosto 2007-junio 2008) de oxígeno disuelto y	
densidad desde superfície a fondo en la estación 18.	174
densidad desde superficie à fondo en la estación 18.	1/4
Figura 45. Serie de tiempo de anomalías de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y	
densidad desde superficie a fondo en la estación 18, desde Agosto 2008 a Julio 2008	175
Figura 46. Variación mensual de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, fosfatos, silicatos y	
amonio, en la estación 18, julio 2007 – mayo 2008.	176
Figura 47. Variación interanual en oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, fosfatos, y amonio,	
en la estación 18, agosto 2002 – mayo 2008.	177
on in comment 10, ugosto 2002 may o 2000	= , ,
Figura-48. Distribución temporal de clorofila-a (mg m ⁻³) en la serie de tiempo frente a	
Concepción, estación 18. Período anual: Agosto 2007 - Julio 2008. Panel superior:	
clorofila-a total; panel intermedio: fracción $<$ 20 μ m; panel inferior: fracción $<$ 3 μ m	178
Figura 49. Distribución temporal de feopigmentos (mg m ⁻³) en la serie de tiempo frente a	
Concepción, estación 18. Período anual: Agosto 2007 - Julio 2008: superior: total; panel	
intermedio: fracción <20 μm; panel inferior: fracción <3 μm	179

Figura-50. Distribución vertical de pigmentos (mg m ⁻³): clorofila-a (panel superior) y	
feopigmentos (panel inferior) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 40	
durante dos muestreos estacionales.	.180
Figura-51 Distribución mensual de la abundancia del nanoplancton (células mL ⁻¹), en la	
serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Periodo anual: agosto 2007 - julio 2008.	
Panel superior: nano-autótrofos; panel inferior: nano-heterótrofos, (predominantemente	
flagelados)	.181
Figura 52. Distribución vertical de la abundancia de nanoplancton (células mL ⁻¹): nano-	
autótrofos (paneles superiores) y nano-heterótrofos (paneles inferiores) en la serie de	
tiempo frente a Concepción, estación 40 durante dos muestreos estacionales.	.182
Figura 53. Abundancia estratificada de microzooplancton total a 0 y 10 m de profundidad	
en la E.18, frente a la costa de Concepción.	.183
Figura 54. Abundancia estratificada de dinoflagelados a 0 y 10m de profundidad y sus	
principales géneros en la E.18, frente a la costa de Concepción.	.184
Figura 55. Abundancia estratificada de tintínidos a 0 y 10m de profundidad y sus	
principales géneros en la E.18, frente a la costa de Concepción.	.185
Figura 56: Serie de tiempo de biomasa zooplanctónica expresada en carbono para el período agosto 2004 a junio de 2008 en estación 18, frente a Concepción. Se muestra la	
biomasa integrada en la columna de agua 0-80 m	.186
Figura 57: Composición del meso y macrozooplancton durante agosto del 2004 a junio del	
2007 en la estación 18 frente a Concepción.	.187

Figura 58: Composición del meso y macrozooplancton durante agosto del 2004 a junio del

2007 en la estación 18 frente a Concepción.	188
Figura 59. Abundancia de huevos y larvas (ind. /100m³) de la estación 18, desde agosto 2007 a junio 2008.	189
Figura 60 Variación de abundancia de huevos y larvas de a) anchoveta y b) sardina común en el período 2004 -2008, estación 18	190
Figura 61. Temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto ml L ⁻¹ y fluorescencia en la nueva serie de la Estación a 5 mn de la costa, plataforma continental frente a Bahía Coliumo.	191
Figura 62. Abundancia de huevos y larvas (ind. /100m³) de la estación 5, desde agosto 2007 a junio 2008 fernte a Bahía Coliumo	192
Figura 63. Variabilidad temporal de la tasa de Producción Primaria bruta (PP), Respiración Comunitaria (RC) y razón PP/RC en la estación 18. La línea punteada roja indica el inicio del actual período de estudio.	193
Figura 64. Sedimentación total (escala log), mostrando sus principales componentes durante julio 2007 y abril 2008 en la E.18, frente a la costa de Concepción. s.d indica sin datos.	194
Figura 65. Flujo vertical de material fecal total y la contribución de pellets de eufáusidos, indeterminados, apendicularias y copépodos entre julio 2007 y abril 2008 en la E.18, frente a la costa de Concepción.	195
Figura 66. Flujo vertical de diatomeas total y sus principales géneros/especies entre julio 2007 y abril 2008 en la E.18, frente a la costa de Concepción	196
Figura 67. Flujo de materia total (peso seco), materia orgánica y fracción litogénica	

obtenida por el método gravimétrico, en la E.18 frente a Concepción entre julio de 2007 y	
abril de 2008.	197

2.- INTRODUCCION

El sistema de corrientes de Humboldt es uno de los sistemas de borde oriental de los océanos más productivos a nivel mundial debido a procesos de surgencia costera de aguas subsuperficiales de origen ecuatorial (AESS; Strub *et al.*, 1998), caracterizadas por transportar aguas frías, de altas salinidades, bajo contenido de oxígeno (<1 ml L⁻¹), y altas concentraciones de nutrientes del orden de 25 μM (Brandhort, 1971; Silva, 1983). A lo largo de la costa chilena, la zona de surgencias en Chile central, a su vez, constituye una de las más importantes en términos de productividad biológica, que se caracteriza, entre otros aspectos, por: 1) una ancha plataforma continental (60 mn) bordeada por dos profundos cañones submarinos: el cañon del Bío Bío y el del Itata (Sobarzo, 1998), 2) una surgencia estacional durante primavera-verano (Arcos y Navarro, 1986; Peterson *et al.*, 1988), 3) aportes significativos de agua dulce proveniente de una de los ríos más caudalosos en Chile, el río Bio-Bio (Faúndez *et al.*, 2001), 4) un conjunto de bahías de diferentes topografías (*e.g.*, bahías de Concepción, Coronel, San Vicente, Coliumo, Golfo de Arauco) donde se concentra gran parte de la población y de la industria pesquera regional (Ahumada, 1989).

La alta variabilidad en los niveles de producción primaria en la VIII Región sugiere que existen una serie de peculiaridades en el sistema que favorecerían el desarrollo de diferentes condiciones favorables para la producción biológica, siendo el concepto clásico de la surgencia inducida por transporte Ekman por efecto de los vientos locales, solo uno de los factores. Hoy se reconoce que no sólo la fertilización de la capa superficial explica la alta producción biológica sino que el efecto combinado de distintos procesos advectivos, turbulentos y biológicos (Margalef, 1978; Mann y Lazier, 1991) determinarían que cada sistema de surgencia sea único en términos de su productividad aunque sus grados de fertilización sean similares. Para la región costera de centro-sur de Chile, se han propuesto distintas hipótesis que explicarían en cierta medida la alta producción biológica. Entre ellas, el desarrollo de estructuras de mesoescala, como los giros y filamentos podrían determinar zonas de retención de nutrientes y de larvas de especies de importancia comercial como la sardina y anchoveta (Cáceres y Arcos, 1991; Arcos *et al.*, 1996), y

también mar afuera, en la zona de transición costera, favorecerían la presencia de jurel (Hormazabal *et al.*, 2004). Otra y aún más reciente explicación es la modulación que ejercerían las ondas atrapadas a la costa sobre la termoclina las que, dependiendo de su fase, producirían un acercamiento o profundización de la misma respecto a la superficie (Pizarro, 1999).

Los recursos pesqueros predominantes de la VIII Región, conformados por la sardina común y anchoveta, han sufrido fuertes fluctuaciones en abundancia a través de los años (Castro *et al.*, 2002). Parte de estas fluctuaciones han sido asociadas con el ciclo ENSO de variaciones ambientales. La ausencia de información bio-oceanográfica sistematizada de la zona impide establecer la relación entre los cambios del ambiente y las variaciones en tamaño de los stocks de estos recursos que, en gran medida, dependen de la sobrevivencia de larvas y juveniles bajo condiciones ambientales favorables. En tal sentido, desde el año 2004, el Consejo de Investigación Pesquera ha estimado conveniente desarrollar una línea de investigación bio-oceanográfica para la VIII Región, que permita establecer una línea base de parámetros ambientales, así como la caracterización de los patrones de variabilidad espacial y temporal, que afectan aspectos vitales de peces pequeños pelágicos (sardina común y anchoveta) en la zona costera.

En el presente informe, se entrega información proveniente de un crucero bioceanográfico desarrollado en el marco del proyecto del Fondo de Investigación Pesquera FIP 2007-10 que tuvo como objetivo determinar las condiciones bioceanográficas en la zona costera entre la VIII y X regiones, más particularmente en la zonas de desove y crecimiento de los peces pequeños pelágicos anchoveta y sardina común, dos de las especies de importancia comercial más importantes de la zona central del país.

3.- OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la variabilidad espacial y temporal de las condiciones y procesos biooceanográficos en las principales áreas de desove y reclutamiento de pequeños pelágicos en las VIII y IX regiones.

4.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 4.1. Determinar la distribución espacial, a nivel de meso-escala (km), de las variables bio-oceanográficas temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes, biomasa del fitoplancton y penetración de la luz, en la zona de estudio, durante el período de primavera, en la estructura vertical de 0 a 200 m de profundidad.
- 4.2. Determinar la abundancia, distribución espacial y composición del plancton, incluyendo el macrozooplancton, ictioplancton, mesozooplancton, microplancton, nanoplancton y picoplancton en la zona de estudio durante un período de primavera y su asociación con las variables bio-oceanográficas indicadas en 4.1.
- 4.3. Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual de las variables señaladas en los objetivos específicos 4.1 y 4.2., en estaciones seleccionadas, dentro de la zona de estudio.
- 4.4. Estimar las siguientes tasas biológicas: producción primaria, respiración comunitaria del plancton, flujo vertical de material particulado (acoplamiento pelágico-bentónico) y su variabilidad mensual en estaciones seleccionadas de la zona de estudio.

5.- METODOLOGÍA POR OBJETIVO.

<u>5.1.- Objetivo específico 1</u>: Determinar la distribución espacial, a nivel de meso-escala (km), de las variables bio-oceanográficas temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes, biomasa del fitoplancton y penetración de la luz, en la zona de estudio, durante el período de primavera, en la estructura vertical de 0 a 200 m de profundidad.

5.1.1.- Descripción General del Crucero:

El crucero bioceanográfico se inició el día 6 de Marzo del 2008 a bordo del AGOR Vidal Gormaz, buque oceanográfico de la Armada de Chile, zarpando desde Valparaíso y finalizando el 19 de marzo en Talcahuano

Durante el crucero se realizaron actividades enmarcadas dentro del proyecto FIP 2007-10 "Monitoreo de las condiciones bio-oceanográficas en la VIII y IX Regiones, año 2007", cuyo objetivo general es "Caracterizar la variabilidad espacial y temporal de las condiciones y procesos bio-oceanográficos en las principales áreas de desove y reclutamiento de pequeños pelágicos en las VIII y IX regiones". En particular, las actividades desarrolladas en este crucero correspondieron a las relacionadas con los Objetivos 1, 2 y 4 (este último como un adicional no-solicitado en la bases ya que los requerimientos dicen relación con series de tiempo). De este modo, se obtuvo información sobre la distribución espacial, a nivel de meso-escala (km), de las variables bio-oceanográficas: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes, biomasa del fitoplancton y penetración de la luz, distribución espacial y composición del plancton, y se estimó tasas de producción primaria y respiración comunitaria del plancton, entre otras (Tabla 1).

Tabla 1. Personal científico embarcado y responsabilidades en crucero FIP 2007-10

NOMBRE	Institución	Actividad
Jefe de Expedición:		
Leonardo Castro C.	Universidad de Concepción	Jefe Crucero, muestreo zoo- ictioplancton, apoyo roseta
Personal participante:		
Maria Inés Muñoz L.	Universidad de Concepción	muestreo zoo-ictioplancton
Valeria Anabalón	Universidad de Concepción	DOC, POC
Loreto Torreblanca	Universidad de Concepción	Picoplancton, Nanoplancton, Fitoplancton
Pablo González	Universidad de Concepción	Clorofila fraccionada
Cesar Hormazábal F.	Universidad de Concepción	Encargado CTD-Roseta
Eduardo Menschel A.	Universidad Austral de Chile	Fitoplancton, POC, Microzooplancton
María José Calderón N.	Universidad Austral de Chile	Fitoplancton, Microzooplancton, POC
Odette Vergara	Universidad de Concepción	muestreo zoo-ictioplancton
Lorena Lizárraga	Universidad del Mar	DOC, Curvas PI con oxígeno, Bacterias
Ramiro Riquelme	Universidad de Concepción	muestreo zoo-ictioplancton, apoyo roseta
Juan Faúndez A.	Universidad de Concepción	Oxígeno/gases, Nutrientes, Isotopos naturales, COP, NOP
César Neira	Universidad de Concepción	Nutrientes, Isotopos naturales, COP y NOP

El plan original de muestreo (propuesta original) consideraba la realización del crucero durante la primavera. Sin embargo, por la imposibilidad de disponer de una embarcación oceanográfica que reuniera las condiciones necesarias para este estudio en esa fecha (informado al FIP oportunamente), y con la aprobación de parte del FIP del cronograma de actividades del proyecto en que señalaba el cambio de fecha del crucero, hubo que llevar a cabo el crucero durante marzo. La postergación del crucero a esta época,

además de permitir contar con una embarcación adecuada, trajo consigo los beneficios de:
a) permitir evaluar la distribución de huevos y larvas de especies de peces que constituyen
recursos a los que se ha señalado tienen una época de desove secundaria a fines de verano
(anchoveta, sardina común y merluza común) frente a Chile central, y, b) permitir
conseguir financiamiento adicional de otros proyectos para ampliar la cobertura de
muestreo (ver mas adelante).

El plan de crucero de la propuesta original incluía un total de 78 estaciones ubicadas a lo largo de 10 transectas perpendiculares a la costa, distribuidas cada 30 minutos de latitud, desde la latitud 35°30' (latitudes 35°30', 36°00', 36°30', 37°00', 37°30', 38°00', 38°30', 39°00', 39°30', y 40°00' S). Solo 4 de estas transectas (Transectas 1, 4, 7 y 10) tendrían una extensión de 100 mn desde la costa, y las demás 6 transectas una extensión de 50 mn de la costa. Sin embargo, con los aportes financieros adicionales del proyecto FIP 2007-33, como logro adicional a la propuesta original, se pudo extender 4 transectas más (Transectas 2, 3, 8 y 9) hasta los 100 mn de la costa, con lo que finalmente se logró una cobertura hasta las 100 mn en 8 transectas.

Las 8 transectas de 100 mn incluyeron un total de 9 estaciones cada una, ubicadas a 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75 y 100 mn de la costa. Las 2 transectas cortas de 50mn de extensión, incluyeron las mismas estaciones de las transectas largas pero solo hasta las 50mn. Al final del crucero, descontando las estaciones que no pudieron realizarse por el mal estado de mar o por limitaciones de navegación del buque en la franja más costera donde no hubiera batimetría en cartas (IX Región), se llevaron a cabo un total de 72 estaciones (Figura 1).

En todas las estaciones se llevó a cabo lances de roseta equipada con un CTD Seabird 19 plus, con sensores de luz PAR, oxígeno disuelto y fluorescencia. Adicionalmente, en las estaciones ubicadas a 1, 10, 30, 50 y 100 mn de la costa (denominadas "bio-oceanográficas"), se realizó muestreos de agua de mar con las botellas Niskin de 10 L de la roseta, para la determinaciones de oxígeno disuelto y nutrientes, al menos en 5 niveles. En estas mismas estaciones, se colectó muestras de agua de mar para las determinaciones de pico-, nano- y microplancton y se realizaron también los muestreos

de zoo- e ictioplancton con redes Tucker Trawl. Más detalles de los métodos de muestreo y análisis de muestras se encuentran en la siguiente sección, por objetivos, y en la Tabla 2.

5.1.2.- Muestreo

En todas las estaciones oceanográficas se realizó un muestreo vertical con un equipo Roseta-CTDO-fluorescencia, equipado con botellas Niskin de 10 L y sensor de luz PAR (Radiación fotosintéticamente activa). Las variables registradas de forma continua en la columna de agua fueron: perfiles de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, fluorescencia y luz hasta los 600 m, o hasta 10 m desde el fondo dependiendo de la profundidad de la estación. Desde las botellas Niskin se obtuvieron muestras de agua de al menos 5 profundidades, dependiendo de la profundidad de la columna de agua muestreada.

En las estaciones bio-oceanográficas, las muestras de agua provenientes de las botellas Niskin fueron utilizadas para mediciones discretas de oxígeno disuelto y salinidad para verificar y corregir las mediciones de los sensores del CTDO. Desde estas mismas muestras se obtuvieron volúmenes para mediciones de nutrientes esenciales para la actividad biológica y que incluyeron, nitrato, nitrito, fosfato y silicato. Además, se realizaron mediciones de biomasa del fitoplancton a la forma de clorofila-a fraccionada en 3 clases de tamaño que representaron las fracciones pico-, nano-, y micro-planctónicas: clorofila-a total, <20 μm y <3 μm.

Tabla 2. Muestras y variables analizadas por estación.

PARÁMETRO/ VARIABLE	PROFUNDIDAD (m)	ESTACIÓN
Oxígeno/gases	Todas	Bio-oceanog.
Nutrientes	Todas	Bio-oceanog.
DOC	0, 20 0, 10, 50	Bio-oceanog. Bio-oceanog. (solo 5 primeras transectas) y oceánicas (4 primeras transectas)
Picoplancton	0 10, 20, 35, 50, 75 y 100 10 y 50	Todas Bio-oceanog. Oceánicas en 4 primeras transectas
Bacteria	0, 20	Bio-oceanog
Nanoplancton	0 10, 20, 35, 50, 75 y 100 10 y 50	Todas Bio-oceanog. Oceánicas en 4 primeras transectas
Fitoplancton	0, 10, 20, 50 0 10 y 50	Bio-oceanog. Todas Bio-oceanog. y oceánicas en 4 primeras transectas
Clorofila fraccionada	0 10, 20, 35, 50, 75, 100 10 y 50	Todas Bio-oceanog. Oceánicas en 4 primeras transectas
POC	0, 20 0, 10 y 50	Bio-oceanog. Bio-oceanog. (5 primeras transectas) y Oceánicas en 4 primeras transectas
Microzooplancton	0, 10, 20, 50	Bio-oceanog.
Isotopos naturales y COP y NOP	Todas	Una estación por transecta ca. 20 mn
PP con 13 C	Tres profundidades zona fótica e.g. 0,10, 20	Una estación por transecta ca. 20 mn
Curvas PI con oxígeno	Del máximo de fluorescencia (una prof. solamente)	Tres estaciones por transecta

5.1.3.- Análisis en laboratorio

a) Análisis de salinidad

Las muestras de agua para salinidad se llevaron a laboratorio en envases de vidrio sellados herméticamente para posterior análisis en salinómetro GIDLINE, equipo existente en el Laboratorio de Calibración del PROFC en la UdeC.

b) Análisis de oxígeno disuelto

La determinación de oxígeno disuelto se realizó a partir del método de Winkler modificado por Carpenter (1965), usando un sistema de titulación automática (AULOX) desarrollado en laboratorios del PROFC, con la cooperación del Instituto Oceanográfico Scripps. El método está disponible para mediciones de niveles de oxígeno disuelto entre O y 400 µmol Kg⁻¹ y tiene una precisión de 0.05 %. El método de Winkler básicamente consiste en producir una serie de reacciones químicas que liberan iones de yodo equivalentes al oxígeno disuelto en la muestra de agua de mar. Los iones de yodo presentan una alta absorbancia de luz en una banda centrada a una longitud de onda de 350nm. AULOX, reproduce el método de titulación de Winkler para la determinación de oxígeno disuelto.

c) Análisis de nutrientes

La determinación de los nutrientes nitrato, nitrito, fosfato y silicato, fue realizada mediante técnicas de espectrofotometría, para lo cual se dispuso de dos equipamientos COPAS: 1) analizador de flujo continuo con autoanalizador y 2) métodos discretos, manuales estándares. La determinación de nitrato está basado en el método de Strickland *et al.*, (1984). El nitrato es reducido a nitrito usando una columna de Cd-Cu. El nitrito producido reacciona con sulfamida en una solución ácida y el compuesto diazo resultante en presencia de N-(1-Naptil) etilenodiamina forma un compuesto azo fuertemente coloreado. Para determinación de ortofostato reactivo se empleó la metodología propuesta por Grasshoff *et al.* (1983). La muestra de agua de mar conteniendo fosfato reacciona con

un reactivo compuesto de molibdato de amonio-ácido ascórbico y tartrato de antimonio potasio, resultando en un complejo coloreado. El método utilizado en la determinación de silicato está descrito en UNESCO (1983) y se basa en la reacción que se produce entre los compuestos solubles de silicio en aguas naturales y molibdato de amonio, que llevan a la formación del ácido β -silicomolíbdico de color amarillo. Este complejo es luego reducido, cambiando a un complejo de color azul, mediante la utilización de ácido oxálico y ácido ascórbico.

d) Biomasa fitoplanctónica

Se utilizó el procedimiento estándar para determinar clorofila total (Parsons *et al*. 1984). Las muestras de agua se obtuvieron en volúmenes de 1 y 2 L en bidones oscuros para filtración inmediata. Para clorofila-a total fueron utilizados filtros GF/F (tamaño poro ca. 0,7 μm). Clorofila-a < 20 μm se obtuvo por filtración con un tamiz de 20 μm, submuestra que fue filtrada sobre filtros de 3 μm. A su vez, la submuestra de clorofila-a <3 μm obtenida fue filtrada por filtros GF/F. Los filtros fueron preservados en nitrógeno líquido para su posterior análisis. En el laboratorio, la clorofila-a fue extraída por 24 h en acetona al 90% y luego leída mediante fluorómetros (Turner Design TD-700) calibrado y facilitado por COPAS.

e) Análisis de la información

Toda la información recopilada del crucero fue almacenada en una base de datos. Los datos de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno permitieron el análisis de la distribución espacial horizontal y vertical de las masas de aguas en el período de estudio. Este análisis a su vez permitió estimar las características que influyen sobre la distribución de nutrientes y de los diversos componentes del plancton, incluyendo la estratificación, profundidad de la capa de mezcla, base de la termoclina, oxiclina y nutriclina, y patrón de circulación general. En un análisis más global se caracterizó la distribución de mesoescala de la TSM, ZMO, clorofila, nutrientes y extensión de la capa fótica. Todas las variables bio-oceanográficas se analizaron gráficamente en términos de su distribución espacial, mediante el uso de mapas de distribución horizontal y construcción de secciones verticales

latitudinales y meridionales.

5.2.- Objetivo específico 2: Determinar la abundancia, distribución espacial y composición del plancton, incluyendo el macrozooplancton, ictioplancton, mesozooplancton, microplancton, nanoplancton y picoplancton de la zona de estudio durante un período de primavera y su asociación con las variables bio-oceanográficas indicadas en 4.1.

5.2.1.- Muestreo

Para cumplir con este objetivo se utilizaron dos sistemas de muestreo en todas las estaciones bio-oceanográficas indicadas en la Figura 2.

Las muestras para **macrozooplancton, mesozooplancton e ictioplancton** fueron obtenidas mediante lances oblicuos estratificados con red Tucker Trawl de 1 m² de diámetro de boca, equipada con malla de 200 µm y flujómetro digital calibrado General Oceanics.. Los estratos de muestreo correspondieron a 0-50 m y 50-200 m. El estrato superior de 0-50 m representa la capa de agua fótica, oxigenada y de mezcla, donde se espera que se concentre el zooplancton epipelágico y larvas y huevos de peces, mientras que el estrato sub-superficial de 50-200 m representa el hábitat de especies bajo la termoclina y eventualmente asociados a la ZMO o a su límite superior. La red Tucker Trawl primero realizó un muestreo integrado de 0-200 m y luego de los dos estratos nombrados, manteniendo una velocidad cercana a los 2 nudos, lo cual minimiza errores de muestreo asociados al escape al arte, por parte del macrozooplancton (eufáusidos) y de larvas de peces en estado avanzado de desarrollo. Las muestras de zooplancton fueron inmediatamente fraccionadas a bordo para preservación de una fracción en nitrógeno líquido de material fresco. El resto de la muestra fue fijado en formalina al 5% neutralizada a un pH=7 con tetraborato de sodio.

Los componentes menores del plancton (<200 µm) se obtuvieron de las botellas Niskin de 10 L provenientes de la Roseta, en al menos 2 profundidades en el estrato

superior de 50 m. Para los efectos de este estudio, y por motivos presupuestarios, las fracciones de pico- y nanoplancton se determinaron mediante clorofila-a fraccionada (<3 μm para picoplancton y 3> x <20μm para Nanoplancton), tal como se señaló anteriormente. Adicionalmente, el picoplancton fue analizado por microscopía de epifluorescencia. Las muestras de picoplancton (1350 µl de muestra) fueron depositadas en crioviales, fijadas (paraformaldehido 1% conc. final) y almacenadas en nitrógeno líquido en el laboratorio, luego de lo cual fueron transferidas a un refrigerador (-80°C) hasta su análisis. Las muestras de nanoplancton (2 muestras de 50 ml c/u) se depositaron en tubos de centrifuga, se fijaron (glutaraldehido 2% y lugol 2%, conc. finales), y se mantuvieron en frío (4-6°C) y oscuridad hasta su análisis. Para la fracción microplanctónica se aplicaron dos procedimientos durante el muestreo, uno general para microplancton y otro específico para fitoplancton. En el primer caso, los volúmenes de agua de mar utilizado fluctuaron entre 10 L (áreas productivas) y 28 L (áreas oligotróficas). Estas muestras fueron filtradas a bordo a través de un tamiz de 23 µm. Los organismos retenidos en el tamiz se concentraron hasta un volumen final de aproximadamente 100 ml, guardados en frascos plásticos y preservados con formalina al 2%. En el segundo caso, las muestras para micro-fitoplancton sin tamizar (250 ml) fueron almacenadas en frascos plásticos y preservadas con Lugol al 2%. Para el microplancton, se colectaron y analizaron datos de dos profundidades dependiendo de la estructura de la columna de agua (superficie y 10 m).

5.2.2.- Análisis en laboratorio

a) Picoplancton

La determinación de picoplancton se realizó mediante análisis de clorofila-a. Las abundancias de cada componente se estimaron en base a su tamaño y fluorescencia. Para los cálculos de biomasa se utilizaron factores de conversión disponibles en la literatura especializada (Kana & Glibert 1987; Lee & Fuhrman 1987; Campbell *et al.* 1994).

b) Nanoplancton

Al igual que el picoplancton, la determinación de nanoplancton se realizó mediante análisis de clorofila-a.

c) Microplancton

En el laboratorio estas muestras fueron analizadas a nivel de grupos y géneros dominantes usando un microscopio invertido, con cámaras de sedimentación, mediante el método de Utermöhl (1958). La biomasa (como carbono) de esta fracción, se estimo midiendo los individuos de algunos grupos dominantes provistos de cubiertas minerales u orgánicas (*e.g.* tintínidos) de acuerdo a sus formas geométricas (Edler 1979).

d) Mesoplancton y macroplancton

En el laboratorio, la muestra congelada de zooplancton fue vaciada sobre filtro GF/F muflado y pre-pesado, y secada a 60 °C por 24 h, para obtener el peso seco de esta. La fracción de muestra fijada en formalina fue utilizada para obtener la composición de especies de mesozooplancton (200-1000 μm) y macrozooplancton (>1000 μm) y la abundancia de los grupos y especies dominantes fue expresada por metro cúbico y metro cuadrado.

e) Ictioplancton

El análisis de la composición y abundancia de los huevos y larvas de peces se realizó sobre las muestras fijadas en formalina (como en el caso anterior). Para ello, primeramente se separaron todos los huevos y larvas de peces presentes bajo lupa, para su posterior identificación y enumeración por especies, con énfasis en aquellas consideradas recursos de la zona, tales como merluza, anchoveta, sardina común y otras.

5.2.3.-Asociación entre variables oceanográficas y biológicas

El grado de asociación entre los componentes planctónicos, en términos de distribución, abundancia y composición, y las variables bio-oceanográficas indicadas en 4.1, fue tratado mediante técnicas de análisis multivariado, como regresión múltiple paso-apaso, análisis de componentes principales y conglomerados. La distribución espacial de

componentes del plancton se analizó y representó mediante técnicas cartográficas, que incluyeron construcción de contornos y métodos de análisis espacial.

<u>5.3.- Objetivo específico 3</u>: Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual de las variables señaladas en los objetivos específicos 4.1 y 4.2, en estaciones seleccionadas, dentro de la zona de estudio.

5.3.1.- Serie de tiempo

Para estudiar la variabilidad temporal de las condiciones bio-oceanográficas se utilizó una estación de muestreo ubicada a 20 km de Dichato, que cubrió la escala mensual en la zona costera (12 meses de muestreo) ubicada a 18 mn (Estación 18) sobre la plataforma continental en la terraza del Itata (indicada en la Figura 2) localizada a 36°30,8' S - 73°07.7' W. Este punto posee una profundidad aproximada de 90 m y está afecta a impactos locales directos de los procesos que ocurren en la plataforma interna, incluyendo las bahías aledañas a la VII Región. La terraza del Itata en general representa el área de mayores y más extensas concentraciones de alimento (como clorofila-a) para grupos planctónicos, en comparación con áreas adyacentes.

Una segunda estación de muestreo, se realizó a 4 millas de la costa durante los mismos cruceros mensuales frente a Bahía Coliumo e incluyó muestreo de macro, mesozooplancton e ictioplancton en un estrato. Adicionalmente, se realizó perfil de CTDO y se colectó muestras de agua de mar para determinar clorofila-a. La Estación 18 y la Estación 40 constituyen puntos de muestreo de un estudio en serie de tiempo del Centro COPAS, de manera tal que ya se poseía información previa de 2 años de muestreo en las escalas de tiempo señaladas. El análisis de tal información indicó que la estación 18 refleja de manera apropiada la variabilidad bio-oceanográfica estacional e intra-estacional, especialmente referida al forzamiento ejercido por la surgencia costera en la zona. La Estación 40, por su parte, mostró una mayor independencia de los procesos de surgencia costera y reflejó una mayor estabilidad en la escala intra-estacional, no obstante se denota con claridad la señal estacional reflejando los procesos oceánicos de mayor escala.

5.3.2.- Métodos de muestreo en estación 18.

En la estación mensual señalada se realizaron perfiles de CTDO-Fluorescencia-PAR, hasta los 80 m, para obtener muestras de agua a 12 profundidades. Desde las botellas Niskin se obtuvieron muestras para salinidad, concentraciones de oxígeno disuelto, nutrientes, abundancia y biomasa (clorofila-a medida y carbono estimado) de los componentes del microplancton, nanoplancton y picoplancton. Además, se realizaron muestreos a 2 profundidades con botellas de 30 L para estimar abundancia y composición de microplancton, que requiere de mayores volúmenes para un análisis apropiado. Para el estudio del ictioplancton, mesozooplancton y macrozooplancton, se realizó un lance de red Tucker Trawl (descrita previamente) para muestrear los estratos 0-50 m y 50-80 m.

5.3.3.- Análisis de muestras e información

Los métodos de análisis de muestras para todas las variables son los mismos indicados para los Objetivos 4.1 y 4.2. La información proveniente de ambas estaciones se mantuvo en una base de datos actualizada mensualmente que constituyó la base del boletín oceanográfico mensual. Las variables en estudio fueron procesadas y analizadas con métodos de estudios de series de tiempo, estableciéndose las eventuales correlaciones y correspondencia entre variables del ambiente físico y químico y variables biológicas.

5.4.- Objetivo específico 4: Estimar las siguientes tasas biológicas: producción primaria, respiración comunitaria del plancton, flujo vertical de material particulado (acoplamiento pelágico-bentónico) y su variabilidad mensual en estaciones seleccionadas de la zona de estudio.

5.4.1.- Método de muestreo

En la estación 18, y coincidente con los monitoreos del Objetivo 4.3, se realizaron los estudios para estimar mensualmente las tasas de producción primaria bruta (PPB), respiración comunitaria del plancton (RC) y flujo vertical de material particulado (FV). Los métodos a aplicar consistían en estimaciones *in situ* de cambios en la concentración de

oxígeno disuelto. Para ello, los experimentos *in situ* se realizaron con un sistema de incubación consistente en 5 cubos de acero inoxidable con porta-botellas posicionadas diagonalmente dentro del cubo, los cuales fueron dispuestos verticalmente en las mismas profundidades en las cuales fueron extraídas las muestras inicialmente. De cada profundidad se obtuvo 15 submuestras, las cuales se incubaron en botellas de borosilicato de 125 ml de capacidad nominal. Primero, se seleccionaron 5 profundidades para estimar PPB y RC de acuerdo a perfil de fluorescencia y luz proveniente del CTDO-fluor.-Luz. En forma simultanea, se puso en el agua una trampa de sedimentos boyante, acoplada al sistema de incubación para PPB y RC.

Paralelamente, se estimaron tasas de producción primaria neta (PPN) en la misma línea de incubación *in situ*, a partir de técnicas con ¹³C/¹⁵N (Slawyk & Raimbault, 1995; 1998), para medir procesos asimilativos de carbono y nitrógeno, incluyendo producción primaria neta, producción nueva (*i.e.*, aquellas sostenida por el aportes de NO₃⁻ advectados hacia la zona fótica) y producción regenerada (*i.e.*, la proporción de fijación de C sustentada por la regeneración de NH₄⁺ en la zona fótica). Cada uno de los términos de esta producción autotrófica es fundamental para la comprensión del funcionamiento trófico de los ecosistemas marinos.

El flujo vertical de material particulado fue estimado mediante trampas de sedimento cilíndricas pareadas de 122 cm² de área de colecta y una razón alto:diámetro de 8,3. Las trampas fueron instaladas mensualmente en la Estación 18 mn, por períodos entre 8 y 12 horas. En estas muestras se estimaron los flujos de seston, materia orgánica total y fracción litogénica. Además, de flujos de material biológico como microplancton (diatomeas, tintínidos, nauplii de crustáceos) y detritus (pellet fecales de zooplancton).

5.4.2.- Métodos de medición y análisis

Para estimar tasas de Productividad Primaria Bruta (PPB) del fitoplancton y tasas de Respiración Comunitaria (RC), la cantidad de oxígeno producida por fotosíntesis y la cantidad de oxígeno consumida por respiración, se utilizó la técnica de las botellas claras y oscuras, con 5 réplicas para cada tiempo final y 5 réplicas para el tiempo inicial. Las concentraciones de oxígeno disuelto en las botellas se determinó utilizando una versión semi-automática del método Winkler (Williams & Jenkinson 1982, Knap *et al.* 1993) basado en un detector fotométrico de punto final, un Dosimat Metrohom 665 de 5 ml de capacidad y un registrador Cole Parmer. Los valores de tasas de PP y RC integrados en la columna de agua se calcularon a partir de las diferencias de las concentraciones de oxígeno entre los distintos tratamientos

Producción Primaria Bruta: [O2] botellas claras - [O2] botellas oscuras **Respiración Comunitaria**: [O2] botellas ceros – [O2] botellas oscuras

Los valores de Producción Primaria fueron convertidos a valores de producción de carbono utilizando un coeficiente fotosintético de 1,25 mientras que las tasas de utilización de oxígeno fueron convertidas a carbono orgánico utilizando un coeficiente de respiración de 1,0 (Daneri *et al.* 2000).

Las tasas de producción primaria neta fueron medidas utilizando el isótopo estable ¹³C en su forma NaH¹³CO₃. Esta técnica esta basada en la asimilación biológica de carbono marcado ¹³C por organismos foto-autótrofos y su posterior detección por medio de espectrometría de masas en el compartimiento orgánico particulado. En forma paralela, se utilizó la técnica de doble marcaje que permite medir en forma simultanea la asimilación de carbono y amonio por medio del uso de los isótopos estables ¹³C y ¹⁵NH₄. Las tazas de asimilación de amonio, que permiten estimar la producción primaria regenerada, fueron medidas utilizando el isótopo estable ¹⁵N en su forma ¹⁵NH₄Cl. Esta técnica está basada en la asimilación de amonio marcado ¹⁵N y su posterior detección por medio de espectrometría de masas en el compartimiento orgánico particulado. La producción primaria nueva se estimó a partir de la taza de asimilación de nitrato, utilizando el isótopo estable ¹⁵N en su

forma Na¹⁵NO₃ (técnica descrita anteriormente). Para cada estimación se tomaran muestras de nutrientes (NH₄, NO₂, NO₃) representativas de las condiciones iniciales y finales.

El cálculo de asimilación de carbono (mgC.m⁻³.t⁻¹) se obtiene mediante la ecuación:

$$\rho DI^{13}C = \left[\frac{(\%R_{POC} - 1.112)*\left(\frac{POC*1000}{12*V_f}\right)}{\%R_{DIC}}\right] * \frac{12}{1000}$$

Donde:

V_f: Volumen filtrado

POC : cantidad de carbono orgánico particulado recuperado y analizado por espectrometría de masa (μg)

%R_{DIC}: exceso de enriquecimiento (¹³C) después de inoculación (tiempo T0).

%R_{POC}: Enriquecimiento en carbono-13 en el filtro después de incubación.

Los flujos de asimilación de nitrógeno inorgánico (NH₄ o NO₃) (expresados en nM/unidad de tiempo) fueron obtenidos mediante la siguiente ecuación (Dugdale & Wilkerson, 1986):

$$\rho = \frac{R_{NOP}}{Ro_{NID} * T} * NOP$$

Donde:

 $\mathbf{R}_{\mathbf{NOP}}$: % ¹⁵N en exceso de la fracción NOP después de incubación.

 $\mathbf{Ro_{NID}}$: enriquecimiento en exceso en nitrógeno-15 en tiempo To, después de inoculación de trazador.

NOP: concentración en NOP (nM) al final del tiempo de incubación

T: tiempo de incubación (hrs)

6.- RESULTADOS

<u>6.1.- Objetivo Específico 1</u>: Determinar la distribución espacial, a nivel de meso-escala (km), de las variables bio-oceanográficas temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes, biomasa del fitoplancton y penetración de la luz, en la zona de estudio, durante el período de primavera, en la estructura vertical de 0 a 200 m de profundidad.

6.1.1.- Hidrografía (T, S y O2)

La Figura 2 muestra la posición del conjunto de estaciones de CTD-O realizadas durante el crucero FIP 2007-10 en marzo de 2008. La posición, fecha y profundidad de muestreo en cada estación se lista en la Tabla 3.

Tabla 3. Localización de las estaciones de CTD durante el crucero FIP 2007-10.

Estación	Cast	Latitud (°S)	Longitud (°W)	Z-Sonda (m)	Z-CTD (m)	Día	Mes	Año	Hora
2	1	35,50	72,65	36	30	7	3	2008	09:00
3	2	35,50	72,75	58	40	7	3	2008	16:30
4	3	35,50	72,93	143	130	7	3	2008	19:30
5	4	35,50	73,15	1000	420	7	3	2008	21:35
6	5	35,51	73,34	1000	620	8	3	2008	01:00
7	6	35,51	73,55	1800	650	8	3	2008	04:20
8	7	35,50	73,06	4800	650	8	3	2008	08:40
9	8	35,50	74,57	4252	650	8	3	2008	12:30

9 10 11 12 13 14	9 10 11	35,50 36,00	74,57	4252	650	8	3	2008	15:50
11 12 13		36,00	7404						
12 13	11		74,84	4246	650	8	3	2008	19:35
13		36,00	74,33	4800	650	9	3	2008	00:30
	12	35,99	73,83	874	680	9	3	2008	03:15
14	13	35,99	73,61	826	650	9	3	2008	08:07
	14	36,00	73,42	213	100	9	3	2008	10:30
14	15	36,00	73,42	213	100	9	3	2008	12:15
15	16	36,00	73,21	380	350	9	3	2008	14:45
16	17	36,00	73,98	280	250	9	3	2008	16:35
17	18	36,01	72,89	168	140	9	3	2008	19:00
18	19	36,00	72,81	62	55	9	3	2008	20:10
20	20	36,50	73,02	25	40	9	3	2008	00:20
21	21	36,50	73,12	92	80	10	3	2008	01:30
22	22	36,50	73,34	119	102	10	3	2008	03:30
23	23	36,50	73,54	140	120	10	3	2008	05:00
23	24	36,50	73,54	140	120	10	3	2008	06:35
25	28	36,50	73,94	2800	600	10	3	2008	19:40
26	29	36,50	74,46	4940	600	11	3	2008	23:30
27	30	36,51	75,00	3600	600	11	3	2008	03:15
27	31	36,51	75,00	3600	600	11	3	2008	04:30
28	32	37,00	75,22	3200	600	11	3	2008	09:45
29	33	37,00	74,73	3885	600	11	3	2008	13:50
30	34	36,99	74,23	2900	600	11	3	2008	15:30
30	35	36,99	74,23	2900	600	11	3	2008	18:00
31	36	37,00	74,02	2500	600	11	3	2008	21:15
32	37	37,00	73,82	559	450	11	3	2008	23:40
32	38	37,00	73,82	559	450	11	3	2008	01:00
33	39	37,00	73,61	73	60	12	3	2008	05:15
34	40	37,01	73,41	75	65	12	3	2008	07:55
34	41	37,01	73,41	75	65	12	3	2008	08:35
35	42	37,00	73,29	60	50	12	3	2008	12:00
36	43	37,00	73,21	35	30	12	3	2008	13:30
36	44	37,00	73,21	35	30	12	3	2008	13:45
38	45	37,50	73,70	80	70	12	3	2008	19:00
39	46	37,50	73,80	200	180	12	3	2008	20:00
39	47	37,50	73,80	200	180	12	3	2008	20:35
40	48	37,50	74,01	1300	600	12	3	2008	23:00
41	49	37,50	74,24	2100	600	13	3	2008	02:00
41	50	37,50	74,24	2100	600	13	3	2008	02:50
42	51	37,50	74,45	3000	670	13	3	0:00	06:15
43	52	37,49	74,65	4572	600	13	3	2008	07:40
43	53	37,49	74,65	4572	600	13	3	2008	09:00
44	54	38,00	74,54	4500	600	13	3	2008	13:45
44	55	38,00	74,54	4500	600	13	3	2008	14:20
45	56	38,00	74,33	1600	550	13	3	0:00	16:55

46	57	38,00	74,13	590	500	13	3	2008	19:35
46	58	38,00	74,13	590	500	13	3	2008	20:25
47	59	38,01	73,91	162	120	14	3	2008	00:05
48	60	38,00	73,82	130	100	14	3	2008	01:35
52	61	38,49	73,63	32	22	14	3	2008	06:10
53	62	38,50	73,72	33	22	14	3	2008	07:20
54	63	38,52	73,94	42	25	14	3	2008	09:35
55	64	38,51	74,15	2000	600	14	3	2008	11:10
55	65	38,51	74,15	2000	600	14	3	2008	12:00
56	66	38,50	74,36	2500	600	14	3	2008	15:30
57	67	38,49	74,57	2700	600	14	3	2008	18:30
57	68	38,49	74,57	2700	600	14	3	2008	19:50
58	69	38,50	75,09	4000	600	15	3	2008	23:55
61	70	38,99	74,88	3000	600	15	3	2008	14:40
62	71	39,07	74,37	2100	600	15	3	2008	19:20
62	72	39,07	74,37	2100	600	15	3	2008	20:30
63	73	39,07	74,18	2100	600	16	3	2008	00:30
64	74	39,07	73,97	200	150	16	3	2008	03:00
64	75	39,07	73,97	200	150	16	3	2008	03:45
65	76	39,08	73,74	140	110	16	3	2008	08:30
66	77	39,09	73,51	75	55	16	3	2008	10:33
67	78	39,10	73,42	39	35	16	3	2008	12:10
73	79	39,45	73,86	146	100	16	3	2008	17:45
73	80	39,45	73,86	146	100	16	3	2008	18:30
74	81	39,50	74,11	890	600	16	3	2008	21:05
75	82	39,49	74,34	1500	600	16	3	2008	23:45
75	83	39,49	74,34	1500	600	17	3	2008	00:20
76	87	40,00	75,87	3000	500	17	3	2008	13:55
76	88	40,00	75,87	3000	500	17	3	2008	13:55
77	89	39,99	75,33	3800	600	17	3	2008	20:05
78	90	40,00	74,82	2400	600	18	3	2008	00:00
78	91	40,00	74,82	2400	600	18	3	2008	00:00
79	92	40,00	74,58	1300	600	18	3	2008	03:20
80	93	39,99	74,37	1000	600	18	3	2008	05:55
80	94	39,99	74,37	1000	600	18	3	2008	06:30
81	95	40,01	74,14	400	300	18	3	2008	10:15
82	96	40,00	73,92	160	120	18	3	2008	12:20
83	97	40,01	73,82	100	80	18	3	2008	14:10
84	98	40,00	73,74	80	60	18	3	2008	15:20
85	84	39,50	74,90	3000	600	17	3	2008	04:50
86	85	39,51	75,42	4000	600	17	3	2008	08:50
86	86	39,51	75,42	4000	600	17	3	2008	08:50

La distribución superficial (a 5 m de profundidad) de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto se muestra en las Figuras 3, 4 y 5, respectivamente. La temperatura presentó un importante gradiente hacia fuera de la costa con valores cercanos a esta de ~14°C a valores mayores a ~17°C en la zona oceánica. La región de fuerte gradiente formó un frente térmico que se prolongó en una dirección aproximadamente paralela a la costa. La isoterma de 16.5°C demarcó el borde externo del frente y se extiendió hacia el oeste en ~36°S sugiriendo la presencia de una pluma de agua fría que se aleja de la costa. Un rasgo similar ha sido observado en la región durante los otros cruceros de primavera y verano.

Junto a Punta Lavapié (37° 10'S) se pudo distinguir una lengua de agua fría, con aguas menores a 14°C que se extiendió hacia el norte. Consistentemente, la distribución de salinidad presentó valores mayores (> 34.2) asociados a esta pluma, mientras que el oxígeno presentó un mínimo (< 175 μmol kg¹) centrado en la misma posición (Figuras 4 y 5). La distribución superficial de estas tres variables fue consistente con una intensificación de la surgencia, transportando a superficie aguas más frías, más salinas y con menor contenido de oxígeno en torno a Punta Lavapié. La presencia de aguas con bajo contenido de oxígeno se observó más claramente en la sección vertical a lo largo de la transecta 3 (frente a Bahía Coliumo, Figura 6c), donde se apreció un núcleo de aguas con bajas concentraciones en torno a los 150m de profundidad, y la elevación de las isolíneas de bajo contenido de oxígeno disuelto hacia la costa lo que concuerdó con los demás parámetros que señalaron una ocurrencia de surgencia en la zona costera. Estos rasgos han sido observados comúnmente en los cruceros de monitoreo del programa FIP durante primavera y verano.

En general, la distribución de temperatura, salinidad y oxígeno cerca de superficie reflejó el efecto de la surgencia en toda la región de estudio. Aunque fluctuaciones sinópticas de los vientos pueden producir importantes cambios en las variables superficiales descritas, particularmente cerca de la costa, los valores observados durante el crucero de Marzo 2008 fueron típicos de la época en la región durante condiciones de

surgencia.

Por otra parte, cabe mencionar que las condiciones generales en el Pacífico ecuatorial durante el verano de 2008 fueron frías. Durante primavera y verano de 2007-2008 predominó la fase fría del ciclo ENOS (periodo La Niña). Sin embargo, las anomalías de gran escala en el Pacífico Sur-oriental frente a las costas de Chile central fueron en general pequeñas y ligeramente positivas durante febrero y marzo de 2008.

6.1.2.- Imágenes TSM y Color

Las imágenes de Temperatura Superficial del Mar, que cubren una escala espacial desde los 32 °S a los 42°S, mostraron la presencia de aguas más frías en la zona costera, particularmente en la zona del crucero, donde se observaron proyecciones de estructuras tipo filamentos y meandros hacia el océano, durante todo el periodo de muestreo (Figura 7a). Al oeste de estas estructuras se observó un cambio de temperaturas marcado por una zona frontal, concordante con las observaciones de CTD. Las imágenes de color del mar (SeaWifs) mostraron una franja costera con altas concentraciones de clorofila-a (>5 mg Cl.-a/m³) a lo largo de la zona muestreada, y proyecciones hacia el oeste de filamentos y meandros coincidentes con los observados en las imágenes de TSM (Figura 7b).

6.1.3.- Nivel del mar

Concordante con las imágenes satelitales de TSM y clorofila y con la data hidrográfica de del crucero en que se observaron menores temperaturas en la zona costera y la presencia de una pluma de agua fría extendiéndose desde Punta Lavapié hacia el oeste, la imagen del nivel del mar obtenida para el 12 de Marzo de 2008 también presentó menores valores en estas zonas (Figura 8).

6.1.4.- Vientos superficiales

Los vientos superficiales obtenidos de Quickscat desde el 7 al 17 de marzo mostraron un patrón consistente de vientos más cercanos a la costa con sentido sur a norte, con variaciones en sentido e intensidad en los días 14 y 15 en que el componente oeste se

hace predominante en la zona central del área de muestreo (Figura 9).

6.1.5.- Transporte de Ekman

Consistente con este patrón de vientos, los cálculos de transporte de Ekman a lo largo de la costa señalaron valores positivos prácticamente todo el periodo de estudio pero con variaciones en intensidad cada 6-7 días, en que una disminución e incluso valores negativos (i.e. 14-15 de marzo) pero de baja intensidad fueron observados en todas las zonas. (Figura 10)

6.1.6.- Distribución vertical de las variables químicas

La distribución vertical de oxígeno y nutrientes por transectas de la 1 a la 10, se muestra en las Figuras 11 a-j. Los rangos de concentración y estadísticos básicos respecto a la distribución de oxígeno, nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Rangos de concentración y variables estadísticas de la distribución de oxígeno, nitritos, fosfatos y silicatos.

	O ₂	NO ₂	NO ₃	HPO ₄ ²⁻	SiO ₂
Media	4,29	0,20	16,79	1,25	7,10
Error típico	0,11	0,01	0,55	0,04	0,36
Mediana	5,07	0,12	16,30	1,11	4,10
Moda	5,78	0,01	0,60	0,65	0,60
Desviación estándar	2,03	0,20	10,72	0,75	6,93
Varianza de la muestra	4,12	0,04	114,93	0,56	48,08
Curtosis	-0,89	0,63	-1,06	-0,98	0,06
Coeficiente de asimetría	-0,64	1,17	0,13	0,37	1,10
Rango	7,66	1,04	39,95	2,82	32,00
Mínimo	0,08	0,01	0,00	0,10	0,20
Máximo	7,75	1,05	39,95	2,92	32,20
Nivel de confianza(95.0%)	0,22	0,02	1,08	0,08	0,70

La distribución vertical de oxígeno disuelto en la capa superficial mostró valores que oscilaron entre 7 y 4 ml L⁻¹. Esta capa superficial se asoció a la capa de mezcla (según perfiles de temperatura) a la cual se le superpone la capa fótica. Los mayores valores de oxígeno superficial fueron observados en las estaciones más alejadas de la costa, mientras

que las estaciones más cercanas a la costa presentaron valores superficiales menores. Este patrón se marcó particularmente en las transectas ubicadas al norte de los 37,5° S (transectas 1-5) (Figuras 11, a-e).

En las estaciones alejadas de la costa y por debajo de la capa superficial, el oxígeno disminuyó con la profundidad, llegando a valores entre 4-2 ml L^{-1} entre los 150 y 200 m de profundidad. En contraste, hacia la costa, se observó un ascenso de oxiclinas de los 4 y 2 ml L^{-1} de concentración a los ca. 50 m de profundidad. Este ascenso es debido a la influencia de la advección vertical de aguas asociadas a la surgencia costeras, efecto que se evidencia claramente en las transectas ubicadas al norte de los 37° S y en la transecta más austral (40° S) .

Por otra parte, en las transectas al norte de los 36.5° S (transectas 1 – 4) se observó una capa hipóxica con valores cercanos a 1 ml L⁻¹ bajo 200 m de profundidad, con núcleos de concentración de oxígeno menores a los 0,5 ml L⁻¹ en estaciones cercanas a la costa. La presencia de estos niveles de oxígeno estuvieron asociados a Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), pobres en oxígeno y ricas en nutrientes, de origen ecuatorial y que son advectadas hacia el sur por la contracorriente de Chile-Perú. Los niveles subóxicos, que alcanzaron valores tan bajos como 0.08 ml L⁻¹, se observaron en la bahía de Concepción y en el Golfo de Arauco (sistemas semi-cerrados) y en profundidades cercanas a los sedimentos. Por el contrario, al sur de 36.5° S y en general toda la columna de agua, presentó niveles de oxígeno superiores a 0,5 ml L⁻¹, producto de una mayor oxigenación de las aguas AESS a medida que son transportadas hacia el sur.

La distribución de nutrientes en superficie (capa fótica) reflejan la tasa en la cual los nutrientes puede ser advectados desde aguas sub-superficiales versus el consumo de estos por productores primarios. Los rangos de concentración y estadísticos básicos asociados a la medición de nutrientes se muestran en la Tabla 4.

La distribución de nutrientes (nitratos, fosfatos y silicatos) exhibió bajas concentraciones en superficie, las cuales se incrementaron paulatinamente con la profundidad. Las menores concentraciones de nutrientes superficiales fueron observadas en las estaciones más alejadas de la costa, mientras que en la zona costera la distribución de

nutrientes reflejó el transporte de aguas sub-superficiales con altos niveles de nutrientes hacia la superficie, indicando una mayor velocidad de aporte de nutrientes por advección vertical, que la tasa a la cual pueden ser consumidos por el fitoplancton.

Respecto a la distribución vertical de nutrientes por transecta (Figuras 11 a-j, transectas 1-10), se observó el efecto de la advección de aguas sub-superficiales ricas en nutrientes hacia la superficie, pero este asenso es más marcado en la banda costera. Esta situación se marcó notablemente en la transecta 4, a los 36°30′, latitud en la que se localiza el área más extendida de la plataforma continental. La distribución vertical por transecta mostró un enriquecimiento paulatino de nutrientes con la profundidad, cuyo gradiente dependió de su lejanía con la costa. De este modo, en perfiles verticales cercanos a la costa se encuentró un alto contenido de nutrientes (nitratos, fosfatos y silicatos) en toda la columna de agua, mientras que a medida que nos alejamos de la costa existió una mayor variación en la distribución de nutrientes desde la superficie hacia las mayores profundidades. Altos valores de fosfatos y silicatos se encontraron en las aguas de fondo asociadas a la plataforma continental colindante con el golfo de Arauco y cercana a la bahía Concepción. Este patrón puede ser debido a la removilización diagenética de nutrientes desde los sedimentos. Una distribución diferente fue observada para el nitrito, nutriente de características trazas en el océano, el cual se presentó en concentraciones < 0.2 µmol L⁻¹y relativamente homogéneo en toda la columna de agua excepto en las estaciones sobre la plataforma continental donde las concentraciones pudieron llegar a 0.5 μmol L⁻¹. Su origen es adjudicado a un procesos de amonio oxidación (nitrificación asociado a oxiclinas) o advección de aguas desnitrificadas

6.3.3.- Distribución horizontal de variables químicas

Las Figuras 12 a-e muestran las distribución horizontal de oxígeno y nutrientes en las isobatas de los 0, 10, 20, 35, 50, 75, 100, 200, 300 y 500 m.

La distribución superficial de oxígeno mostró valores bajos cercanos a 4 mL L-¹ en el sector cercano a la costa e incrementándose hacia el sector oceánico (ca. 7 mL L-¹). A partir de los 30 m de profundidad, las concentraciones en el borde costero fueron menores a

 $0.5 \, \text{ml L}^{-1}$. El área cubierta por aguas de bajo contenido de O_2 aumentó a mayores profundidades. Por debajo de los 100 metros de profundidad, el área cubierta por las bajas concentraciones de O_2 fue considerablemente mayor que a 50 m de profundidad. Las distribuciones horizontales de oxígeno en la zona de estudio a profundidades mayores indicaron la presencia de una capa de mínima de oxígeno entre los 100 y 300 m. La distribución de oxígeno en la isobota de los 500 m mostró un ligero oxigenamiento, el cual puede ser debido a la influencia de las aguas intermedia Antártica (AIA).

En el Golfo de Arauco y bahía de Concepción, la capa de mínima de oxígeno fué bastante somera y cubrió hasta los sedimentos, a diferencia de la zona exterior a estos cuerpos de agua semi-cerrado, donde las bajas concentraciones de oxígeno se observaron a mayores profundidades. Zonalmente, las concentraciones de O₂ aumentaron hacia fuera de la costa en toda la columna de agua.

Las Figuras 12 a-e muestran una gran variabilidad horizontal en los niveles de nutrientes como el nitrato, fosfato y silicato. Altos niveles de nutrientes en la superficies (isobatas de 0, 10 y 20 m) con concentración extremadamente altas de nitrato (hasta 20 µmol L⁻¹), fosfatos (1.5-2 µmol L⁻¹) y silicatos (20 µmol L⁻¹) fueron encontrados en estaciones cercanas a la costa y particularmente en bahías semi-cerradas y en el Golfo de Arauco. Este patrón se asocia a la advección de nutrientes hacia las capas superficiales por eventos de surgencia costera. La distribución de temperatura superficial y oxígeno disuelto corroboraron el efecto de la advección vertical por surgencia costera, situación muy marcada sobre la banda más costera (menor a 20 m.n. de la costa). Luego se observó una zona de alto gradiente (disminución de las concentraciones hacia la zona oceánica) en una banda desde el borde de la plataforma y el talud continental. Dicho gradiente o distribución de isolíneas fue más marcado en el área al norte de la latitud de los 36°30 (donde la plataforma continental se hace más extensa). En la zona oceánica los nutrientes permanecieron por debajo del 2, 0.3 y 2, pero nunca se observó una disminución total; en general los nutrientes permanecieron en relación Redfiliana (*i.e.* N:P equivalente a 1:16).

La distribución de nutrientes a 35 y 50 m de profundidad mostró en general los

mismos patrones de distribución, altos niveles en la costa pero en una banda más extensa, para luego disminuir hacia las estaciones oceánicas. La distribución horizontal de nutrientes a las isobatas mayores a los 75 m, muestraron una distribución más homogénea y con altos valores de nitratos (hasta 35 μmol L⁻¹), fosfatos ((hasta 3 μmol L⁻¹) y silicatos (hasta 25 μmol L⁻¹). Estos altos niveles se asociaron a la presencia de AESS, que son las que alimentan por advección vertical la capa superficial durante eventos de surgencia costera. En la isobata de los 500 m, el contenido de nutrientes disminuyó, respecto a la distribución horizontal en los 300 m. Destacó la alta disponibilidad de nutrientes en toda la columna de agua.

6.1.8.- Biomasa de Fitoplancton

a) Distribución de la biomasa fitoplactónica: pico-, nano- y microplancton

La biomasa del fitoplancton fue estimada como clorofila-a total (incluyendo pico-, nano-, y micro-plancton) y fraccionada (<20 y <3 μm). La clorofila-a correspondiente al nanoplancton (Cl-a <20) se obtuvo por diferencia entre estas dos fracciones (20 - 3 μm), la del picoplancton estuvo representada por la fracción menor (Cl-a <3), mientras que la fracción microplanctónica (>20 μm) quedó comprendida por la diferencia entre la clorofila- a total (Cl-a T) y la fracción <20 μm .

Las estimaciones de Clo-a T y fraccionada superficial (0 m) se realizaron en casi todas las estaciones (excepto en aquellas donde el mal tiempo no lo permitió), cubriendo el 86% de las estaciones planificadas. Las estadísticas básicas de estas estimaciones se presentan en la Tabla 5.

La distribución superficial de la Cl-a T presentó mayores valores (≥2 mg m⁻³) principalmente en la zona costera (Figura 13a), con dos focos más altos (ca. 4 mg m⁻³), uno en el Golfo de Arauco y otro frente a Tirúa - Isla Mocha. Las concentraciones de 1 mg m⁻³ se ubicaron sobre las zonas de plataforma continental y el quiebre a lo largo de la zona costera. En la zona oceánica adyacente los valores fueron uniformemente bajos (<1 mg m⁻³), excepto por una estación a 37°S y 100 mn desde la costa. La comparación entre las

concentraciones superficiales de Cl-a T y las fracciones indican que una proporción importante del total (media \pm DS: 76 \pm 21%) estuvo dominada por la fracción nanoplanctónica, tanto en la zona costera como en la oceánica. Esto se nota claramente en la distribuciones de las concentraciones de Cl-a T y Cl-a<20, que son similares (Figura 13 a y b, respectivamente). La distribución de Cl-a <3 fue comparativamente muy menor (10 \pm 12%) y las mayores concentraciones (0,1 mg m⁻³) se ubicaron principalmente en la zona costera (Figura 13c).

A 10 m de profundidad, las estimaciones de Cl-a T y fraccionada se realizaron en el 83% de las estaciones planificadas; las estadísticas básicas de estas estimaciones se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Concentraciones de clorofila-a (mg·m⁻³) total (Cl-a T) y fracciones nanoplanctónicas (Cl-a <20) y picoplanctónicas (Cl-a<3) a nivel superficial (0 m) y 10 m de profundidad, crucero FIP Marzo 2008: estadística básica (media, desviación estándar DS), mediana y rango.

Profundidad	Clorofila	n	Media Ds	Mediana	Rango
	Cl-a T	74	1,9 ± 1,9	1,34	0,2 - 9,5
0 m	Cl-a <20	74	1,2 ± 1,1	0,97	0,06 - 6,6
	Cl-a <3	73	0,1 ± 0,1	0,07	0,0 - 1,0
	Cl-a T	70	1,9 ± 1,9	1,38	0,2 - 8,7
10 m	Cl-a <20	70	1,3 ± 1,1	0,98	0,02 - 5,5
	Cl-a <3	71	0,1 ± 0,1	0,07	0,02 - 0,4

Estas distribuciones fueron muy similares a las de superficie, con mayores concentraciones principalmente en la zona costera, excepto por un foco en la zona oceánica en la misma estación que en superficie (Figura 14a). Los focos de mayor concentración de Cl-a T se ubicaron también como en superficie pero además aparece un tercer foco en el área sur de estudio, entre Puerto Saavedra y Punta Calera. La mayor proporción (media \pm DS: 77 ± 22) de Cl-a T estuvo dominada también por la fracción nanoplanctónica, tanto en las zonas costera y oceánica (Figura 14b) a la vez que la contribución de la Cl-a <3 estuvo baja (9 \pm 7), fue comparativamente reducida (Figura 14c).

Los feopigmentos, productos de degradación de la biomasa fitoplanctónica, como feopigmentos totales (Fgm-a T) a nivel superficial fueron relativamente altos (>1 mg m $^{-3}$) en dos sectores, uno en la zona de bahías entre Punta Lavapié y el norte de Bahía Coliumo y otro en la zona sur frente a Tirúa - Isla Mocha (Figura 15a). La mayor proporción de Fgm-a T (media \pm DS: 86 ± 39) estuvo dominada por la fracción nanoplanctónica, tanto en la zona costera como en la oceánica. Las estadísticas básicas de estas estimaciones se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6: Concentraciones de Feopigmentos (mg·m⁻³) total (Fgm-a) y fracciones nanoplanctónicas (Fgm-a <20) y picoplanctónicas (Fgm-a<3) a nivel superficial (0 m) y 10 m de profundidad, crucero FIP Marzo 2008: estadística básica (media, desviación estándar (DS), mediana y rango).

Profundidad	Clorofila	n	Media Ds	Mediana	Rango
	Fgm-a	74	0.6 ± 0.6	0,42	2,7- 0,02
0 m	Fgm-a <20	74	$0,4 \pm 0,4$	0,31	2,3 - 0,02
	Fgm-a <3	73	0,06 ± 0,07	0,05	0,4 - 0
	Fgm-a	70	0,7 ± 0,8	0,51	4,4 - 0,04
10 m	Fgm-a <20	70	0.5 ± 0.5	0,34	2,9 - 0,02
	Fgm-a <3	71	0.06 ± 0.06	0,04	0,3 - 0

La distribución de los feopigmentos <20 μ m (Fgm-a <20) fue similar a la de Fgm-a T (Figura 15b). La proporción de feopigmentos en la fracción <3 μ m (Fgm-a <3) fue comparativamente muy reducida (Figura 15c). La distribución de Fgm-a T a 10 m de profundidad (Figura 11a) fue similar a la superficial. Las estadísticas básicas de estas estimaciones se presentan en la Tabla 6. La mayor proporción del total (83 \pm 27%) estuvo dominada por la fracción nanoplanctónica en las zonas costera y oceánica, siendo la distribución de los Fgm-a <20 (Figura 16b) similar a la de Fgm-a T. La fracción de feopigmentos <3 μ m (Figura 16c) tuvo una contribución menor (14 \pm 12%).

En algunas de las estaciones bio-oceanográficas se realizaron estimaciones de cl-a total y fraccionada en 7 niveles, entre superficie y 100 m de profundidad, o la profundidad máxima en la estación de muestreo. Los perfiles verticales de Cl-a T y Cl-a <20 en 5 transectas (1-4, 10) perpendiculares a la costa están representada en la Figura 17. Los mayores valores de clorofíla-a (>1 mg m⁻³) estuvieron ubicados mayormente en la capa superficial (0-20 m) y en la zona más costera (<40 mn desde la costa). Sin embargo, en la transecta 2 se presentó además un foco de mayor concentración a nivel subsuperficial (30-40 m), tanto en Cl-a T como en Cl-a <20; en las transectas 4 y 10 aparecen además focos de Cl-a T a mayor profundidad (30-50m) en la zona costera. En términos de valores integrados de clorofíla-a (0-35 m) para Cl-a T y Cl-a <20, éstos fueron similares a los observados en la capa 0-10 (Figura 18). Las estadísticas básicas de estas estimaciones se presentan en la Tabla 7. Los feopigmentos integrados (Figura 19) para Fgm-a T y Fgm-a <20 también mostraron una distribución similar a la observada en la capa de 0-10 m.

Los análisis de asociación entre las variables oceanográficas y las concentraciones de clorofila-a durante el crucero arrojaron los siguientes resultados de correlaciones (test no paramétrico de Spearman) a nivel superficial (0-10 m; n = 172-173), las concentraciones totales de Cl-a T y Cl-a <20 estuvieron correlacionadas significativamente (p<0,05) y en forma positiva con las concentraciones de los macro-nutrientes (r = 0.5 a 0.6). Considerando la columna de agua 0-100 m; n = 299-313), las concentraciones de Cl-a T y las fracciones se correlacionaron muy significativamente (p<0,001) y positivamente con la temperatura y el oxígeno (r = 0.5 a 0.6); en cambio, Cl-a T y Cl-a <20 mostraron una correlación significativa y positiva (p<0,01) solo con la concentración de NO₃ (r = 0.4).

Tabla 7: Concentraciones de clorofila-a total (Cl-a T) y fracciones nanoplanctónicas (Cl-a <20) y picoplanctónicas (Cl-a<3) en las transectas con perfiles entre 0 y 100 m (1,2,3,4,10; en mg·m⁻³) y como datos integrados (0-35 m; en mg·m⁻²), crucero FIP Marzo 2008: estadística básica (media, desviación estándar (DS), mediana y rango).

Distribución	Clorofila	n	Media	DS	Mediana	Rango
	Cl-a T	161	0,8 ±	1,1	0,5	0,1 - 6,4
Perfiles	Cl-a <20	161	0,6 ±	0,8	0,4	0,0 - 5,5
	Cl-a <3	160	0,06 ±	0,06	0,04	0,0 - 0,2
						9,8 - 165,1
Integrada	Cl-a T	41	45,5 ±	34,8	34,6	
	Cl-a <20	41	31,9 ±	20,3	26,1	8,6 - 107,8
	Cl-a <3	41	3,3 ±	2,2	2,9	0,9 - 9,0

<u>6.2.- Objetivo Específico 2</u>. Determinar la abundancia, distribución espacial y composición del plancton, incluyendo el macrozooplancton, ictioplancton, mesozooplancton, microplancton, nanoplancton y picoplancton en la zona de estudio durante un período de primavera y su asociación con las variables bio-oceanográficas indicadas en 4.1.

6.2.1.- Abundancia y distribución del nanoplancton

La fracción nanoplanctónica autótrofa y heterótrofa estuvo representada principalmente por los nanoflagelados (>90% del total). La distribución superficial (0 m) de la abundancia del nanoplancton autótrofo (Figura 20a) fue heterogénea, con mayores abundancias (680 células mL⁻¹) tanto en la zona costera como oceánica pero con un foco de máximos (>900 cels mL⁻¹) entre el Golfo de Arauco y Tirúa, como en el caso de Cl-a T y Cl-a <20. La distribución superficial del nanoplanton heterótrofo (Figura 20b) presentó una banda de mayor abundancia (>400 células mL⁻¹) a lo largo de la zona costera (primeras 40 mn) y menores valores en la zona oceánica, excepto por un foco en la zona norte (36-36,5°S), alrededor de las 40-50 mn. A 10 m de profundidad, las distribuciones del nanoplancton autótrofo (Figura 21a) y heterótrofo (Figura 21b) fueron similares a las superficiales. Las estadísticas básicas de estas estimaciones se presentan en la Tabla 8.

Los análisis de asociación entre las variables oceanográficas y las abundancias de nanoplancton durante el crucero proporcionaron los siguientes resultados (test de Spearman) para el nivel superficial (0-10 m; n = 143-145): las abundancias de nanoplancton heterótrofo y autótrofo estuvieron correlacionadas muy significativamente (p<0,001) y en forma positiva con Cl-a T y Cl-a <20 (r = 0,5), así como con la concentración de los macro-nutrientes (r = 0,5).

Tabla 8: Abundancia (células mL⁻¹) de nanoplancton autótrofo (NAT) y heterótrofo (NHT) a nivel superficial (0 m) y 10 m de profundidad, crucero FIP Marzo 2008: estadística básica (media, desviación estándar (DS), mediana, rango y porcentaje (%) promedio de aporte de flagelados autótrofos (FA) y heterótrofos (FH) al total de NAT y NHT, respectivamente).

Profundidad	Nanoplancton	n	Media	DS	Mediana	Rango	% FH	% FA
	NAT	75	769 ±	132	766	461 - 1007		96
0 m	NHT	75	375 ±	73	375	228 - 546	91	
	NAT	72	756 ±	120	760	449 - 1020		96
10 m	NHT	72	360 ±	71	365	228 - 592	93	

6.2.2.- Microplancton

a) Distribución y abundancia de Fitoplancton

El fitoplancton presentó un patrón de distribución espacial horizontal heterogéneo concentrándose mayormente entre las primeras 50 millas náuticas y la costa de la VIII y IX Regiones. Dentro de este rango se identificaron tres áreas de mayor importancia en términos de abundancia, dos en la VIII región y una en la IX región. La primera de estas, se localizó en el extremo norte de la grilla (35°5'S) contigua a la costa frente a Trogualemu (E.3). La segunda área se localizó en el Golfo de Arauco (°37 S), agrupando las tres estaciones al interior del golfo (E.33 y E.34 y E.36) y una adyacente fuera del Golfo (E. 32). La extensión de esta área fue mayor a la primera, cubriendo un área de ~600 mn². La tercera área comprendió los alrededores de la Isla Mocha, agrupando cuatro estaciones (E.44, E.45, E.53 y E.56), con un área de ~800 mn². (Figura 22). En cuanto a la distribución espacial vertical, la abundancia de fitoplancton cuantificada en los dos estratos analizados (0 y 10 m), no presentó diferencias marcadas. Sin embargo el 61% de las

estaciones presentó a 10 m abundancias superiores para los grupos más importantes (a excepción de diatomeas del género *Chaetoceros*), marcando así una tendencia para el estrato.

Las abundancias integradas en los 10 primeros metros de la columna de agua oscilaron en un rango de 2,7 x 10⁶ a 2,6 x 10¹⁰ células m⁻². Este último valor, correspondió al de máxima abundancia, el cual fue registrado en la estación más costera al norte de la grilla (E.3) resultado de abundancias de >2 x 10⁶ en los estratos de 0 y 10 m. (Tabla 9). Las estaciones costeras E.34, E.36 y E.53 presentaron también altos valores de abundancia de diatomeas (81758, 79334 y 74143 x 10⁵ cél.m⁻², respectivamente). Por su parte, las estaciones oceánicas E.10, E.86, y E.80 presentaron las abundancias mas bajas, con valores de 48, 27 y 129 x 10⁵ cél. m⁻², respectivamente. La E.28, situada a 100 mn de la costa, correspondió a la única estación oceánica que presentó abundancias de fitoplancton sobre 10000 x 10⁵ céls. m⁻² (Tabla 9).

En cuanto a la composición del fitoplancton, se identificaron un total de 23 géneros entre diatomeas céntricas y penadas, siendo las céntricas el grupo más diverso con 15 géneros. Dentro de este último, los géneros más importantes fueron *Leptocylindrus*, *Skeletonema, Thalasssiosira* y *Chaetoceros*, contribuyendo con un 52, 16, 10 y 6%, respectivamente, de la abundancia fitoplanctónica total. Respecto de la frecuencia de ocurrencia, *Leptocylindrus* y *Chaetoceros* fueron los géneros mas recurrentes, estando presente en ~80% (32 estaciones) de la grilla, lo que se vio reflejado en un patrón de distribución espacial horizontal relativamente mas homogéneo (Figura 22). En contraste, los géneros *Skeletonema* y *Thalasssiosira*, a pesar de contribuir en mayor proporción a la abundancia total que *Chaetoceros*, presentaron una baja frecuencia de ocurrencia (~43%), exhibiendo un patrón de distribución altamente variable, mostrando una máxima concentración en las estaciones ubicadas al interior (E.34 y E. 36) y alrededor (E.32) del Golfo de Arauco (Figura 22 y Tabla 9).

Tabla 9. Abundancia integrada (células m-2 x 105) y estratificada (células L-1) de diatomeas y sus principales géneros en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

Est.	Lat.(°S)	Long.(°W)		Diatomed	ıs integradas (cé	ėl. m ⁻² x 10 ⁵)		Diatomed totales por estra	as to (cél. L ⁻
			Diatomeas totales	Chaetoceros	Leptocylindrus	Skeletonema	Thalassiosira	0 m	10 m
3	-35,5	-72,75	263472	240	244927	0	8	2176608	3092829
5	-35,5	-73,15	184	3	99	0	0	2760	920
7	-35,51	-73,55	501	69	128	0	2	8760	1260
9	-35,5	-74,57	119	0	41	0	4	980	1400
10	-36	-74,84	57	12	11	0	0	80	1060
12	-35,99	-73,83	604	15	365	26	3	4780	7300
14	-36	-73,42	340	157	165	636	0	3300	3500
16	-36	-73,98	784	138	574	6	0	120	15560
18	-36	-72,81	171	17	34	0	23	1480	1940
21	-36,5	-73,12	4798	2002	381	0	192	69200	26760
23	-36,5	-73,54	n.d.	0	0	n.d.	0	n.d.	n.d.
25	-36,5	-73,94	1059	118	474	28	2	12200	8980
27	-36,51	-75	237	13	90	191	0	2520	2220
28	-37	-75,22	12178	3923	1053	40	76	148401	95166
30	-36,99	-74,23	2014	153	81	5	0	33020	7260
32	-37	-73,82	25906	1186	516	2868	92	402105	116007
34	-37,01	-73,41	81758	704	218	19236	37721	480638	1154524
36	-37	-73,21	79334	5782	170	19374	27159	520589	1066083
39	-37,5	-73,8	255	0	11	13	67	2540	2560
40	-37,5	-74,01	3123	23	789	0	163	29260	33200
41	-37,5	-74,24	2775	1547	707	4076	32	21580	33920
43	-37,49	-74,65	2704	1793	406	0	57	24180	29900
44	-38	-74,54	18003	0	2625	0	0	241541	118517
46	-38	-74,13	24795	3028	4315	18	160	288762	207134
48	-38	-73,82	337	33	108	0	27	2740	4000
53	-38,5	-73,72	74143	846	71116	0	1150	682738	800127
55	-38,51	-74,15	5155	2800	494	39	53	73680	29420
57	-38,49	-74,57	292	138	71	0	10	1820	4020
59	-38,49	-75,08	1601	0	97	0	0	1980	30040
60	-39,07	-74,72	518	0	5	0	0	220	10133
62	-39,07	-74,37	8477	4818	122	267	185	85420	84120

64	-39,07	-73,97	8009	2587	592	186	76	78460	81720
66	-39,09	-73,51	148	0	0	0	3	480	2480
73	-39,45	-73,86	4553	235	437	0	143	53760	37300
75	-39,49	-74,34	6240	4204	642	0	13	47960	76840
76	-40	-75,87	324	4	82	0	0	2960	3520
78	-40	-74,82	514	177	251	0	0	2080	8200
80	-39,99	-74,37	129	5	63	0	0	2240	340
82	-40	-73,92	1323	8	39	4	12	10800	15660
84	-40	-73,74	13232	838	1243	5521	1142	145083	119560
86	-39,51	-75,42	27	0	16	0	0	400	140

El género Leptocylindrus presentó las mayores abundancias, dominando en el 66% de las estaciones de la grilla. Las abudancias integradas oscilaron en un rango de 0 a 244927 x 10⁵ cél.m⁻². Sin embargo, la diversidad del género fue baja, estando representado solo por tres especies (L. minimus, L. mediterraneum y L. danicus), siendo esta última la mas frecuente y abundante (~98%) del género y de todo el fitoplancton (~ 51%). La abundancia para esta especie promedió valores por estrato de 69685 y 102878 cél L⁻¹ para 0 y 10 m, respectivamente, siendo muy importante en ciertas estaciones como E3, en la que representó el 95% del máximo de abundancia observado a los 10 m. Por otra parte, el género Chaetoceros, a pesar de no presentar los porcentajes más altos en cuanto a abundancia, fue el género con mayor diversidad específica, con un total de 16 especies presentes en el área, entre las que destacaron Ch. socialis (13%), Ch. didymus (12%), Ch. lorenzianus (10%), Ch. teres (6%), Ch. compressus (7%) y una especie no identificada muy abundante (27%) que fue incluida dentro de Chaetoceros spp. (Figura 23 y Tabla 10) La abundancia integrada para el grupo en el área de estudio osciló en un rango de 0 a 5782 x 10⁵ cél.m⁻², siendo el único que presentó abundancias mayores para el estrato de 0 m (promedio de 12663 cél. L⁻¹) que el de 10 m (promedio de 5573 cél. L⁻¹). Las especies del género Chaetoceros presentaron abundancias y distribuciones muy variables. Por ejemplo, Ch. didymus presentó máximos de abundancia al interior del Golfo de Arauco (4355 x 10⁵ céls. m⁻² en la E.36), y una frecuencia de ocurrencia de solo el 23%. Por otra parte estuvieron especies como Ch. teres con abundancias en un rango menor (0 - 357 x 10⁵ céls. m⁻²) pero con una frecuencia de ocurrencia del 45%. El género *Thalassiosira* presentó un total de 6 especies más representativas: T. eastivalis, T. decipiens, T. minima, T.minuscula,

T. rotula y Thalassiosira spp. Sin embargo, ninguna de éstas tuvo una frecuencia de ocurrencia alta, presentando abundancias importantes sólo en las estaciónes E.34 y E.36 al interior del golfo de Arauco para *T. minima* con valores de 37457 y 27129 x 10⁵ céls. m⁻², respectivamente. *T. eastivalis* (1010 x 10⁵ cél. m⁻²) y *T. decipiens* (1142 x 10⁵ cél.m⁻²), presentaron abundancias un orden de magnitud menor que la anterior, en las estaciones E.53 y E.84, respectivamente. El género *Skeletonema*, estuvo representado principalmente por *S. japonicus*, pero dada la complejidad en la taxonomía de este género, se agrupó a todas las especies como *Skeletonema spp.* Los máximos de abundancia presentados por este género, siguieron el mismo patrón de distribución y abundancia que *Thalassiosira*, con valores integrados para las estaciones del Golfo de Arauco E.34 y E.36 de 19236 y 10374 x 10⁵ céls. m⁻² respectivamente y E.84 (frente a Corral) con una abundancia de 5521 x 10⁵ céls. m⁻².

Tabla 10. Abundancia integrada (células m-2 x 105) y estratificada (células L-1) de las principales especies del género Chaetoceros en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

		Long		Chaetoceros integrados (cél. m ⁻² x 10 ⁵) tota					totales		
Est.	Lat.(°S)	(°W)	Chaeto ceros totales	Ch. spp.	Ch. social is	Ch. didymu s	Ch. Iorenzia nus	Ch. teres	Ch. compres sus	totales estrato poestrato 0 m 10 m 4800 360 0 19480 1180 22900 0 0 120 120 1460 15800 0 13220 60 2440 39000 0 n.d. n.d. 1320 54420 0 27680	10 m
3	-35,5	-72,75	4	4	28	0	208	0	0	4800	360
5	-35,5	-73,15	0	0	3	0	0	0	0	0	19480
7	-35,51	-73,55	1	1	62	0	0	0	0	1180	22900
9	-35,5	-74,57	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	-36	-74,84	2	2	0	0	0	0	0	0	1
12	-35,99	-73,83	7	7	0	0	4	0	0	20	120
14	-36	-73,42	0	0	73	0	0	0	0	1460	15800
16	-36	-73,98	0	0	0	0	0	0	0	0	13220
18	-36	-72,81	2	2	0	0	3	0	0	60	2440
21	-36,5	-73,12	45	45	0	0	0	64	7	39000	0
23	-36,5	-73,54	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
25	-36,5	-73,94	43	43	4	0	9	56	6	1320	54420
27	-36,51	-75	6	6	0	0	0	0	0	0	27680
28	-37	-75,22	972	972	12	36	700	241	1358	78460	0
30	-36,99	-74,23	23	23	3	0	14	9	3	1820	960

32	-37	-73,82	134	134	11	10	384	44	54	23720	51160
34	-37,01	-73,41	28	28	0	152	20	28	52	14080	80
	·									11563	
36	-37	-73,21	851	851	0	4355	6	210	142	0	3320
39	-37,5	-73,8	0	0	0	0	0	0	0	0	80
40	-37,5	-74,01	0	0	5	0	0	2	0	100	0
41	-37,5	-74,24	348	348	6	10	173	276	192	11460	7920
43	-37,49	-74,65	247	247	0	3	376	194	295	12960	0
44	-38	-74,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0
46	-38	-74,13	610	610	0	22	534	212	210	60560	0
48	-38	-73,82	6	6	0	0	0	0	0	540	0
53	-38,5	-73,72	608	608	0	6	24	6	0	1120	0
55	-38,51	-74,15	2016	2522	0	13	32	146	0	42780	0
57	-38,49	-74,57	125	125	0	0	0	10	0	320	0
59	-38,49	-75,08	39	39	0	0	67	0	0	0	0
60	-39,07	-74,72	13	13	0	0	22	0	0	0	0
62	-39,07	-74,37	125	3345	0	5	1044	31	0	41940	0
64	-39,07	-73,97	90	1060	0	109	93	357	158	24060	0
66	-39,09	-73,51	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73	-39,45	-73,86	29	172	17	3	0	0	4	3740	0
75	-39,49	-74,34	749	3782	0	18	0	247	92	32920	0
76	-40	-75,87	4	4	0	0	0	0	0	0	0
78	-40	-74,82	42	51	0	0	0	126	0	220	0
80	-39,99	-74,37	0	1	0	0	0	4	0	20	0
82	-40	-73,92	8	8	0	0	0	0	0	160	0
84	-40	-73,74	118	118	0	20	0	13	53	8833	0
86	-39,51	-75,42	0	0	0	0	0	0	0	0	0

b.- Microzooplancton

El microzooplancton, constituido principalmente por dinoflagelados y ciliados (loricados y aloricados), presentó un patrón de distribución semejante al exhibido por el componente fitoplanctónico en el área de estudio. En general, se observó una asociación a la zona costera, en particular a los focos de mayor abundancia en el Golfo de Arauco y los alrededores de la Isla Mocha (Figura 24 y 25). Del mismo modo, la distribución vertical de los individuos, presentó mayores abundancias en superficie que a 10 m, con abundancias totales de 64612 y 28616 ind.L⁻¹, respectivamente.

La abundancia total integrada de microzooplancton presentó un promedio de 73 x 10^5 ind. m⁻² y un rango de 0.7 - 1503×10^5 ind. m⁻², encontrándose este último valor en la misma estación costera (E.3) de máxima abundancia para el fitoplancton. Además, se presentaron máximos de abundancias en las estaciones costeras E.46, E.36 y E.21 con valores de 350, 346 y 147 x 10^5 ind. m⁻² respectivamente. Por su parte, la estación E.40 correspondió al lugar donde se registró la menor abundancia de individuos. (Tabla 11 y 12)

Tabla 11. Abundancia integrada (individuos m⁻² x 10⁵) y estratificada (ind L⁻¹) de dinoflagelados tecados y sus principales géneros en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

	Lat.	Long.	Dinoflagelados integrados (ind. m ⁻² x 10 ⁵)						Dinoflagelados totales por estrato (ind. L ⁻¹)	
	(°S)	(°W)	Dinoflage lados totales	Protoperidi nium	Diplops alis	Dinoph ysis	Cerati um	Gonyaula x	0 m	10 m
3	-35,5	-72,75	1051	1028	9	3	9	0	19136	1893
5	-35,5	-73,15	4	4	0	0	0	0	44	32
7	-35,51	-73,55	1	0	0	0	0	0	14	3
9	-35,5	-74,57	4	1	0	0	3	0	45	38
10	-36	-74,84	1	1	0	0	0	0	9	16
12	-35,99	-73,83	2	1	0	0	1	0	15	25
14	-36	-73,42	1	1	0	0	0	0	10	5
16	-36	-73,98	3	1	0	0	1	0	32	21
18	-36	-72,81	8	6	1	0	0	0	31	122
21	-36,5	-73,12	91	88	1	0	1	0	282	1542
23	-36,5	-73,54	1	1	0	0	0	0	22	8
25	-36,5	-73,94	1	0	0	0	0	0	9	13
27	-36,51	-75	2	1	0	0	0	0	31	13
28	-37	-75,22	55	47	2	2	2	0	545	553
30	-36,99	-74,23	3	1	0	0	1	0	33	23
32	-37	-73,82	3	2	0	0	0	0	31	32
34	-37,01	-73,41	53	40	9	1	0	0	738	319
36	-37	-73,21	309	141	111	8	0	0	4732	1444
39	-37,5	-73,8	0	0	0	0	0	0	1	2
40	-37,5	-74,01	0	0	0	0	0	0	1	0
41	-37,5	-74,24	7	2	0	3	1	0	87	43
43	-37,49	-74,65	3	1	0	1	1	0	35	33
44	-38	-74,54	9	1	0	1	0	0	161	14
46	-38	-74,13	33	16	1	2	2	6	383	285
48	-38	-73,82	0	0	0	0	0	0	6	1
53	-38,5	-73,72	110	32	6	49	0	0	1012	1182
55	-38,51	-74,15	24	5	2	7	4	3	132	351
57	-38,49	-74,57	6	1	0	1	1	1	48	67
59	-38,49	-75,08	4	0	0	1	0	1	33	52

60	-39,07	-74,72	3	0	0	0	0	1	29	32
62	-39,07	-74,37	4	1	1	1	0	0	50	36
64	-39,07	-73,97	15	3	1	1	3	2	133	162
66	-39,09	-73,51	0	0	0	0	0	0	0	0
73	-39,45	-73,86	7	3	2	0	1	0	120	19
75	-39,49	-74,34	49	9	4	3	20	8	451	519
76	-40	-75,87	15	3	1	3	5	2	118	182
78	-40	-74,82	20	2	0	1	6	3	141	261
80	-39,99	-74,37	14	1	0	1	4	0	155	133
82	-40	-73,92	0	0	0	0	0	0	1	3
84	-40	-73,74	26	16	3	6	0	0	52	474
86	-39,51	-75,42	2	0	0	0	0	0	16	15

Tabla 12. Abundancia integrada (individuos m⁻² x 10⁵) y estratificada (ind. L⁻¹) de tintínidos y sus principales géneros en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

Est.	Lat. (°S)	Long. (°W)		Tintínidos i	Tintínidos totales por estrato (ind. L ⁻¹)				
			Tintinidos totales	Codonellopsis	Dadayella	Eutintinnus	Helicostomella	0 m	10 m
3	-35,5	-72,75	1	1	0	0	0	19153	1911
5	-35,5	-73,15	0	0	0	0	0	46	40
7	-35,51	-73,55	2	0	1	0	0	55	13
9	-35,5	-74,57	3	0	0	2	0	68	83
10	-36	-74,84	3	0	0	1	0	50	44
12	-35,99	-73,83	5	0	1	1	0	62	86
14	-36	-73,42	1	0	0	0	0	22	22
16	-36	-73,98	10	2	7	0	0	170	90
18	-36	-72,81	13	5	1	0	5	148	305
21	-36,5	-73,12	54	35	0	1	17	688	2253
23	-36,5	-73,54	2	0	0	0	1	44	30
25	-36,5	-73,94	7	0	2	1	0	105	63
27	-36,51	-75	4	0	2	1	0	83	40
28	-37	-75,22	13	1	4	3	0	742	667
30	-36,99	-74,23	1	0	0	0	0	45	40
32	-37	-73,82	7	2	0	0	0	115	110
34	-37,01	-73,41	11	1	0	2	7	908	375
36	-37	-73,21	24	0	0	12	11	5168	1754
39	-37,5	-73,8	0	0	0	0	0	12	8
40	-37,5	-74,01	0	0	0	0	0	5	9
41	-37,5	-74,24	36	1	14	10	1	562	308
43	-37,49	-74,65	11	1	3	3	0	153	162

44	-38	-74,54	45	1	1	6	36	954	175
46	-38	-74,13	315	65	22	47	135	2611	4383
48	-38	-73,82	6	0	0	0	4	60	73
53	-38,5	-73,72	18	0	0	0	0	1368	1182
55	-38,51	-74,15	102	4	4	25	3	628	1981
57	-38,49	-74,57	20	0	3	8	1	238	291
59	-38,49	-75,08	20	1	2	6	2	173	312
60	-39,07	-74,72	15	0	1	5	1	156	201
62	-39,07	-74,37	58	2	2	11	34	932	333
64	-39,07	-73,97	76	3	12	23	6	915	915
66	-39,09	-73,51	1	0	0	0	0	23	7
73	-39,45	-73,86	20	0	0	12	6	511	45
75	-39,49	-74,34	32	1	1	4	2	723	963
76	-40	-75,87	11	0	0	7	0	224	297
78	-40	-74,82	8	0	1	3	0	226	377
80	-39,99	-74,37	18	0	0	0	0	332	314
82	-40	-73,92	0	0	0	0	0	4	16
84	-40	-73,74	13	0	0	0	8	159	657
86	-39,51	-75,42	9	0	0	6	0	95	134

Los dinoflagelados fueron el grupo más abundante, aportando el 65% de la abundancia total del microzooplancton, frente a un 34% de los tintínidos (ciliados loricados). Ambos grupos presentaron diversidades específicas altas, comprendiendo un total de 37 géneros y 85 especies entre ambos grupos. Los dinoflagelados agruparon 14 géneros (38%) y 47 especies (55%), presentando la menor diversidad de géneros y la mayor diversidad de especies. Dentro de este grupo, el género *Protoperidinium* con un total de 16 especies fue el más abundante y diverso, contribuyendo con ~78% y ~49% de la abundancia del grupo y del microzooplancton, respectivamente. La distribución espacial horizontal del género tuvo una alta frecuencia de ocurrencia (~87%), con mayores abundancias en las estaciones costeras (E.3, E.21 y E.36). En cuanto a la distribución vertical, el género *Protoperidinium* presentó las mayores abundancias totales en el estrato superficial. Los valores promedio para 0 y 10 m fueron de 561 y 153 ind. L⁻¹, respectivamente.

Los géneros Diplopsalis y Dinophysis, fueron los grupos más importantes después

de *Protoperidinium*, sin embargo, sus aportes a la abundancia total del microzooplancton (9,1 y 7,6 %) fueron relativamente bajos. Las abundancias por estrato para ambos grupos tuvieron un rango de 22 - 56 ind. L⁻¹ para 0 m y 22 - 25 ind. L⁻¹ para 10 m (Tabla 11). El género *Diplopsalis*, presentó una diversidad específica baja y las escasas especies pertenecientes a este género fueron clasificadas como *Diplopsalis spp*. Por su parte, la frecuencia de ocurrencia fue del 57%, destacando mayormente por un máximo de abundancia de 111 x 10⁵ ind. m⁻² en la estación costera E.36 del Golfo de Arauco. El género *Dinophyis*, presentó su mayor abundancia (49 x 10⁵ ind. m⁻²) en las proximidades de la isla Mocha (Figura 24 y Tabla 12). El género presentó una diversidad específica superior a *Diplopsalis*, agrupando un total de 5 especies.

Los tintínidos presentaron un patrón de distribución espacial horizontal semejante al del fitoplancton y los dinoflagelados, siendo los alrededores de la Isla Mocha la zona de mayor concentración para este grupo, con una abundancia máxima (315 x 10⁵ ind. m⁻²) en la E. 46 (Figura 25). La abundancia total integrada de este grupo fue menor a la de dinoflagelados y estuvo en un rango de 0 a 315 x 10⁵ ind. m⁻². La distribución vertical del grupo mostró un patrón homogéneo, presentando abundancias promedio por estrato de 232 y 257 ind. L⁻¹ para 0 y 10 m, respectivamente (Tabla 12).

En cuanto a la composición específica, los tintínidos contribuyeron con 23 géneros (62%) y 31 especies (36%), del total de microzooplancton, presentando una mayor diversidad de géneros y una menor diversidad de especies que los dinoflagelados. La contribución a la abundancia total del grupo por parte de los distintos géneros de tintínidos fue baja, siendo importante lo alcanzado por *Helicostomella* (27%), *Eutintinnus* (20%), *Codonellopsis* (13%) y *Dadayella* (8%), las que en conjunto, representaron el 68% del total de tintínidos. El género *Helicostomella* tuvo menor presencia en el área de estudio (57%) comparado con *Eutintinnus* (80%) y *Dadyella* (75%), sin embargo, presentó la mayor abundancia del grupo en la E.46 con 135 x 10⁵ ind. m⁻², lo que representó el 39% de la abundancia integrada de microzooplancton para la estación (Figura 25 y Tabla 11). *Eutintinnus*, segundo género en términos de abundancia, no presentó máximos tan altos como *Helicostomella*, con un patrón de distribución mas homogéneo con valores

relativamente altos (rango 13 - 48 x 10⁵ ind. m⁻²) en un mayor numero de estaciones (E.36, E.46, E.55 y E.64). El género *Codonellopsis* presentó una frecuencia de ocurrencia del 65%, presentando un solo máximo de abundancia en E. 46 con 65 x 10⁵ ind. m⁻² y comprendiendo el 19% de la abundancia integrada de microzooplancton para esa estación.

c.- Distribución y abundancia de larvas Nauplii

Las larvas nauplii presentaron una distribución con alta variabilidad espacial en el plano horizontal, sin presentar una clara asociación a una zona en particular. Por su parte, la distribución vertical presentó las mayores abundancias de individuos a 10 m, con un valor promedio de 10 ind. L⁻¹, frente a un promedio de 7 ind. L⁻¹ para el estrato superficial. La estación E.36 correspondió al área donde se registró la mayor densidad de larvas con un máximo de 152 ind. L⁻¹ a los 10 m, lo que significó una abundancia integrada máxima de 1156 x 10³ ind. m⁻² (Figura 26 y tabla 13). El 20 % (E.3, E.21, E.28, E.34, E.41, E.43, E.46 y E.62) de las estaciones presentaron abundancias entre 100 y 300 x 10³ ind. m⁻², mientras que el 77,5 % restante presentó abundancias bajo los 100 x 10³ ind. m⁻².

Tabla 13. Abundancia integrada (individuos m-2 x 103) y estratificada (ind L-1) de nauplii en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

Est.	Lat. (°S)	Long. (°W)	Nauplii integrados (ind. m ⁻² x 10 ³)	Nauplii totales por estrato (ind. L ⁻¹)		
				0 m	10 m	
3	-35,5	-72,75	135	9	18	
5	-35,5	-73,15	0	0	0	
7	-35,51	-73,55	12	2	0	
9	-35,5	-74,57	58	4	7	
10	-36	-74,84	11	2	1	
12	-35,99	-73,83	77	6	10	
14	-36	-73,42	18	3	1	
16	-36	-73,98	13	2	1	
18	-36	-72,81	37	3	5	
21	-36,5	-73,12	185	9	28	
23	-36,5	-73,54	8	1	1	
25	-36,5	-73,94	93	10	9	
27	-36,51	-75	44	5	4	
28	-37	-75,22	216	14	29	
30	-36,99	-74,23	74	7	8	

32	-37	-73,82	17	2	1
34	-37,01	-73,41	198	16	24
36	-37	-73,21	1156	79	152
39	-37,5	-73,8	0	0	0
40	-37,5	-74,01	0	0	0
41	-37,5	-74,24	181	29	7
43	-37,49	-74,65	192	17	21
44	-38	-74,54	10	1	1
46	-38	-74,13	111	22	0
48	-38	-73,82	0	0	0
53	-38,5	-73,72	0	0	0
55	-38,51	-74,15	69	0	14
57	-38,49	-74,57	0	0	0
59	-38,49	-75,08	3	1	2
60	-39,07	-74,72	9	2	2
62	-39,07	-74,37	115	18	5
64	-39,07	-73,97	21	2	2
66	-39,09	-73,51	0	0	0
73	-39,45	-73,86	26	3	2
75	-39,49	-74,34	86	17	0
76	-40	-75,87	35	0	7
78	-40	-74,82	76	2	13
80	-39,99	-74,37	6	0	1
82	-40	-73,92	0	0	0
84	-40	-73,74	96	0	19
86	-39,51	-75,42	10	0	2

6.2.3.- Variabilidad espacial de Mesozooplancton y Macrozooplancton

El estudio de la abundancia y estructura comunitaria del zooplancton contempló el análisis de la biomasa del zooplancton total sobre la base de 3 estratos: 0-200 m, 0-50 m y entre 50-200 m o >50 m donde la profundidad fue menor a 200 m. La biomasa integrada en la columna de agua de los primeros 200 m fluctuó en el rango de 0.01 a 31.99 g C m⁻², con un promedio de 1.53 g C m⁻², un error estándar de 0.806 y un coeficiente de variación de 52%.

La distribución espacial de la biomasa del zooplancton para los 3 estratos se muestra en la Figura 27. La distribución espacial fue similar para los 3 estratos muestreados y permitió observar tres agregaciones principales frente al Río Itata (35°30' S), frente a Tumbes-Golfo de Arauco (37°00' S), y en el sector costero sur de estudio (39°00 S) (Figura 27). El estudio muestró que la biomasa integrada de los 200 m se distribuyó mayormente en la capa de 0-50 m, aunque en la zona costera a profundidades mayores de 50 m también se observó una biomasa importante, principalmente en el sector sur y costero de la región con valores superiores a 5 g C m⁻².

El análisis de la composición del mesozooplancton y macrozooplancton para la condición de verano-otoño, se realizó sobre las muestras integradas (0-200 m) de la columna de agua. El taxón dominante fue Copepoda, seguido por el grupo de Apendicularia. La abundancias promedio y abundancias relativas de los principales taxa se muestran en la Tabla 14. Las especies dominantes del meso- y macro-zooplancton estuvieron representadas principalmente por copépodos, donde se destacan especies de pequeño tamaño (<1.5 mm) como, *Oithona* spp. que incluye las especies *O. similis y O. nana, Paracalanus cf. indicuass* y *Ctenocalanus vanus*.

Las abundancias promedios de las especies más abundantes en términos numéricos se listan en la Tabla 15. Los copépodos *Metridia lucens*, *Rhyncalanus nasutus* y el eufáusido *Euphausia mucronata*, merecen especial atención porque, a pesar de presentar menores abundancias, sus tamaños corporales son mayores: 2.0 mm, 5.5 mm y 30 mm aproximadamente para *M.lucenss*, *R. nasutus* y *E. mucronata*, respectivamente, y por lo cual son contribuyentes importantes para la biomasa del zooplancton.

En general las especies observadas constituyen componentes comunes del zooplancton de la costa Chilena, asociado a condiciones de surgencia (Escribano *et al.*, 2007) y con cambios importantes en la composición en comparación al año 2004, 2005 y 2006, cuando predominaron las especies de mayor tamaño y con una mayor abundancia de eufáusidos (Escribano *et al.*, 2005; *Daneri et al.*, 2006, Farías *et al.*, 2007). La especie *C. vanus* sin embargo no se había observado previamente en lo cruceros de primavera y es posible que su presencia obedezca a un cambio estacional de la estructura comunitaria.

Tabla 14. Principales taxa del mesozooplancton y macrozooplancton encontrados durante el verano-otoño de 2008 frente a la zona de Concepción en la capa de 0-200 m.

Taxa	Abundancia (individuos m-3)	Abundancia Relativa (%)
Copepoda	88,3	70,04
Apendicularia	17,31	13,7
Thaliacea	12,33	9,78
Eufáusidos	3,08	2,45
Sifonophora	1,02	0,81
Otros taxa	<0,1	<0,10

Tabla 15. Principales especies de Copépoda encontradas durante el verano-otoño de 2008 frente a la zona de Concepción en la capa de 0-200 m.

Especie	Abundancia (individuos m ⁻³)	Abundancia Relativa (%)
Oithona spp.	23	26,3
Paracalanus cf. indicus	22,7	25,7
Ctenocalanus vanus	17,3	19,6
Metridia lucens	3,3	3,8
Acartia tonsa	8	9
Oncaea spp	2,3	2,2
Oithona setigera	1,9	2,1
Rhincalanus nasutus	1,7	1,9
Calanus chilensis	0,9	1
Otras especies	<0,9	<1,0

Considerando los taxa de la Tabla 15, se debe destacar que durante el verano-otoño se observó una mayor diversidad comparada a las condiciones de primavera de los muestreos previos del meso y macrozooplancton, durante el 2004, 2005 y 2006. De todas maneras, se puede concluir que la mayor parte de la biomasa total de zooplancton está conformada esencialmente por los copépodos. Se debe destacar también para esta estación del año la presencia de Apendicularia y Thaliacea, organismos calificados dentro de zooplancton gelatinoso y que pueden representar condiciones de finales de verano.

El estudio de la distribución espacial (0-200 m) de los principales taxa permitió revelar que Copépoda se presentó en mayores abundancias en toda la región de estudio, sin

un patrón de agregación muy definido, aunque con mayores abundancias en la franja más costera. El grupo Apendicularia mostró un núcleo de agregación costero frente a Arauco y Thaliacea frente a Tumbes en el área más oceánica (Figura 28). Los otros taxa abundantes, Sifonophora, Euphausiacea y Chaetognata se distribuyeron de manera más uniforme y en menores abundancias en toda la región muestreada (Figura 29).

Dentro del grupo Copépoda, las especies dominantes se muestraron con mayores abundancias en el sector norte de la región estudiada, con núcleos de agregación costeros coincidentes con las agregaciones de biomasa del zooplancton (Figura 30), Mientras que las especies de menor abundancia tendieron a presentar agregaciones muy costeras (Figura 31).

Para analizar la potencial influencia de factores oceanográficos sobre la distribución espacial del zooplancton se aplicó una regresión múltiple paso-a-paso, que permite interactivamente incluir o remover el efecto de variables independientes sobre una variable dependiente (biomasa del zooplancton). Este análisis se practicó sobre la biomasa logtransformada. Se encontraron correlaciones significativas con el oxígeno superficial y la temperatura superficial del mar (P<0.05). La correlación con el oxígeno fue negativa, indicando que las mayores biomasas se encuentran asociadas a aguas de menor concentración de oxígeno superficial (más cercanas a la costa).

Un análisis exploratorio adicional, de componentes principales (PCA), se aplicó a la matrix de correlación entre variables ambientales y biomasa del zooplancton. Para ello se efectuó una rotación tipo Varimax para 3 componentes principales (factores). El modelo explica un 86% de la varianza de la matrix. Las cargas asociadas a cada factor son:

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Sigma	-0,97	0,06	0,04
TSM	0,88	0,20	0,03
OMZ	0,85	0,02	0,02
SAL	-0,74	0,49	0,14
OD	-0,06	-0,95	0,00
Biomasa	0,01	-0,01	-0,99

El Factor 1 representa las condiciones de temperatura (TSM), estratificación (Sigma), Salinidad (SAL) y profundidad de la zona de mínimo de oxígeno (OMZ) de acuerdo a las correlaciones significativas con estas variables. El Factor 2 representa el oxígeno disuelto superficial y el Factor 3 la biomasa del zooplancton. Un gráfico 3-D de las cargas de estos componentes se muestra en la Figura 32. Este gráfico ilustra la asociación que la biomasa posee con el oxígeno superficial y su independencia de los otros factores oceanográficos.

6.2.4.- Distribución y biomasa de pellet fecales del zooplancton

La biomasa de pellet fecales del zooplancton presentó alta variabilidad espacial tanto horizontal como en profundidad, concentrándose principalmente en las estaciones ubicadas dentro de las 50 mn desde la costa y en una estación oceánica (100 mn) frente a la costa de Concepción (Figura 33). La biomasa promedio integrado de pellet fecales en los 10 m superiores de la columna de agua fue de 4,09 mg C m⁻², con un rango entre 0 y 20 mg C m⁻² (Tabla 16). El carbono fecal por estrato presentó valores entre 0 y 3 μgr C L⁻¹, con valores mayores en el estrato superficial (0 m). Los principales grupos que aportaron al carbono fecal fueron los eufáusidos, copépodos y apendicularias. Los pellets muy degradados y/o fragmentados, los cuales no pudieron ser indentificados con precisión, fueron denominados "pellet indeterminados".

Los pellets fecales de eufáusidos constituyeron el grupo mas importante con una contribución del ~ 80% del material fecal total. Su distribución espacial horizontal abarcó casi la totalidad de los máximos de biomasa observados en la grilla, localizados en las

estaciones E.21, E.28, E.41, E.62, E.64 y E.66, con valores entre 10 y 19 mg C m⁻² (Tabla 16.). Los pellets de copépodos constituyeron el segundo grupo de importancia con un ~ 16%, y presentando solo un máximo de biomasa en la estación E.75, de 13 mgC m⁻² (Tabla 16.) Los aportes a la biomasa total de carbono de pellets por el grupo de las apendicularias y los pellets indeterminados cubrieron el 4% restante con valores entre 0 y 2,5 mg C m⁻², respectivamente (Tabla 16).

Tabla 16. Biomasa integrada (mg C m-2) y estratificada (μgC L-1) de pellet fecales de zooplancton en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

Est.	Lat. (°S)	Long. (°W)		Biomasa Pellets (mg C m ⁻²)						
	(0)	(••)	Pellets totales	Eufáus.	Copép.	Apendicu I	Indeter.	0 m	10 m	
3	-35,5	-72,75	4,4	0,0	4,4	0,0	0,0	0,88	0,00	
5	-35,5	-73,15	2,5	2,4	0,0	0,2	0,0	0,37	0,14	
7	-35,51	-73,55	1,8	0,2	1,6	0,0	0,0	0,24	0,12	
9	-35,5	-74,57	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,01	0,04	
10	-36	-74,84	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,03	0,04	
12	-35,99	-73,83	1,1	0,2	0,9	0,0	0,0	0,18	0,03	
14	-36	-73,42	0,9	0,1	0,9	0,0	0,0	0,04	0,14	
16	-36	-73,98	0,8	0,3	0,5	0,0	0,0	0,11	0,05	
18	-36	-72,81	0,9	0,1	0,8	0,0	0,0	0,03	0,16	
21	-36,5	-73,12	19,8	0,2	19,5	0,0	0,0	3,00	0,95	
23	-36,5	-73,54	3,5	0,3	3,2	0,0	0,0	0,38	0,32	
25	-36,5	-73,94	2,7	1,1	1,6	0,0	0,0	0,28	0,27	
27	-36,51	-75	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1	0,04	0,02	
28	-37	-75,22	14,6	2,9	11,5	0,0	0,2	2,05	0,87	
30	-36,99	-74,23	0,3	0,1	0,2	0,0	0,0	0,04	0,02	
32	-37	-73,82	4,8	0,0	4,7	0,0	0,0	0,58	0,37	
34	-37,01	-73,41	1,6	0,4	1,0	0,0	0,1	0,20	0,12	
36	-37	-73,21	5,9	2,2	0,3	2,5	0,8	0,69	0,48	
39	-37,5	-73,8	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,01	0,04	
40	-37,5	-74,01	0,6	0,1	0,5	0,0	0,0	0,03	0,09	
41	-37,5	-74,24	15,8	0,2	15,6	0,0	0,0	1,71	1,45	
43	-37,49	-74,65	1,4	1,0	0,4	0,0	0,0	0,13	0,14	
44	-38	-74,54	1,7	0,1	1,6	0,0	0,0	0,30	0,03	
46	-38	-74,13	6,1	0,0	6,1	0,0	0,0	0,19	1,03	
48	-38	-73,82	4,0	0,1	3,9	0,0	0,0	0,39	0,41	
53	-38,5	-73,72	2,8	0,0	1,0	1,7	0,1	0,01	0,55	
55	-38,51	-74,15	1,0	0,1	0,0	0,6	0,4	0,01	0,19	
57	-38,49	-74,57	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,02	0,01	
59	-38,49	-75,08	4,6	0,1	4,5	0,0	0,0	0,01	0,91	
60	-39,07	-74,72	1,5	0,0	1,5	0,0	0,0	0,00	0,30	

_					l .	T			_
62	-39,07	-74,37	13,8	0,3	13,5	0,0	0,0	0,06	2,70
64	-39,07	-73,97	10,4	0,2	10,2	0,0	0,0	1,78	0,29
66	-39,09	-73,51	16,9	0,0	16,8	0,0	0,0	2,16	1,22
73	-39,45	-73,86	1,1	0,1	1,0	0,0	0,0	0,18	0,03
75	-39,49	-74,34	12,8	12,7	0,1	0,0	0,0	0,48	2,07
76	-40	-75,87	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,00	0,04
78	-40	-74,82	0,8	0,2	0,0	0,0	0,6	0,04	0,12
80	-39,99	-74,37	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
82	-40	-73,92	1,4	0,0	1,4	0,0	0,0	0,01	0,26
84	-40	-73,74	2,4	0,0	2,3	0,0	0,1	0,41	0,06
86	-39,51	-75,42	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,41	0,00

6.2.5.- Ictioplancton

Durante el crucero, un total de 7 taxa fueron identificados a nivel de huevos y 22 a nivel larval (Tabla 17). La especie más abundante en el estado huevos fue la anchoveta *Engraulis ringens* (146 huevos /100m³, estrato 0-200 m), aunque con un muy bajo número de estaciones positivas (3 estaciones con huevos). Los huevos de la agujilla *Scomberesox saurus* fueron los más frecuentes en los estratos 0-50 y 50-200 m. En el estado larval (Tabla 18), las especies más abundantes fueron *Hygophum brunni* y *Symbolophorus* sp. (9 larvas/100m³, estrato 0-50 m). La especie más frecuente (estaciones positivas) a nivel de larval fue *Hygophum brunni* (26 estaciones en estrato 0-200 m; 21 estaciones en estrato 0-50 m, y 15 estaciones en estrato 50-200 m), seguida de *Protomyctophum chilensis* (22 estaciones en estrato 0-200 m; 12 estaciones estrato 0-50 m, y 16 estaciones en estrato 50-200 m).

Tabla 17. Abundancia estandarizada de huevos de ictioplancton (100m³) en tres estratos de profundidad (50-0m; 200-50m; 0-200m), correspondiente al crucero de marzo 2008 (FIP2007-10) (NEP: Numero de estaciones positivas).

	ABUNDANCIA ESTANDARIZADA (100m³)										
	ESTRATO										
		50-0		2	200-50		0-200				
Especies	NEP	\overline{x}	DS	NEP	\overline{x}	DS	NEP	\overline{x}	DS		
Engraulis ringens	0	0	0,00	1	1	0,00	2	146	81,32		
Strangomera bentincki	0	0	0,00	0	0	0,00	1	1	0,00		
Normanichthys crockeri	0	0	0,00	0	0	0,00	2	21	28,28		
Stromateus stellatus	0	0	0,00	1	29	0,00	5	2	2,32		
Scomberesox saurus	11	3	2,35	7	1,0	0,80	15	1	1,32		
Merluccius gayi	0	0	0,00	0	0,0	0,00	10	10	17,73		
Hippoglossina macrops	5	2	1,01	6	1,4	0,88	9	2	1,70		
Indt.	1	4	0,00	1	1	0,00	10	3	6,56		

De las tres especies objetivo, huevos de anchoveta ocurrieron solo en tres estaciones del sector norte y en concentraciones medianas (rango: 2 – 203 h/100m³)(Figura 34). Huevos de sardina común, ocurrieron solo en una estación en el sector norte (Figura 35). Huevos de merluza común, alternativamente, ocurrieron en ambas zonas (3 y 4 estaciones en las zonas norte y sur, respectivamente) y en concentraciones medianas-bajas (rango: 1 – 47 h 100m³) (Figura 36). Larvas de esta especie fueron observadas también en ambas zonas pero en muy pocas estaciones (1 estación en el norte y 2 estaciones en el sur) y en bajas abundancias (1 larva /100m³ en ambas estaciones). Las estaciones positivas de las tres especies estuvieron ubicadas principalmente en las zonas más costera sobre la plataforma continental (< 20 mn de la costa). Destaca la coincidencia de las más altas concentraciones de huevos de anchoveta y merluza común en la misma estación del sector norte frente a cabo Carranza, así como que en el Golfo de Arauco se encontraran huevos de las tres especies.

La distribución de huevos de otras especies varió tanto en el sentido costa-océano como entre las zonas norte y sur. Los huevos de *Hyppoglossina macrops*, por ejemplo, ocurrieron a lo largo de la zona costera de toda la zona de muestreo (Figura 37) en el estrato más somero (0-50m), mientras que en el trato más profundo (50-200m) éstos solo fueron colectados en la zona norte sobre la plataforma continental. Los huevos de *Scomberesox saurus*, por otro lado, se ubicaron extendidos por toda el área, pero más

abundantemente en la zona media y más alejada de la costa (Figura 38). Finalmente, otra especies como los mictófidos *Protomyctophum chilensis* o *Hygophum bruuni* presentaros sus las larva en ambos estratos en los sectores medio y alejado de la costa a lo largo de toda la zona de estudio (Figuras 39 a,b y 40 a,b).

Tabla 18. Abundancia estandarizada de larvas de ictioplancton (100m³) en tres estratos de profundidad (50-0m; 200-50m; 0-200m), correspondiente al crucero de marzo 2008 (FIP2007-10) (NEP: Numero de estaciones positivas).

	ABUNDANCIA ESTANDARIZADA (100m³)								
	ESTRATO								
	50-0			200-50					
Especies	NEP	\overline{x}	DS	NEP	\overline{x}	DS	NEP	\overline{x}	DS
Engraulis ringens	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
Strangomera bentincki	0	0	0,00	0	0	0,00	1	0,2	0,00
Normanichthys crockeri	1	2	0,00	0	0	0,00	1	0,3	0,00
Sebastes capensis	4	3	0,58	3	0,4	0,11	4	0,4	0,17
Prolatilus jugularis	0	0	0,00	0	0	0,00	1	0,3	0,00
Protomyctophum crockeri	1	1	0,00	2	1	0,32	1	0,3	0,00
Scomberesox saurus	1	1	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
Helcogrammoides cunninghami	0	0	0,00	0	0	0,00	1	2	0,00
Hypsoblennius sordidus	3	2	1,15	1	1	0,00	4	1	0,61
Sicyases sanguineus	0	0	0,00	0	0	0,00	2	0,5	0,07
Gobiesox marmoratus	1	2	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
Merluccius gayi	0	0	0,00	1	2	0,00	2	0,5	0,21
Hippoglossina macrops	0	0	0,00	0	0	0,00	1	0,3	0,00
Paralichthys microps	0	0	0,00	0	0	0,00	1	0,6	0,00
Symbolophorus sp.	3	9	12,2	1	1	0,00	3	1	1,34
Scombridae	0	0	0,00	1	1	0,00	0	0	0,00
Hygophum bruuni	21	9	7,47	15	7	7,80	26	1	1,84
Protomyctophum (hierops) chilensis	12	3	2,23	16	2	3,07	22	1	0,83
Diogenichthys atlanticus	1	1	0,00	2	1	0,71	3	0,2	0,10
Lampanyctodes hectoris	0	0	0,00	1	2	0,00	0	0	0,00
Lampanyctus iselinoides	4	4	3,52	5	1	0,50	6	0,3	0,14
Lampanyctus parvicauda	0	0	0,00	0	0	0,00	2	0,3	0,07
Paralepididae	0	0	0,00	1	1	0,00	3	0,2	0,12
Maurolicus parvipinnis	0	0	0,00	0	0	0,00	1	0,3	0,00
Indt.	6	2	1,26	7	1	0,63	15	0,4	0,56

<u>6.3.- Objetivo Específico 3</u>: Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual de las variables señaladas en los objetivos específicos 4.1 y 4.2., en estaciones seleccionadas, dentro de la zona de estudio.

Introducción.

Desde agosto del año 2002 y hasta la actualidad, el centro COPAS ha mantenido una serie de tiempo oceanográfica en una estación ubicada en el centro de la plataforma continental frente a bahía Coliumo, la estación 18. Esta estación ha sido visitada mensualmente, dependiendo de las condiciones climáticas. En la mayoría de los cruceros mensuales se realizó 3 lances de CTD hasta 80m, y se colectó muestras de agua de mar con botellas a 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, y 80 m. En cada crucero, la data de CTD fue usada para obtener un perfil vertical promedio de temperatura, salinidad y densidad (sigma t). La concentración de oxígeno disuelto fue determinada de las muestras de agua de mar mediante el método de Winkler modificado. Adicionalmente, de las muestras de agua de mar a distintas profundidades se ha obtenido submuestras para nutrientes, clorofila-a (fraccionada), microzooplancton y para otros análisis y determinaciones tales como producción primaria y respiración comunitaria. En el presente informe se entregan los resultados de los análisis de las muestras y observaciones del periodo correspondiente a este proyecto (Agosto 2007-Julio 2007) y, para algunas variables se agrega en forma adicional información de la serie de tiempo completa desde el 2002 (hidrografía, nutrientes, mesozooplancton, ictioplancton, producción primaria y respiración comunitaria). Para clorofila-a, se complementa la serie de tiempo con información puntual de una estación ubicada a 40 millas náuticas de la costa. Tanto la información de la serie de tiempo completa como de la estación 40 no están consideradas en los Términos Básicos de Referencia por lo que su inclusión en este informe representa un esfuerzo adicional nomenor que pensamos será apreciado para la interpretación de los resultados. Finalmente, y para complementar la serie de datos de la estación 18, se agrega información de una nueva serie de tiempo en una estación costera ubicada a 5 millas náuticas de la costa frente a Bahía Coliumo cuyo objetivo principal es complementar la data hidrográfica y de ictioplancton cuyas especies más costeras pudieran haber estado sub-representadas en las muestras de la estación 18.

6.3.1.- Hidrografía.

En Chile central la surgencia costera es forzada por los vientos estacionales a lo largo de la costa (figura 40), los cuales compiten con otros dos procesos estacionales que afectan la estratificación de la densidad en la columna de agua: 1) el balance de calor del agua de mezcla, el cual es dominado por la radiación solar con una máxima en enero, y 2) el balance de agua dulce, el cual es dominado por la descarga de los ríos y precipitación, con un máximo en Junio y Julio.

El análisis de la data hidrográfica en la estación 18 durante el periodo de estudio del presente proyecto mostró que la segunda mitad del 2007 (Figura 42) presentó las más bajas temperaturas desde superficie a fondo desde el 2002. La columna de agua completa (Figura 43) tuvo una temperatura de alrededor de 1º C más fría que el promedio anual en 6 años (Figura 42). La salinidad superficial (Figura 42), en contraste con la columna completa, fue más alta por 1 unidad PPS, resultando en agua superficial relativamente pesada. Durante la primera mitad del 2008 (Figura 42), las condiciones hidrográficas volvieron a la normalidad.

En una escala temporal estacional, la temperatura (Figura 42) de los 10 primeros metros de la columna de agua siguió muy cercanamente el ciclo anual (Figura 41) de flujo neto de calor superficial, resultando en una capa de mezcla somera y cálida desde diciembre a abril. La temperatura bajo los 15 m de profundidad sería controlada por la surgencia costera estacional la que es inducida por los vientos del sur a lo largo de la costa en primavera y verano, lo que es evitado por los vientos del norte en invierno. La salinidad (Figura 43) está determinada en una escala estacional en los primeros 20 m de la columna de agua, por el ciclo de descarga de los ríos y precipitación y, bajo los 25m, por el patrón estacional de surgencia. Considerando el oxígeno (Figura 42) durante la primavera y verano, la isolínea de 0.5 ml 1⁻¹ sube, en casos extremos, hasta los 20m, donde aguas hipóxicas alcanzarían la capa fótica.

6.3.2.- Variables químicas de la columna de agua.

Para análisis de nutrientes, durante el periodo de ejecución de este proyecto, la estación 18 fue muestreada con una frecuencia mensual, contabilizando durante el período FIP 2007-2008, 9 muestreos (los meses de inviernos como junio y julio no fueron muestreados debido a los condiciones meteorológicas) que permitieron analizar la variabilidad estacional.

El oxígeno disuelto a través del tiempo (agosto 2007-septiembre 2008) mostró una marcada estacionalidad en toda la sección vertical de la columna de agua (Figura 46). Partiendo de agosto de 2007, mes representativo de condiciones invernales, se encontró una columna de agua bien oxigenada probablemente a la mayor ocurrencia de eventos con vierto norte (tormentas) que provocaron una fuerte mezcla vertical, en la situación invernal toda la columna de agua presento concentraciones de oxígeno mayores al 1 ml L-1, situación que se repite el año siguiente durante el periodo mayo junio 2008. Durante octubre de 2007 se observó un empobrecimiento de oxigeno, tendencia que llega a su máxima expresión en diciembre y enero, observándose el ascenso de la oxiclina de 1 mL L-¹ a 20 m de profundidad, y pudiéndose encontrar aguas subóxicas cercanas al fondo. Los niveles de oxígeno encontrados durante el periodo estival se deben a los eventos de surgencia costera que llevan AESS a la superficie y a fertilizan las aguas provocando una mayor producción biológica la que conlleva a su vez a una mayor consumo de oxígeno por respiración aeróbica.

La variabilidad temporal de nutrientes es ilustrada también en las Figura 46 (nitrato, nitrito, fosfato y silicato). La distribución de nitrato en la columna de agua mostró solo bajo niveles (cercanos a 3 μmol L⁻¹) en una capa superficial (10 m) en el periodo asociado a la surgencia (octubre 2007-febrero 2008) como consecuencia de la asimilación de estos por organismos autotrófico; por debajo de esta profundidad se observa un incremento de nitrato hacia las agua de fondo (80 metros), llegando a niveles cercanos a 25 μmol L⁻¹. Desde el punto de vista de su variabilidad temporal, se observó una cierta tendencia estacional indicada como período no-surgencia o período otoño-invernal con bajos niveles de nitrato pero no inferior a 15 μmol L⁻¹ y surgencia o primavera-verano con altos niveles

de nitratos (hasta 30 µmol L⁻¹). El nitritos, otros dos nutrientes nitrogenados, se observaron en bajas concentraciones durante todo el período, a excepción del mes diciembre y enero donde se observa concentraciones cercanas a 3 µmol L⁻¹ en aguas cercanas a los sedimentos, extendiéndose hasta agua intermedias (40 m); esto puede ser debido a procesos de nitrificación y desnitrificación en las aguas de fondo, donde el nitrito es el producto intermediario de estos procesos. El amonio, el compuesto nitrogenado más reducido, se observó en bajas concentraciones excepto en las agua superficiales, donde llegó a niveles cercanos a 1.5 umol L-1); estos valores superficiales se asocial a la rápida degradación de los productos fotosintéticos. Los fosfatos, mostraron la estacionalidad y niveles esperados para un área sujeta a una estacionalidad provocada por los patrones de vientos que inducen a la surgencia; mientras que los silicatos se mantuvieron en niveles dentro del rango 0,5 y 30 umol L⁻¹ durante todo el período de estudio, con bajos niveles en superficie, probablemente asociado a la asimilación por organismos silicios (diatomeas) para incrementar gradualmente con el fondo.

La serie temporal de mayor longitud (2002 a la fecha; Figura 47) señala cómo los nutrientes también muestran un fuerte variación estacional, principalmente los fosfatos y silicatos, que son nutrientes mas conservativos que los nitrogenados. En relación a al nitrato y nitrito, se observan focos de alta concentración en agua intermedia y a veces en las aguas de fondo (ver verano 2007); se relaciona está distribución con procesos de nitrificación que oxidan el amonio regenerado en nitrito y nitrato.

6.3.4.- Biomasa Fitoplancton

a) Distribución de la biomasa fitoplanctónica: pico- y nanoplancton

Durante el periodo de este estudio, la distribución de la biomasa del fitoplancton (clorofila-a y feopigmentos totales y fraccionados), así como la distribución y abundancia de los componentes nanoplanctónicos autótroficos y heterótroficos fue evaluada en muestreos mensuales realizados en la Estación 18, entre Agosto 2007 a Julio

2008, y en 2 muestreos estacionales en la Estación 40, en Marzo 2008 (fines verano) y Junio 2008 (invierno).

En la Estación 18, la clorofila-a total (Cl-a T) mostró marcadas fluctuaciones estacionales, con altas concentraciones (>5 mg m⁻³) principalmente durante los muestreos de primavera y un máximo (ca. 20 mg m⁻³) en el mes de Octubre 2007 (Figura 48, panel superior). Además, las mayores concentraciones (>2,5 mg m⁻³) se ubicaron en la capa más superficial (<20 m) durante la mayor parte del período. La clorofila de la fracción <20 μm (Cl-a <20), representada por el nano- y pico-plancton, contribuyó en forma permanente pero variable a la biomasa fitoplanctónica total (media ± DS: 56 ± 31%). Los valores más altos (>0,6 mg m⁻³) ocurrieron en la capa superficial (<20 m) y no se detectó una estacionalidad marcada; el máximo valor (3,1 mg m⁻³) fue registrado en Febrero 2008 (Figura 48, panel intermedio). La clorofila de la fracción <3 μm (Cl-a <3) fue un componente muy minoritario del total (4 ± 4 %) y mostró una estacionalidad más marcada, con máximos (>0,1 mg m⁻³) durante los muestreos en el periodo verano–otoño y Junio 2008; el máximo valor (0,6 mg m⁻³) ocurrió en la capa superficial (Figura 48, panel inferior). Las estadísticas básicas de estas estimaciones se presentan en la Tabla 19

Tabla 19: Concentraciones de clorofila-a (mg·m⁻³) total (Cl-a T) y fracciones nanoplanctónicas (Cl-a <20) y picoplanctónicas (Cl-a<3) a nivel superficial (0 m) y 10 m de profundidad, crucero FIP Marzo 2008: estadística básica (media, desviación estándar DS), mediana y rango.

Profundidad	Clorofila	n	Media D)s	Mediana	Rango
	Cl-a T	74	1,9 ± 1,	,9	1,34	0,2 - 9,5
0 m	Cl-a <20	74	1,2 ± 1,	,1	0,97	0,06 - 6,6
	Cl-a <3	73	0,1 ± 0,	,1	0,07	0,0 - 1,0
	Cl-a T	70	1,9 ± 1,	,9	1,38	0,2 - 8,7
10 m	Cl-a <20	70	1,3 ± 1,	,1	0,98	0,02 - 5,5
	Cl-a <3	71	0,1 ± 0,	,1	0,07	0,02 - 0,4

Los feopigmentos totales (Fgm-a T) fueron en su mayor parte bajos (<1 mg m $^{-3}$) en la capa más superficial, excepto en los meses de Octubre y Diciembre 2007, mientras que se mantuvieron alrededor de este valor en la capa más profunda (>60 m) durante la mayor parte del periodo (Figura 49, panel superior). Los feopigmentos en la fracción <20 μ m (Fgm-a <20) fueron bajos en general, no mostraron una estacionalidad marcada y tampoco una distribución vertical muy definida (Figura 49, panel intermedio). La fracción Fgm-a <20 contribuyó en forma permanente pero variable a la biomasa fitoplanctónica total (media \pm DS: 69 \pm 30). Los feopigmentos en la fracción <3 μ m (Fgm-a <3) fueron muy bajos y mostraron un patrón de distribución vertical y temporal similar al de Cl-a <3, con máximos en la capa superficial (Figura 49, panel inferior). Fgm-a <3 fue un componente muy minoritario del total (4 \pm 5 %). Las estadísticas básicas de estas estimaciones se detallan en la Tabla 19.

Los análisis de asociación entre las variables oceanográficas y las concentraciones de clorofila-a en la columna de agua (0-80 m) durante el periodo de muestreo en la Est. 18 arrojaron los siguientes resultados de correlaciones (test no paramétrico de Spearman): en el caso de las variables oceanográficas (n = 88-95), las concentraciones de clorofila-a (total y fraccionada) estuvieron correlacionadas significativamente (p>0,01) y en forma positiva con el oxígeno (r = 0,5) a (0,6) mientras que la temperatura solo se correlacionó positivamente (r = 0,5) con la clorofila-a fraccionada y la salinidad mostró una correlación

negativa (r = -0,4) con Cl-a <20. Respecto de los nutrientes (n= 66-91), las concentraciones de clorofila-a total y fraccionada mostraron correlaciones muy significativas (p<0,001) y negativas con las concentraciones de PO_4 y Si (r = -0,6 a - 0,7) mientas que la de NH_4 fue positiva (r = 0,5) solo con Cl-a T.

En la estación 40, las concentraciones de clorofila-a en la columna de agua (0-100 m; (Figura 50, paneles superiores) alcanzaron máximos más altos (1-2 mg m⁻³) en el muestreo de Marzo 2008 comparado con el de Junio 2008 y, en ambos, la fracción <20 presentó una distribución muy similar a la de Cl-a T; además, el máximo fue subsuperficial en el primer y superficial en el segundo. La fracción de Cl-a <3 fue un componente muy menor en ambos muestreos y tuvo una distribución relativamente uniforme en la columna de agua. Los feopigmentos totales (Figura 49, paneles inferiores) fueron bajos en todos los casos (<1 mg m⁻³), con distribuciones similares a las de las respectivas clorofilas. Las estadísticas básicas de estas estimaciones se detallan en la Tabla 20.

Tabla 20: Concentraciones (mg·m⁻³) de clorofila-a y feopigmentos totales (Cl-a T y Fgm-a T) y fracciones nanoplanctónicas (Cl-a <20) y picoplanctónicas (Cl-a<3) en la columna de agua (0-80 m de profundidad), serie de tiempo Estación 40, en dos muestreos estacionales (marzo y junio 2008): estadística básica (media, desviación estándar DS), mediana y rango).

Estación	Pigmentos	n	Media	Ds	Mediana	Rango
40	Clorofila-a					
	Cl-a T	13	1,1 ±	0,8	1,2	0,0 - 1,9
	Cl-a <20	13	1,1 ±	0,7	0,1	0,0 - 1,7
	Cl-a <3	13	0,1 ±	0,1	0,6	0,0 - 0,2
40	Feopigmentos-a					
	Fgm-a T	13	0,6 ±	0,3	1,4	0,2 - 0,9
	Fgm-a <20	13	0,5 ±	0,3	0,6	0,2 - 0,7
	Fgm-a <3	13	0,1 ±	0,1	0,1	0,01 - 0,1

b) Abundancia y distribución del nanoplancton

En la Est. 18, los principales componentes nanoplanctónicos (>3 y <20 μm) fueron los nanoflagelados (>90%), tanto entre los componentes autotróficos como heterotróficos.

La distribución de la abundancia de los nanoflagelados autótrofos en la columna de agua (0-100 m) mostró valores más altos (>400 células mL⁻¹) en la capa superficial (<30 m) pero sin una clara estacionalidad pero con máximos ubicados entre Agosto y Dicembre 2007 (Figura 51, panel superior). Estos máximos en parte coincidieron con los máximos valores de Cl-a T en el periodo de primavera. Los nanoflagelados heterótrofos tampoco presentaron una estacionalidad marcada y los valores más altos de abundancia (>400 células mL⁻¹) ocurrieron en la capa (<30 m), con máximos en entre Octubre y Diciembre 2007 (Figura 51, panel inferior). Las estadísticas básicas de estas estimaciones se detallan en la Tabla 21.

Los análisis de asociación entre las variables oceanográficas y las abundancias de nanoplancton en la columna de agua durante el periodo de muestreo en la Est. 18 arrojaron los siguientes resultados de correlaciones (test no paramétrico de Spearman): respecto de las variables oceanográficas (n = 88), las abundancias de ambos grupos estuvieron correlacionadas significativamente (p>0,01) con el oxígeno en forma positiva (r = 0,6 a 0,8) y negativa con la salinidad pero solo en el caso del nanoplancton autótrofo (r = -0,7). Respecto de los nutrientes (n = 62-88), las abundancias de ambos grupos mostraron correlaciones significativas (p<0,001) y negativas con las concentraciones de PO₄ (r = -0,6 a -0,7) y Si (r = -0,5 a -0,6) y positivas con las de NH₄ (r = 0,5 a 0,6). En cuanto a la Cl-a T y Cl-a <20 (n = 62-88), se detectaron correlaciones significativas (p<0,001) y positivas con el nanoplancton autótrofo (r = 0,8 a 0,7) y heterótrofo (r = 0,6) mientras que éstas fueron negativa con Cl-a <3 en el caso del nanoplancton heterótrofo.

En la Estación. 40, las abundancias del nanoplancton en la columna de agua (0-100 m) se presentan en la Figura 52. En el caso del nanoplancton autótrofo (paneles superiores), los valores máximos de abundancia (>900 células mL⁻¹) se presentaron en la capa más superficial (<15 m) y disminuyeron gradualmente en profundidad, siendo la distribución muy similar en ambos muestreos. Los nanoflagelados heterótrofos alcanzaron máximos valores (>400 células mL⁻) también en la capa superficial, con distribuciones muy similares a las del nanoplancton autótrofo. Las estadísticas básicas de estas estimaciones se detallan en la Tabla 21.

Tabla 21: Abundancia (células mL⁻¹) de nanoplancton autótrofo (ANF) y heterótrofo (HNF) en la columna de agua (0-80 m de profundidad), serie de tiempo Estación 18 (agosto 2007 a julio 2008) y Estación 40 (marzo y junio 2008): estadística básica (media, desviación estándar (DS), mediana, rango y porcentaje (%) promedio de aporte de flagelados autótrofos (FA) y heterótrofos (FH) al total de cada grupo trófico).

Estación	Nanoplancton	n	Media DS	Mediana	Rango	% FA	% FH
18	NAT	88	426 ± 469	311	3 - 2239	87	
	NHT	88	521 ± 427	406	63 - 2750		96
40	NAT	13	443 ± 384	378	21 - 987	95	
	NHT	13	227 ± 114	213	55 - 413		94

6.3.5.- Distribución temporal y espacial de microzooplancton en la E.18

La abundancia promedio de microzooplancton en todas las estaciones a 0 y 10m fue de 2600 y 754 individuos L⁻¹ y sus máximas (8200 Individuos L⁻¹) y mínimas abundancias (20 individuos L⁻¹) se observaron en el estrato de 0 y 10m durante octubre y julio del 2007 (Figura 53). Los principales componentes observados en las muestras para microzooplancton fueron los dinoflagelados y ciliados loricados los que en su conjunto reportaron más del 80% de las abundancias totales de estos organismos en todo el período de estudio (Figura 54 y 55).

Las abundancias estratificadas de dinoflagelados alcanzaron en promedio, considerando las dos profundidades analizadas, 1142 ind. L⁻¹, con densidades máximas de 4050 ind. L⁻¹ registradas durante octubre a los 0m, y mínimas de 3 ind. L⁻¹ durante julio 2007 a los 10m de profundidad. Los principales componentes de los dinoflagelados estuvieron representados principalmente por *Protoperidinium*, *Dinophysis*, *Diplopsalis*, *Gonyaulax*, *Prorocentrum*, y *Ceratium*, los cuales representaron más del 70% de las abundancias totales de estos organismos (Figura 54).

Por otro lado, los ciliados loricados o tintínidos, reportaron densidades promedio en todo el período de estudio y en los dos estratos analizados de 222 ind. L⁻¹, con máximos promedio de 1006 ind. L⁻¹ a los 0m durante diciembre del 2007, sin embargo concentraciones de 0 ind. L⁻¹ fueron detectadas durante julio del 2007, representando las menores densidades del período analizado. Los principales géneros de tintínidos

identificados fueron *Helicostomella*, *Tintinnopsis*, *Codonellopsis*, *Salpingella* y *Dadayiella*, los cuales reportaron en promedio y en los dos estratos analizados más del 85% de los tintinidos totales y un promedio del 20% del microzooplancton total en los dos estratos analizados para todo el período de estudio (Figura 55).

6.3.6.- Biomasa y Variabilidad temporal del Meso- y Macrozooplancton

a) Biomasa Zooplanctonica

El análisis de los cambios temporales en la biomasa zooplanctónica se realizó con información proveniente de la Estación 18. Los datos obtenidos para el período de estudio del proyecto (julio 2007 a junio 2008), se conectaron con la información proveniente de los años 2004, 2005 y 2006 para contar con una mayor ventana temporal. Para la columna de agua integrada (0-80 m) en la Estación 18, desde agosto 2004 a junio de 2008, se pudo estimar un promedio de biomasa del zooplancton de 19.2 mg C m⁻³, con un máximo cercano a los 140 mg de C m⁻³ observado en mayo del 2007 y un coeficiente de variación de 25%. En el período del último año (julio 2007 a junio 2008) la biomasa promedio fue de 16. 3 mg C m⁻³ con un coeficiente de variación de 36%, valores mínimos de 0.6 mg C m⁻³ en septiembre de 2007 y un máximo cercano a 60 mg C m⁻³ en julio del 2007. Para toda la ventana de estudio (2004-2008), se observaron bajas en biomasa (<2 mg C m⁻³) en los inviernos e incrementos hacia finales de verano de cada año en la data integrada de 0-80 m (Figura 56). El estrato profundo de la estación 18 (50-80 m) sigue el mismo patrón de la columna de agua. El año 2007 presentó el mayor promedio anual observado con 31. 6 mg C m⁻³, mientras que en el año 2004, 2005 y 2006 se observaron 6.4, 12.9 y 6.6 mg C m⁻³ en promedio, respectivamente, revelando una alta variabilidad inter-anual. En general, se observó que las mayores concentraciones de biomasa se presentaron hacia la época de fines de verano (otoño), en asociación a la presencia de eufáusidos y de copépodos de mayor tamaño. Las fluctuaciones estacionales del C de zooplancton también se manifiestaron fuertemente asociadas a los cambios en la profundidad de la OMZ, dada una mayor agregación del zooplancton en la zona costera, bajo condiciones de surgencia más intensa (Escribano et al., 2007).

b) Composición del meso y macrozooplancton

El estudio de la estructura comunitaria a través del período 2004-2008, reveló la dominancia del taxa Copépoda durante la mayor parte del tiempo. La abundancia de los copépodos mostró un promedio total de 282 individuos m⁻³, con un coeficiente de variación de 128%, mientras que los eufáusidos mostraron un promedio de 3.5 individuos m⁻³. Los copépodos para todo el período representaron un 92% de la abundancia total del zooplancton. Sólo en una ocasión (mayo del 2007) los eufáusidos superaron a los copépodos en abundancia (Figura 57).

A nivel de especies, y considerando a Copépoda como taxa dominante, las especies de mayores abundancias promedios fueron *Paracalanus indicus* con 120 individuos m⁻³, luego *Oithona* spp. con 75 individuos m⁻³ y *C. chilensis* con 38 individuos m⁻³. En términos de abundancia relativa, se debe destacar la alternancia en la dominancia numérica entre las especies de *Paracalanus indicus*, *Oithona* spp. y *Calanus chilensis*. (Figura 58), siendo este último dominante durante períodos de surgencia más activa. No obstante los cambios en abundancia relativa, debe destacarse que algunas especies, tales como *P. indicus*, *Oithona* spp., *Calanus chilensis* y *Centropages brachiatus* estuvieron presentes a través de todo el año y representadas por la mayoría de sus estadios de desarrollo. Esta observación refleja la productividad sostenida de este sistema de surgencia, permitiendo que algunas especies del zooplancton se puedan reproducir en forma continua a través de todo el año, como ha sido estudiado por Hidalgo y Escribano (2007).

6.3.7.- Ictioplacton.

La información de ictioplancton de la serie de tiempo de la estación 18 entre agosto del 2007 a julio del 2008 son mostrados en la Figura 59. Una inspección general de la data de abundancia de huevos de las 3 especies objetivo (*Engraulis ringens, Strangomera bentinci y Merluccius gayi*) más el mote (*Normanichthys crockeri*) reveló una marcada estacionalidad en sus periodos de máxima abundancia así como una casi- concordancia en los mismos, centrados todos en los meses entre fines de invierno a inicios de primavera (agosto- octubre).

Para el periodo de estudio del presente proyecto (Agosto 2007 – Julio 2008), mayores abundancias de huevos de anchoveta ocurrieron en agosto del 2007, siendo sus larvas más abundantes entre agosto y octubre del mismo año (Figura 59). Huevos de sardina común no ocurrieron en la estación 18 pero sí sus larvas pero en bajas abundancias, entre los meses de agosto y octubre 2007, concordando temporalmente con la anchoveta. Huevos de merluza común ocurrieron entre agosto y octubre 2007, con en máximo en este últimos mes. Durante el 2008, un aumento de huevos y larvas fue observado en periodo junio-julio el cual se desconoce aun si correspondió aun adelanto del periodo reproductivo que normalmente ha sido citado para septiembre o un atraso del periodo secundario citado para marzo en otros años. Finalmente, y similar a la merluza común, huevos y larvas de mote fueron observados en septiembre 2007 y luego en junio 2008.

La inspección de la data de ictioplancton de la serie de tiempo de la estación 18 entre junio 2004 a julio 2008 (Figura59) muestra la regularidad en los periodos de mayor abundancia de huevos de anchoveta en agosto-septiembre pero, a su vez, una marcada variabilidad en los números de huevos y larvas colectadas entre años, particularmente evidente en las muy altas abundancias observadas en septiembre del 2006. Huevos y larvas de sardina común también presentaron un patrón de mayores abundancias de huevos en los meses de agosto-septiembre de todos los años, aunque un máximo secundario fue observado también en marzo 2006. Los máximos de abundancia huevos y larvas de sardina común en todos los estratos fueron menos notables que los observados en anchoveta debido a las mucho menores abundancias promedio de las sardinas comunes (un orden de magnitud menor). Huevos y larvas de merluza común ocurrieron en mayor abundancia en septiembre-octubre de cada año pero con algunos desfases el 2006 y 2007 (Figura 60).

El mote, *Normaichthys crockeri*, con mayores abundancias de huevos y larvas a fines de invierno inicio de primavera, varió inter-anualmente un poco más que las otras especies por cuanto sus máximos fluctuaron entre junio y octubre. Estas dos últimas

especies, al igual que la sardina común, presentaron abundancias de huevos y larvas menores alas de anchoveta.

6.3.8. Estación 5

En esta estación y a través de su ciclo anual, se pudieron observar condiciones de características más estuarinas que en la Estación 18, y definitivamente muy distintas a las condiciones encontradas en la Estación 40 oceánica. En la Estación 5, con una profundidad de 50 m, se pudo denotar una mayor influencia continental que se reflejó en un mayor aporte de agua dulce durante el período de invierno y que generó una capa de mezcla de muy baja salinidad y con una inversión térmica vertical en este período de lluvias (Figura 61). La mayor mezcla vertical también se reflejó en una mayor oxigenación del estrato superior (<30 m) y las condiciones de bajo oxígeno de primavera ocurrieron en un período relativamente corto del año. La distribución de fluorescencia a través del año también indicó que el fitoplancton se agregó fuertemente en un período relativamente corto del año, dando lugar a altas concentraciones de diatomeas que otorgan el típico color verde intenso de las aguas en la estación primavera/verano, en la zona aledaña a bahía Coliumo. Estas condiciones semi-estuarinas, que parecen estar fuertemente influidas por la cercanía de la desembocadura del Río Itata, parecen propicias para el desove de los pequeños pelágicos, anchoveta y sardina, a juzgar por la información de huevos y larvas de peces observados en esta Estacion 5 durante el 2007-2008 (Figura 62).

Ictioplancton

La información obtenida de la nueva serie de tiempo costera de la estación 5 (Figura 62) mostró variaciones respecto a los patrones observados en la estación 18, particularmente en lo que se refiere a mayores abundancias de huevos en todas las especies objetivo (anchoveta, sardina común y merluza común) y a un aumento de la variabilidad en los meses de ocurrencia de los máximos de abundancia. En la estación 5, al igual que en la estación 18, altas abundancias de huevos de anchoveta ocurrieron en septiembre 2007 pero se observó un máximo aun mayor en julio del 2008 (no observado en la estación 18). Las larvas de esta especie se presentaron en abundancias mucho mayores (aproximadamente un

orden de magnitud mayor) en la estación costera, observándose máximos en septiembre, noviembre, enero-febrero y mayo. A diferencia de la estación 18, huevos de sardina común sí ocurrieron en la estación costera con máximos en septiembre y febrero, al igual que sus larvas. Huevos y larvas de merluza común ocurrieron, al igual que en la estación 18, durante septiembre en la estación 5. Sin embargo, y más notoriamente, los máximos con mayores abundancias ocurrieron en el periodo de otoño (abril; no observado en la estación 18) y posteriormente en junio - julio (observado en la estación 18 pero con abundancias un orden de magnitud menor).

<u>6.4.- Objetivo Específico 4</u>: Estimar las siguientes tasas biológicas: producción primaria, respiración comunitaria del plancton, flujo vertical de material particulado (acoplamiento pelágico-bentónico) y su variabilidad mensual en estaciones seleccionadas de la zona de estudio.

6.4.1.- Producción Primaria y Respiración Comunitaria

Los valores integrados de Producción Primaria (PP) y Respiración Comunitaria (RC) mostraron una marcada estacionalidad dentro de la zona de estudio (estación 18) (Figura 63). Para cada año, desde octubre hasta abril, siempre se presentan los mayores valores de PP (1.8 - 25.8 g C m⁻² d⁻¹), mientras que entre mayo y septiembre, se concentraron los bajos (< 1.8 g C m⁻² d⁻¹). No obstante, a partir de abril del 2007, los niveles de PP se mantuvieron en magnitudes bastante uniformes (0.4 - 1.6 g C m⁻² d⁻¹), sin mostrar diferencias significativas entre períodos productivos (octubre – abril) y no productivos (mayo – septiembre). La RC generalmente se igualó o fue menor que la PP, reflejando en la mayoría de los experimentos un balance PP/RC > 1, sugiriendo un importante grado de acoplamiento ($r^2 = 0.72$) entre la formación y uso de materia orgánica dentro del ecosistema de surgencia de Concepción.

6.4.2.- Flujo COP (Trampas de sedimento Estación 18)

El flujo total de carbono biogénico en la E.18 alcanzó un promedio de 104,4 mgC m⁻² d⁻¹ y osciló entre los 1,3 (marzo 2008) y 229,1 (enero 2008) mgC m⁻² d⁻¹ (Figura 64). Este flujo estuvo dominado principalmente por material fecal, fitoplancton y microzooplancton, de los cuales el material fecal aportó >90% al flujo total de carbono. Los principales grupos zooplanctónicos que contribuyen con material fecal al flujo vertical estuvieron representados por los pellet de eufáusidos (50,7%), pellet indeterminados (35%), pellet de apendicularias (14%) y pellet de copépodos (0,3%) (Figura 64).

El flujo promedio total de carbono de diatomeas en la E.18 alcanzó un promedio de 1 mgC m⁻² d⁻¹, el cual osciló entre los 0,02 (julio 2007) y 2,29 (octubre 2007) mgC m⁻² d⁻¹ (Figura 65). Los principales componentes de las diatomeas estuvieron representados principalmente por *Thalassiosira* spp, *Skeletonema* spp, *Chaetoceros* spp, *Biddulphia longicruris*, *Rhizosolenia* spp, *Thalassionema nitzschoides* y *Pseudonizschia* spp, las cuales representaron entre 47 y 100 % del total de carbono de diatomeas exportado (Figura 66).

El flujo total de microzooplancton estuvo representado principalmente por dinoflagelados desnudos, dinoflagelados tecados y ciliados loricados, los cuales exportaron en promedio 1,2 mgC m⁻² d⁻¹. Los máximos y mínimos flujos de estos organismos fueron registrados durante octubre 2007 y enero 2008 con 3,8 y 0 mgC m⁻² d⁻¹, respectivamente.

En flujo promedio de materia total obtenida por el método gravimétrico fue de 6 grC m⁻² d⁻¹, con un máximo y mínimo de 15,6 y 1,6 grC m⁻² d⁻¹ durante enero 2008 y octubre 2007, respectivamente. En promedio en todos los casos la relación entre el material orgánico y litogénico fue de 3:7 durante el período julio 2007 y abril 2008 (Figura 67).

7.- DISCUSION

7.1.- Condiciones bio-oceanográficas durante el crucero estacional.

7.1.1.- Características hidrográficas y procesos de meso-escala

Las características oceanográficas y procesos de mesoescala observados durante el crucero estacional de marzo correspondieron a las normalmente presentes en la zona durante la temporada de surgencia costera que se extiende desde primavera a fines de verano en la zona central del país. Particularmente evidentes en este crucero fue el desarrollo de un marcado gradiente térmico paralelo a la costa, presencia de meandros y filamentos que se extendieron desde la zona más costera hacia el oeste, presencia de plumas de surgencia asociadas a prominencias en la línea de costa tales, y la presencia de niveles de oxígeno, nutrientes, salinidad y temperatura propios de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales en la zona costera al interior de bahías, entre otros procesos. La dirección e intensidad de los vientos, que varió en intensidad en la escala temporal de 6-8 días en promedio, y de origen sur-suroeste, concuerdan con un patrón conducente al desarrollo de surgencias costeras lo cual es observable también a través del cálculo de transporte de Ekman.

La presencia de un gradiente térmico hacia fuera de la costa ha sido ya reportado para esta zona durante la estación de surgencias, particularmente durante el periodo primavera verano (Yannicelli et al. 2006) que es cuando la surgencia alcanza su mayor intensidad. En el presente crucero, la data hidrográfica en terreno mostró que la zona adyacente al frente presentó valores de temperatura en el sector más cercano a la costa de ~14°C y valores mayores a ~17°C en la zona oceánica; demarca el borde externo del frente la isoterma de 16.5°C. Al oeste del frente, aproximadamente a los ~36°S, se observó la presencia de procesos de mesoescala a la forma de meandros y filamentos de agua fría que se aleja de la zona más costera. Estos procesos fueron identificables también en las imágenes satelitales de Temperatura Superficial del Mar así como en las imágenes de color del mar (SeaWifs) que señalaron, además de la franja costera con altas concentraciones de clorofila-a (>5 mg Cl.-a/m³) a lo largo de toda la zona muestreada, proyecciones hacia el oeste de filamentos y meandros coincidentes con los observados en las imágenes de TSM.

La presencia de estos procesos de mesoescala, consecuentemente, podrían constituir un mecanismo de trasporte desde la costa al océano adyacente (Hormazabal *et al.* 2004), de nutrientes, producción primaria y secundaria generada sobre la plataforma continental, representando un medio potencial de aporte de nutrientes capaz de generar incrementos locales en productividad primaria y, paralelamente, representar un medio de abastecimiento trófico a la comunidad planctónica y nectónica fuera de la plataforma continental (Lutjeharms *et al.* 1991, Alvarez-Salgado et al. 2007). Paralelamente, la presencia de estas estructuras podría significar un medio de expatriación de organismos meroplanctónicos desde el borde costero (Morales *et al.* 2007) y así, representar pérdidas para las poblaciones locales, por ejemplo bentónicas, si es que mecanismos alternativos de retorno a la plataforma continental no se desarrollaran.

Ente los Procesos de mesoecala asociados a modificaciones de la línea de costa tales como proyecciones de ésta sobre la plataforma continental o cambios en orientación identificados en el crucero de marzo, destacó la pluma de surgencia asociada a Punta Lavapié (37°10°S). Esta se distinguió por presentar una lengua de agua fría, con aguas menores a 14°C y con salinidad mayor a 34.2 y bajo oxígeno (< 175 μmol kg⁻¹) que se extendió en dirección norte sobre la plataforma continental de la Octava región. Este rasgo ha sido observado comúnmente en los cruceros de monitoreo del programa FIP y otros estudios durante primavera y verano (Cáceres & Arcos 1991; Sobarzo 1998), periodo en que se han producido variaciones en su dirección y extensión (paralelo a la costa, en dirección norte sobre la plataforma continental como este caso; en dirección nor-oeste y a partir del cual se han generado filamentos y eddies fuera de la plataforma continental; en dirección nor-este ingresando al Golfo de Arauco en sentido horario y generando aportes de nutrientes y variaciones en la circulación al interior de éste (Parada *et al* 2001).

En general, la distribución de temperatura, salinidad y oxígeno cerca de superficie reflejó el efecto de la surgencia en toda la región de estudio, particularmente cerca de la costa, siendo los valores observados durante el crucero de Marzo 2008, típicos de la época en la región durante condiciones de surgencia. Los mayores valores de oxígeno superficial fueron observados en las estaciones más alejadas de la costa, mientras que las estaciones

más cercanas a la costa presentaron valores superficiales menores. La presencia de los bajos niveles de oxígeno estuvo asociada a Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), pobres en oxígeno y ricas en nutrientes, de origen ecuatorial y que son advectadas hacia el sur por la contracorriente de Chile-Perú (Brandhorst 1971, Silva 1983). Latitudinalmente, al sur de 36.5° S en general toda la columna de agua presentó niveles de oxígeno superiores a 0,5 ml L⁻¹, producto de una mayor oxigenación de las aguas AESS a medida que son transportadas hacia el sur. Los nutrientes también presentaron una distribución asociada a la presencia de AESS, sin embargo, modificados localmente en algunas zonas por procesos biogeoquímicos o topográficos, al igual que las concentraciones de oxígeno. En particular, menores concentraciones de nutrientes superficiales fueron observadas en las estaciones más alejadas de la costa, mientras que en la zona costera la distribución de nutrientes refleja el transporte de aguas sub-superficiales con altos niveles de nutrientes hacia la superficie.

Las mayores concentraciones en la zona costera indicarían una mayor velocidad de aporte de nutrientes por advección vertical, que la tasa a la cual pueden ser consumidos por el fitoplancton. Localmente, altos niveles de nutrientes en superficies tales como el nitrato (hasta 20 μmol L⁻¹), fosfatos (1.5-2 μmol L⁻¹) y silicatos (20 μmol L⁻¹) fueron encontrados en estaciones cercanos a la costa y particularmente en bahías semi-cerradas y en el Golfo de Arauco. En estas mismas bahías y en el Golfo de Arauco, niveles subóxicos (0.08 ml L⁻¹) se observaron en profundidades cercanas a los sedimentos.

7.1.2.- Patrones espaciales y variaciones en la comunidad planctónica

La distribución de los distintos componentes de la comunidad planctónica tanto en composición como en biomasa, presentó un patrón de distribución concordante con los procesos de mesoescala, particularmente con el gradiente costa océano descrito en la sección anterior. Destacó, además, la presencia de algunas zonas de mayores concentraciones que se repitieron entre los distintos grupos y que corresponderían a procesos oceanográficos de producción o concentración locales: Golfo de Arauco y sector Isla Mocha Tirúa y, secundariamente, algunos sectores en el extremo norte de la grilla de muestreo. La distribución de Clorofila-a Total superficial, por ejemplo, presentó mayores valores (≥2 mg m⁻³) principalmente en la zona costera con dos focos más altos (ca. 4 mg m⁻

³), uno en el Golfo de Arauco y otro frente a Tirúa - Isla Mocha. La distribución superficial del nanoplancton autótrofo fue heterogénea, con mayores abundancias (680 células mL⁻¹) tanto en la zona costera como oceánica pero con un foco de máximos (>900 cels mL⁻¹) entre el Golfo de Arauco y Tirúa. El nanoplanton heterótrofo también presentó una banda de mayor abundancia (>400 células mL⁻¹) a lo largo de la zona costera (primeras 40 mn) excepto por un foco en la zona norte (36-36,5°S), alrededor de las 40-50 mn.

Los componentes micro- y mesozooplanctónicos, incluído el ictioplancton de especies de importancia comercial, también presentaron patrones de distribución concordantes. El fitoplancton, concentrado mayormente entre las primeras 50 millas náuticas, presentó tres áreas de mayor abundancia: en el extremo norte de la grilla (35°5'S) contigua a la costa frente a Trogualemu, en el Golfo de Arauco (°37 S) y alrededores cubriendo un área de ~600 mn² y, la tercera en los alrededores de la isla Mocha con un área de ~800 mn². El microzooplancton, constituido principalmente por dinoflagelados y ciliados, presentó un patrón de distribución semejante al exhibido por el componente fitoplanctónico en el área de estudio con una asociación a la zona costera, y con focos de mayor abundancia en el Golfo de Arauco y los alrededores de la Isla Mocha. El zooplancton presentó tres agregaciones principales: frente al Río Itata (35°30' S), frente a Tumbes-Golfo de Arauco (37°00' S), y en el sector costero sur de estudio frente a la zona Isla Mocha (39°00 S). Entre los grupos del mesozooplancton, los copépodos presentaron mayores abundancias en la franja más costera, las apendicularias mostraron un núcleo de agregación costero frente a Arauco, y los thaliaceos frente a Tumbes, pero en el área más oceánica. Finalmente, el ictioplancton, algunas de cuyas especies de importancia comercial principales (anchoveta, sardina común, merluza común) se ha señalado tienen un máximo secundario durante este periodo de estudio (Cerna & Oyarzún 1998, Landaeta & Castro 2006), fueron poco abundantes y se presentaron con valores más altos en la zona costera sobre la plataforma continental (< 20 mn de la costa), coincidiendo también sus más altas concentraciones de huevos (i.e. anchoveta y merluza común) en el sector norte frente a cabo Carranza, así como en el Golfo de Arauco.

Otro aspecto relevante en la caracterización de la comunidad planctónica es su composición y relación con observaciones previas para la misma zona de estudio. Destacó, por ejemplo, que una proporción importante de la clorofila-a total (media \pm DS: 76 \pm 21%) haya estado dominada por la fracción nanoplanctónica (>90% del total), tanto en la zona costera como en la oceánica. Esto se evidenció claramente en la similitud de las distribuciones de las concentraciones de Clorofila-a Total y Clorofila-a<20, que, adicionalmente estuvieron correlacionadas significativamente (p<0,05) y en forma positiva con las concentraciones de los macro-nutrientes (r = 0,5 a 0,6). La dominancia de esta fracción nanoplanctónica ya fue observada en cruceros bio-oceanográficos de años anteriores en otros periodos del año (Octubre 2006) lo cual resulta particularmente interesante por cuanto en periodos de surgencia activa normalmente se espera que cadenas de diatomeas de mayor tamaño dominen el sistema. Las causas de esta mayor abundancia de nanoplancton no están enteramente claras, sin embargo, una de las hipótesis más probables seria el posible control que estaría ejerciendo el mesozooplancton sobre el componente fitoplanctónico de mayor tamaño, dadas las mayores biomasas de zooplancton normalmente ocurrentes a fines de verano, inicios de otoño. En este crucero en particular, si bien los copépodos de mayor tamaño no fueron los más abundantes, su aporte a la biomasa zooplanctónica total fué considerable, especialmente organismos como Euphausia mucronata y copépodos grandes (> 6 mm cefalotorax) como Rhincalanus nasutus, que se sabe presentan altas tasas diarias de consumo de fitoplancton (Chandía 2006, González et al. 2007). Apoyarían la proposición de la importancia del mesozooplancton en la zona y periodo de estudio, la altísima contribución de los pellets fecales de eufáusidos y copépodos que en conjunto, representaron sobre el 96% de las fecas totales observadas en la columna de agua en este estudio.

7.2.- Variabilidad temporal en condiciones bio-oceanográficas: serie de tiempo

Las condiciones oceanográficas desarrolladas durante el periodo de duración de este estudio (julio 2007-Julio 2008) mostraron la variabilidad estacional de esta zona de surgencias con una leve disminución de temperaturas superficiales durante el invierno pero un aumento de las mismas en el estrato subsuperficial en el mismo periodo, producto de la

ausencia de aguas Ecuatorials Subsuperficiales sobre la plataforma continental en este periodo. Alternativamente, menores temperaturas y mayores densidades a media agua y estrato profundo se observaron en el periodo primavera-verano debido a la surgencia de AEESS debido a la predominancia de vientos de los cuadrantes sur. El oxígeno disuelto mostró una marcada estacionalidad con una columna de agua bien oxigenada en invierno (agosto) debido a la mayor ocurrencia de eventos con viento norte que provocan mezcla vertical, tendencia que cambiaría durante el periodo primavera-verano y que se manifestó en el ascenso de la oxiclina de 1 mL L⁻¹ a 20 m de profundidad. Los nutrientes también presentaron una tendencia estacional con niveles relativamente más bajos en el período otoño-invernal. En el período del último año (julio 2007 a junio 2008) la biomasa de mesoy macrozooplancton promedio fue de 16. 3 mg C m⁻³ (CV 36%), con valores máximos en invierno del 2007 y medianos en verano del 2008. En términos de ictioplancton, durante el periodo de estudio la abundancia de huevos de las 3 especies de peces objetivo (Engraulis ringens, Strangomera bentinci y Merluccius gayi) más el mote (Normanichthys crockeri) revelaron una marcada estacionalidad en sus épocas de máxima abundancia así como una casi- concordancia en los mismos, centrados todos en los meses entre fines de invierno a inicios de primavera (agosto- octubre).

En una escala temporal mayor (interanual, periodo 2002-2008), si bien las condiciones oceanográficas mostraron el patrón estacional muy marcado año a año, también se presentaron variaciones importantes en las magnitudes mostradas por las distintas características bio-oceanográficas. En particular, las condiciones oceanográficas observadas en la estación de la serie de tiempo sobre la plataforma continental de la VIII Región, evidenciaron que la segunda mitad del 2007 presentó las más bajas temperaturas desde superficie a fondo desde el 2002. La columna de agua completa tuvo una temperatura de alrededor de 1º C más fría que el promedio anual en 6 años. La salinidad superficial, en contraste con la columna completa, fue más alta por 1 unidad PPS, resultando en agua superficial relativamente pesada. Durante la primera mitad del 2008 las condiciones hidrográficas volvieron a la normalidad.

A nivel de la comunidad planctónica también se observaron variaciones interanuales en composición y abundancia de algunos grupos. En términos de zooplancton, por ejemplo, el patrón de mayores biomasas a fines de verano no se habría cumplido en invierno 2007, que es cuando los mayores valores fueron observados durante el actual periodo de estudio. De hecho, dentro el periodo 2004-2008, el año 2007 presentó el mayor promedio de biomasa anual observado con 31. 6 mg C m⁻³, mientras que en el año 2004, 2005 y 2006 se observaron 6.4, 12.9 y 6.6 mg C m⁻³ en promedio, respectivamente. Las especies observadas en el área constituyen componentes comunes del zooplancton de la costa Chilena asociado a condiciones de surgencia (Escribano et al., 2007). Sin embargo, en el 2007 se habrían producidos cambios importantes en la composición y tamaño del zooplancton (menores) en comparación al año 2004, 2005 y 2006 cuando predominaron las especies de mayor tamaño y con una mayor abundancia de eufáusidos (Escribano et al., 2005; Daneri et al., 2006, Farías et al., 2007). A nivel de ictioplancton, la serie de tiempo entre junio 2004 a julio 2008 muestra la regularidad en los periodos de mayor abundancia de huevos de las tres especies objetivo (anchoveta, sardina común y merluza común), sin embargo, también señala una marcada variabilidad en los números de huevos y larvas colectadas entre años, particularmente evidente en las muy altas abundancias de huevos de anchoveta observadas en septiembre del 2006. Si es que las variaciones en abundancia del ictioplancton dicen relación con las variaciones bio-oceanográficas presentadas en la región durante el invierno y primavera del 2007 como resultado del desarrollo de las fase tipo El Niño/La Niña en la zona, es difícil de determinar, debido a que las abundancias y periodos de mayor abundancia de ictioplancton son el resultado del efecto combinado de factores como el del ambiente sobre los periodos reproductivos de los adultos, el efecto de las pesquerías sobre los peces adultos, así como de procesos oceanográficos operantes durante los periodos de presencia del ictioplancton en la columna de agua y que pueden conllevar a advección fuera de la zona de óptima de crecimiento o a cambios en sus tasas de sobrevivencia estacional vía efectos subletales (i.e. elongación del periodo larval debido a menores temperaturas o a cambios en oferta alimenticia, con el consecuente aumento de mortalidad acumulada durante este periodo). La información recopilada a la fecha en cuanto a las variaciones de abundancia de ictioplancton de peces de importancia comercial, sin embargo, sí parecen reflejar las tendencias históricas de los periodos estacionales de desove de estas especies (Mujica & Rojas 1980, Balbontín & Fischer 1981). Según las observaciones de condiciones bio-oceanográficas en la serie de tiempo completa, estos periodos reproductivos coincidirían con la finalización del periodo invernal cuando aun se observa un trasporte de ekman hacia la costa, pero también cuando las menores concentraciones de alimento larval producto de las bajas estacionales de Producción Primaria ocurrirían en la zona (< 1.8 g C m⁻² d⁻¹, este estudio). Sin embargo, tanto la presencia de procesos de mesoescala capaces de acumular partículas así como las concentraciones de item alimenticios de bajo tamaño parecen sostener una oferta alimenticia suficiente para asegurar una adecuada dieta para las larvas que inician su alimentación (Castro et al. 2000, Hernández & Castro 2000, Castro 2001), lo cual estaría siendo reflejado en las altas incidencias alimenticias observadas en larvas de estas especies durante el periodo invernal 2007 en la zona (Yañez 2007).

8.- CONCLUSIONES.

- 1.- La distribución de temperatura, salinidad y oxígeno durante el crucero estacional llevado cabo en marzo 2008 a lo largo de la costa de la VIII y IX regiones, reflejó el efecto de la surgencia de Aguas Ecuatoriales Subsuperficiales (AESS), pobres en oxígeno y ricas en nutrientes en toda la región de estudio, particularmente cerca de la costa, siendo los valores observados durante el crucero de Marzo 2008, típicos de la época en la región durante condiciones de surgencia.
- 2.- Durante el crucero se presentaron estructuras de mesoescala tales como un gradiente térmico paralelo a la costa con valores cercanos a ~14°C en la costa y ~17°C en la zona oceánica; una pluma de agua fría extendiéndose desde Punta Lavapié (37°10'S) hacia el norte; proyecciones tipo filamentos y meandros hacia el océano observables a partir de imágenes satelitales de temperatura superficial del mar y color (SeaWifs).

- 3.- Los mayores valores de oxígeno superficial y menores concentraciones de nutrientes fueron observados en las estaciones alejadas de la costa. Los bajos niveles de oxígeno y mayores concentraciones de nutrientes en la costa estuvieron asociados a AESS. Niveles subóxicos se observaron en Bahía Concepción y Golfo de Arauco y en profundidades cercanas a los sedimentos.
- 4.- La Clorofila-a Total superficial presentó mayores valores (≥2 mg m⁻³) en la zona costera con dos focos más altos (ca. 4 mg m⁻³) en el Golfo de Arauco y frente a Tirúa Isla Mocha. Una proporción importante de la clorofila-a total (76%) estuvo dominada por la fracción nanoplanctónica.
- 5.- El fitoplancton presentó mayores concentraciones en las primeras 50 mn de la costa. Se observó tres áreas de mayor abundancia: el extremo norte de la grilla (35°5'S), el Golfo de Arauco (°37 S) y alrededores, y en la cercanía de Isla Mocha, donde tuvo una mayor extensión (~800 mn²). Los géneros más importantes de céntricas, fueron *Leptocylindrus*, *Skeletonema*, *Thalasssiosira* y *Chaetoceros*.
- 6.- El microzooplancton, constituido principalmente por dinoflagelados y ciliados, fue más abundante en la zona costera, con focos de mayor abundancia en el Golfo de Arauco y los alrededores de la Isla Mocha. Las larvas nauplii presentaron una distribución variable horizontalmente, sin presentar una clara asociación a una zona en particular.
- 7.- La biomasa del mesozooplancton mostró también las tres zonas de agregación principales: frente al Río Itata (35°30' S), frente a Tumbes-Golfo de Arauco (37°00' S), y en el sector costero sur de estudio (39°00 S). La biomasa en los primero 200 m de profundidad se distribuyó mayormente en la capa de 0-50 m.
- 8.- El grupo dominante de mesozooplancton fue Copepoda, seguido por Apendicularia. Las especies dominantes de copépodos fueron de pequeño tamaño (<1.5 mm): *Oithona* spp., *Paracalanus cf. indicuass* y *Ctenocalanus vanus*. Sin embargo, los copépodos *Metridia lucens*, *Rhyncalanus nasutus* y el eufáusido *Euphausia mucronata*, de tamaños corporales

mayores, contribuyeron mucho a la biomasa zooplanctónica. En general, las especies observadas constituyen componentes comunes del zooplancton de la costa Chilena, asociado a condiciones de surgencia, pero hubo cambios importantes en composición en comparación al 2004, 2005 y 2006, cuando predominaron las especies de mayor tamaño y con una mayor abundancia de eufáusidos.

9.- La biomasa de pellet fecales del zooplancton presentó mayores concentraciones en las estaciones ubicadas dentro de las 50 mn desde la costa. Los pellets fecales de eufáusidos constituyeron el grupo mas importante (~ 80% del material fecal total).

10.- Del ictioplancton, la especie más abundante en el estrato 0-200 m en el estado huevos fue la anchoveta Engraulis ringens (promedio estaciones positivas: 146 h/100m³). Los huevos de la agujilla Scomberesox saurus fueron los más frecuentes. Las larvas más abundantes fueron Hygophum brunni y Symbolophorus sp. y la más frecuente Hygophum brunni seguida de Protomyctophum chilensis. Huevos de anchoveta ocurrieron solo en tres estaciones de la VIII Región y en concentraciones medianas (rango: 2 – 203 h/100m³). Huevos de sardina común, ocurrieron solo en una estación en la VIII Región. Huevos de merluza común ocurrieron en ambas regiones (3 y 4 estaciones en las regiones VIII y IX, respectivamente) y en concentraciones medianas-bajas (rango: 1 – 47 h 100m³). Las estaciones positivas de las tres especies estuvieron ubicadas principalmente en la zona costera sobre la plataforma continental. Las más altas concentraciones de huevos de anchoveta y merluza común ocurrieron en el sector norte frente a cabo Carranza, y en el Golfo de Arauco. En la zona sur, por problemas con la embarcación, el muestreó de la zona costera entre Corral e Isla Mocha (zona de alta abundancia de huevos y larvas de anchoveta y sardina común en invierno, Castro et al 1996, Cubillos et al. 2004) fue reducido por lo la abundacia en esa zona podría estar subestimada.

Serie de tiempo

1.- Las condiciones oceanográficas observadas en la estación 18 de la serie de tiempo sobre la plataforma continental de la VIII Región, evidenciaron que la segunda mitad del 2007

presentó las más bajas temperaturas desde superficie a fondo desde el 2002. La columna de agua completa tuvo una temperatura de alrededor de 1º C más fría que el promedio anual en 6 años. La salinidad superficial, en contraste con la columna completa, fue más alta por 1 unidad PPS, resultando en agua superficial relativamente pesada. Durante la primera mitad del 2008 las condiciones hidrográficas volvieron a la normalidad.

- 2.- El oxígeno disuelto y nutrientes mostraron una marcada estacionalidad con una columna de agua bien oxigenada en invierno (agosto) y un empobrecimiento en primavera-verano, así como una disminución e nutrientes en otoño-invierno y un aumento en primavera-verano, debido a eventos de surgencia costera que llevan AESS a la superficie.
- 3.- Los principales componentes de microzooplancton fueron los dinoflagelados y ciliados loricados. Los principales componentes de los dinoflagelados fueron *Protoperidinium*, *Dinophysis*, *Diplopsalis*, *Gonyaulax*, *Prorocentrum*, y *Ceratium*.
- 4.- En el período julio 2007 a junio 2008, la biomasa de meso- y macrozooplancton mostró un máximo en julio del 2007 y valores mínimos en septiembre de 2007. Para el periodo 2004-2008, se observaron bajas en biomasa (<2 mg C m⁻³) en los inviernos e incrementos hacia finales de verano de cada año debido a la presencia de eufáusidos y de copépodos de mayor tamaño. El año 2007 presentó el mayor promedio anual de biomasa observado en esos 4 años.
- 5.- La abundancia de huevos *Engraulis ringens*, *Strangomera bentinci* y *Merluccius gayi* reveló una marcada estacionalidad en sus épocas de máxima abundancia así como una casiconcordancia en las mismas, centradas todas en los meses entre fines de invierno a inicios de primavera (agosto-octubre). Se observó también una marcada variabilidad en los números de huevos y larvas colectadas entre años.
- 6.- Los valores integrados de Producción Primaria (PP) y Respiración Comunitaria (RC) mostraron una marcada estacionalidad. Para cada año, desde octubre hasta abril siempre se presentan los mayores valores de PP (1.8 25.8 g C m⁻² d⁻¹); mientras que entre mayo y

septiembre, se concentraron los valore bajos (< 1.8 g C m⁻² d⁻¹). La RC generalmente se igualó o fue menor que la PP, reflejando en la mayoría de los experimentos un balance PP/RC > 1, sugiriendo un importante grado de acoplamiento ($r^2 = 0.72$) entre la formación y uso de materia orgánica dentro del ecosistema de surgencia de Concepción.

7.- El flujo total de carbono biogénico alcanzó un promedio de 104,4 mgC m⁻² d⁻¹ y osciló entre los 1,3 (marzo 2008) y 229,1 (enero 2008) mgC m⁻² d⁻¹. Este flujo estuvo dominado principalmente por material fecal (>90%), fitoplancton y microzooplancton.

8.- En una apreciación más global se concluye que las condiciones bio-oceanográficas de las regiones VIII y IX se manifestaron más frías durante el periodo primavera 2007, para luego desde fines del verano 2008 presentarse de manera normal, no mostrando anomalías considerables de acuerdo a las observaciones de los años previos desde el 2004 en adelante.

9.- REFERENCIAS

- Ahumada, R. (1989). Producción y destino de la biomasa fitoplanctónica en un sistema de bahías en Chile central: una hipótesis. *Biología Pesquera* 18: 53-66.
- Alvarez-Salgado, X.A., Aristegui, J., Barton, E.D & Hansell, D.A.2007.
 Contribution of upwelling filaments to offshore carbón export in the subtropical Northeast Atlantic Ocean. Limnology and Oceanography 52, 1287-1292
- Arcos, D.F. & N. Navarro. 1986. Analyses of an upwelling index for Talcahuano, Chile (Lat. 37oS). Inv. Pesq. (Chile). 3391-98
- Arcos, D. F, S. Núñez, A. Acuña (1996) Variabilidad de pequeña escala en la zona nerítica del sistema de surgencia de Talcahuano (Chile central): identificación y dinámica de áreas de retención larval. *Gayana Oceanológica* 4(1), 21-58
- Balbontín F. & W. Fischer 1981. Ciclo sexual y fecundidad de la merluza *Merluccius gayi gayi*, en la costa de Chile y factores ambientales asociados. Rev. Biol. Mar. y Oceanografía 32(1): 45-66.
- Brandhorst, W. (1971). Condiciones oceanográficas estivales frente a la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar. Valparaíso* <u>14(3)</u>: 45-84.
- Cáceres. M & D.F. Arcos (1991). Variabilidad en la estructura espacio-temporal de un área de surgencia frente a la costa de Concepción, Chile. *Invest. Pesq.* 36: 27-38.
- Castro, LR. 2001. Environmental conditions and larval survival during the winter spawning season of the southernmost anchoveta stock off Chile. GLOBEC Newsletter. Vol 7 (2): 15-17.
- Castro L., A. Llanos, J.L. Blanco, E. Tarifeño, R. Escribano & M. Landaeta (2002).
 Latitudinal variations in spawning habitat characteristics: influence on the early life history traits of the anchoveta, *Engraulis ringens*, off northern and central Chile. *GLOBEC Report* Nro. 16: 42-45
- Castro, L. R., G.R. Salinas & E.H. Hernandez. 2000 Environmental influences on winter spawning of the anchoveta, *Engraulis rigens*, off Central Chile. Marine Ecology Progress Series. 197: 247-258
- Cerna JF, Oyarzún C (1998) Talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial de la merluza común (*Merluccius gayi*, Guichenot 1848) del área de la pesquería industrial de la zona de Talcahuano, Chile. Invest Mar, Valparaíso 26:31-40.
- Chandía, C. 2006. Variación estacional de la migración vertical ontogénica de Euphausia mucronata (Sars, 1983) sobre la plataforma continental frente a la costa ed Concepción. Seminario Título para optar a Biólogo Marino. Universidad de Concepción. 63 pp.
- Daneri G, V. Dellarossa, R. Quiñones, B. Jacob, R. Montero, O. Ulloa (2000).

- Primary production and community respiration in the Humboldt Current System off Chile and associated oceanic areas. *Marine Ecology Progress Series* 197: 41-49.
- Daneri, et al. 2006. Informe Final proyecto FIP 2005-1. Monitoreo bioceanografico de la VIII región. Fondo de Investigación Pesquera.
- Dugdale, R. C. and F. P. Wilkerson. 1986. "The use of ¹⁵N to measure nitrogen uptake in eutrophic oceans, experimental considerations". Limnology and Oceanography, 31(4): 673-689.
- Edler, L. (1979). Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea *phytoplankton* and *chlorophyll. Baltic Marine Biology Publications* <u>5</u>: 1-38.
- Escribano *et al.*, 2005. Informe Final. Proyecto FIP 2004-20. Monitoreo bioceanografico de la VIII Región. Fondo de Investigación Pesquera.
- Escribano, R. P. Hidalgo, H Gonzalez, R Giesecke, R Riquelme-Bugueño & K Manriquez. 2007. Seasonal and interanual variation of mesozooplankton in the coastal upwelling zone of centra-southern Chile. Progrss in Oceanography 7: 470-485.
- Farias, L. & M Cornejo. 2007. Effect of seasonal changes in bottom water oxygenation on sediment N oxides and N2O cycling in the coastal upwelling regime off central Chile (36.5 oS). Progress in Oceanography 75: 561-575
- Farias, L., et al. 2007. Informe Final Proyecto Fip 2006-12. Monitoreo bioceanografico de la VIII región, año 2006. Fondo de Investigación Pesquera.
- Faúndez, P. B, C. E. Morales, D. Arcos (2001). Variabilidad espacial y temporal en la hidrografía invernal del sistema de bahías frente a la VIII región (Chile centro-sur). *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 817-831.
- González H.E., Menschel, C. Aparicio & C. Barria. 2007. Spatial and temporal variability of the microplankton and detritus and their export to the shelf-sediments, in the upwelling area off Concepcion, Chile (36'S), during 2002-2005. Progress in Oceanography 75: 435-451.
- González H E, R Giesecke, C A Vargas, M Pavez, J Iriarte, P Santibáñez, L Castro, R Escribano and F Pagès 2004. Carbon cycling through the pelagic food web in the northern Humboldt Current off Chile (23°S). ICES Journal of Marine Science. Vol. 61: 572-581.
- Grasshoff, K., M. Ehrhardt, M. & K. Kremling (1983). Determination of nutrients. In: *Methods of Seawater Analysis*. p. 143.
- Hernandez, E. H. & L.R. Castro. 2000. Larval growth of the anchoveta, *Engraulis ringens*, during the winter spawning season off central Chile. Fishery Bulletin US. 98(4):704-710

- Hidalgo, & R. Escribano. 2007. Coupling of life cycles of the copepods *Calanus chilensis* and *Centropages brachiatus* to upwelling variability in the Central-south upwelling region off Chile. Progress in Oceanography 75: 501-517
- Hormazabal, S., G. Shaffer &O. Leth (2004). The Coastal Transition Zone off Chile. /Journal of Geophysical Research/, 109, C01021,doi:10.1029/2003JC001956.
- Kana, T. & O. M. Glibert (1987). Effect of irradiances up to 2000 μEm2s-1 on marine *Synechococcus* WH 7803-I. growth, pigmentation and cell composition. *Deep-Sea Research* 34, 479-516.
- Knap A. H., A.F. Michaels, R. Dow, R. Johnson, K. Gundersen, J. Sorensen, A. Clos, F. Howse, M. Hammer, N. Bates, A. Doyle & T. Waterhouse (1993). U.S. Joint Global Flux Study, Bermuda Atlantic Time- Series Study. *Bats Method Manual*, Version 3, 108 pp.
- Landaeta MF, Castro LR. 2006. Spawning and larval survival of the Chilean hake *Merluccius gayi* under later summer conditions in the Gulf of Arauco, central Chile. Fish Res 77:115-121.
- Lee, S., J. Fuhrman (1987). Relationship between biovolume and biomass of naturally-derived marine bacterioplankton. *Applied Environmental Microbiology* <u>53</u>, 1298-1303.
- Lutjeharms. J.R.E., Shillington, F.A., Duncmbe-Rae, C.M., 1991. Observation of extreme upwelling filaments in the southeast Atlantic Ocean. Scince, 253, 774-776.
- Mann, K.H. & R.N. Lazier (1991). Dynamics of the marine ecosystems: biological-physical interactions in the oceans. *Blackwell Scientific Publication*, 464 pgs.
- Margalef, R. (1978). What is an upwelling ecosystem? In: Upwelling ecosystems. Boje, R. & M. Tomczak (Eds.). *Springer-verlag*.
- Morales, C.E., González, H.E., Hormazabal, S.E., Yuras, G., Letelier, J., Castro, L.R., 2007. The distribution of chlorophyll-a and dominant planktonic components in the coastal transition zone off Concepción, central Chile, during different oceanographic conditions. *Progress in Oceanography*. http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2007.08.026
- Mujica, A. & O. Rojas 1980. Estudio de la reproducción, fecundidad y desove de la sardina común (*Clupea strangomera bentincki*) y la anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona de Talcahuano. En: Programa Perspectivas de desarrollo de las pesquerías nacionales. Subprograma Dinámica Poblacional de Sardina y Anchoveta, Zona de Talcahuano. Informe Técnico IFOP AP 80-3. CORFO.
- Parada, C., M. Sobarzo, D. Figueroa & L. Castro 2001. Caracterización del viento y de eventos de surgencia y su relación con la circulación local del Golfo de Arauco en un periodo de transición estacional: verano-otoño: un nuevo enfoque. Investigaciones Marinas 29(1): 11-23.

- Parsons, T. R., Y. Maita, C. M. Lalli (1984). A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. *Pergamon Press*, New York, 173 p.
- Peterson, W.T., D.F. Arcos, G. B. Mcmanus, H. Dam, D. Bellantoni, T. Johnson & P. Tiselius (1988). The nearshore zone during coastal upwelling: daily variability and coupling between primary and secondary production of central Chile. *Progress in Oceanography* 20:1-40.
- Pizarro, O. (1999). Low frequency fluctuations in the eastern boundary current off South America: remote and local forcing. Ph. D. Thesis. Earth Sciences Centre, Goteborg University. Suecia.
- Slawyk G., & Raimbault P. 1995. Simple procedure for the simultaneous recovery of disolved inorganic and organic nitrogen in ¹⁵N-tracer experiments and improving the isotopic mass balance. Marine Ecology Progress Series, 124: 289-299.
- Silva, .N. (1983): Masa de agua y circulación en la región norte de Chile (latitud 18° s-32°s). *Ciencia y Tecnología del Mar*, *CONA*, 7: 47-84.
- Sobarzo, M., 1998. Surgencia costera sobre una plataforma continental limitada por cañones submarinos, Cponcepción, Chile central. Tesis para el grado de Doctor en Oceanografía, Universidad de Concepcion.
- Strickland J. D. H. & T. R. Parsons (1968). A practical handbook of seawater analysis. Pigment analysis, Bull. Fish. Res. Bd. Canadá, 167.
- Strub, P., J. Mesías, V. Montecino & J. Rutlland (1998). Coastal ocean circulation off western South America. In: A. Robinson & K. Brink (eds.) The Sea, Vol.2. The Global coastal ocean. First Workshop on Coastal Ocean Advanced Science and Technology Studies (COASTS) IOC, Liege. John Wiley & Sons, Inc.
- Utermöhl, H. (1958). Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 9: 1-39.
- Williams, PJ LE B & Jenkinson (1982). A transportable microprocessor controlled precise Winkler titration suitable for field station and shipboard use. *Limnology and Oceanograhy* 7, 576-584.
- Yannicelli, B., LR Castro, W Schneider, M Sobarzo. 2006. Crustacean larvae distribution in the coastal upwelling zone off Central Chile. Marine Ecology Progress Series. 319: 175-189
- Yañez, A. 2007. Cambios ontogenéticos en la alimentación de larvas de anchoveta *Engraulis ringens* (Jennyns, 1842) durante le comienzo del periodo de desove invernal en la costa de la VIII Región. Seminario de Título de Biólogo Marino. Universidad de Concepción. 44 pp.

ANEXO 1.- PERSONAL PARTICIPANTE

Tabla 22.- Composición del equipo profesional y técnico y sus responsabilidades. Los investigadores principales estuvieron involucrados directamente en todas las actividades del proyecto, incluidas la elaboración de la propuesta metodológica, Planificación de crucero, Planificación de análisis de distintas variables, y en la elaboración informe final.

Nombre	Institución	Responsabilidad
Leonardo Castro; Ph.D.	Universidad de	Jefe de proyecto, coordinación general, Elaboración propuesta
	Concepción	metodológica, Planificación de crucero. Jefe Crucero estacional.
		Planificación de análisis Ictioplancton. Elaboración informe final.
Laura Farías, Dr.	Universidad de	Elaboración propuesta metodológica, Planificación de crucero
	Concepción	Planificación de análisis nutrientes, producción nueva y
		regenerada, oxígeno disuelto. Elaboración informe final.
Oscar Pizarro, Dr.	Universidad de	Elaboración propuesta metodológica, Planificación de crucero
	Concepción	Planificación de análisis Oceanografía Física, data satelital, data
		meteorológica. Elaboración informe final.
Rubén Escribano, Ph.D.	Universidad de	Elaboración propuesta metodológica, Planificación de crucero
	Concepción	Planificación de análisis Meso- y macro-zooplancton. Elaboración
		informe final.
Giovanni Daneri, Ph.D.	Universidad del	Elaboración propuesta metodológica, Planificación de crucero
	Mar	Planificación de análisis Producción primaria. Elaboración informe
		final.
Humberto González, Dr	Universidad	Elaboración propuesta metodológica, Planificación de crucero
Rer Nat.	Austral de Chile	Planificación de análisis Flujos verticales, microplancton.
		Elaboración informe final. Elaboración informe final.
Carmen Morales; Ph.D.	Universidad de	Elaboración propuesta metodológica, Planificación de crucero
	Concepción	Planificación de análisis Nano- y pico-plancton, y clorofila-a in
		situ. Elaboración informe final.
Marcelo Fuentes; Biol.Mar	Universidad de	Bases de datos, boletines
	Concepción	
Maria Inés Muñoz L.; Biol.	Universidad de	Crucero estacional, muestreo zoo-ictioplancton
Mar.	Concepción	•
Valeria Anabalón; Biol.	Universidad de	Crucero estacional, DOC, POC
Mar.	Concepción	
Larata Tamahlanası	Universidad de	Consequence of the content of the co
Loreto Torreblanca;	Concepción	Crucero estacional , Picoplancton, Nanoplancton, Fitoplancton
Dalah Canadaa Dial Man	Universidad de	Crucero estacional , Clorofila fraccionada
Pablo González; Biol. Mar.	Concepción	
Cesar Hormazábal F.;	Universidad de	Crucero estacional, Encargado CTD-Roseta
Oceanógrafo	Concepción	
Eduardo Menschel A.;	Universidad	Constructional Fitzulandam DOC Minness allowers
Biol. Mar.	Austral de Chile	Crucero estacional, Fitoplancton, POC, Microzooplancton
María José Calderón N.;	Universidad	C
Biol. Mar.	Austral de Chile	Crucero estacional, Fitoplancton, Microzooplancton, POC
0144 77 - 1214	Universidad de	Crucero estacional, muestreo zoo-ictioplancton
Odette Vergara; Biol. Mar.	Concepción	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
T	Universidad del	a linear many
Lorena Lizárraga;	Mar	Crucero estacional, DOC, Curvas PI con oxígeno, Bacterias
Ramiro Riquelme; Biol.	Universidad de	
Mar.	Concepción	Crucero estacional, muestreo zoo-ictioplancton, apoyo roseta
Juan Faúndez A.; Biol.	Universidad de	Crucero estacional, Oxígeno/gases, Nutrientes, Isotopos naturales,
Mar.	Concepción	COP, NOP
	Universidad de	,
César Neira	Concepción	Crucero estacional, Nutrientes, Isotopos naturales, COP y NOP
	Concepcion	

ANEXO 2.- PUBLICACIONES

Seasonal variability of coastal upwelling and the upwelling front off central Chile

Jaime Letelier^{1,2}, Oscar Pizarro³, and Sergio Nuñez⁴

¹Programa de Postgrado en Oceanografía

Universidad de Concepción, Chile

²Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile

³Departamento de Geofísica &
Center for Oceanic Research in the eastern South Pacific (COPAS)
Universidad de Concepción, Chile

⁴Instituto de Investigaciones Pesqueras Chile

Corresponding author address: Jaime Letelier, Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) Avenida Blanco 839, Valparaiso, CHILE

Tel: (+56 32) 2322000; fax: (+56 32) 2322345; *E-mail*: jletelier@udec.cl

Submitted to Journal of Geophysical Research, October 2007

Abstract

We analyze eight years (1998-2005) of weekly medium-resolution SST and Chl-a satellite data and

three years (1998-2000) of daily high-resolution SST images to study the seasonal variability in

upwelling off central Chile. Temperature, salinity, and dissolved oxygen data from an oceanographic

cruise are used to illustrate the water column structure and the geostrophic velocity field during the

upwelling season. The mean spatial extension of the SST front in summer is about 100 to 120 km.

Across this zone SST changes from ~13.5 °C near the coast to 14.5-15 °C in the deep ocean. In

general, Chl-a concentration decays exponentially offshore on a shorter offshore scale and ~1 mg m⁻³

is linked to the frontal zone position. The SST front observed most of the year is absent in winter,

when the average coastal SST is only slightly lower than the oceanic one; but relatively higher Chl-a

values remain present near the coast during winter. Coastal regions with relatively higher

temperatures and Chl-a concentration can be recognized in high-resolution SST and Chl-a images,

and they may be associated with upwelling shadows. This is particularly apparent in the Gulf of

Arauco (37°10'S) and the region just to the north. Northwest of Punta Lavapie (37°15' S), the frontal

region is located progressively farther offshore, suggesting that a branch of an equatorward jet

separates from the coast to form a meander, which is associated with a filament of cold water and an

anticyclonic eddy observed rather frequently in this zone during the upwelling period.

Keywords: Upwelling; SST; fronts; seasonal variability; Chile

112

----- Forwarded message ----- From: <jgr-oceans@agu.org> Date: 2008/10/27 Subject: 2008JC005171 Receipt of New Manuscript

To: jaime.letelier@ifop.cl Cc: jaime.letelier@gmail.com

Dear Dr. Letelier:

On October 27, 2008, we received your manuscript entitled "Seasonal variability of coastal upwelling and the upwelling front off central Chile" by authors Jaime Letelier, Oscar Pizarro, and Sergio Nuñez.

Your manuscript has been assigned the Paper #: 2008JC005171. You may check on the status of this manuscript at any time by selecting the "Check Manuscript Status" link under the following URL:

http://jgr-oceans-submit.agu.org/

Please review the Important Links to JGR Information attached below.

Thank you for submitting your best work to Journal of Geophysical Research - Oceans.

Sincerely,

Journal of Geophysical Research - Oceans Editorial Board

ANEXO 3.- CERTIFICADO CALIBRACION CTD

1808 136th Place N.E., Bellevue, Washington, 98005 USA Phone: (425) 643 - 9866 Fax (425) 643 - 9954 Email: seabird@seabird.com

SENSOR SERIAL NUMBER: 4764 CALIBRATION DATE: 05-Feb-05

SBE19plus TEMPERATURE CALIBRATION DATA ITS-90 TEMPERATURE SCALE

ITS-90 COEFFICIENTS

a0 = 1.252713e-003

al = 2.582486e-004

a2 = 4.407102e-007 a3 = 1.305107e-007

BATH TEMP (ITS-90)	INSTRUMENT OUTPUT(n)	INST TEMP (ITS-90)	RESIDUAL (ITS-90)
1.0000	649809.127	1.0001	0.0001
4.5000	578312.888	4.4998	-0.0002
15,0000	399695.058	15.0000	0.0001
18.4999	351459.973	18.5001	0.0002
24.0000	285799.177	23.9998	-0.0002
29.0000	235675.473	28.9999	-0.0001
32.5001	205343.156	32.5001	0.0001

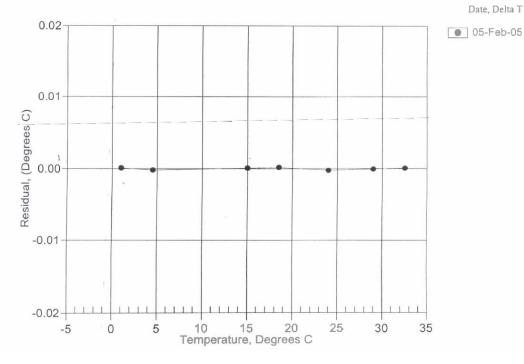
MV = (n - 524288) / 1.6e+007

R = (MV * 2.900e+009 + 1.024e+008) / (2.048e+004 - MV * 2.0e+005)

Temperature ITS-90 = $1/(a0 + a1[ln(R)] + a2[ln^2(R)] + a3[ln^3(R)] - 273.15$ (°C)

Residual = instrument temperature - bath temperature

Date, Delta T (m



Probe Output Current:

 Probe Illuminated
 32.5
 nA

 Probe Dark
 0.0
 nA

 Probe Net Response
 32.5
 nA

Corrected Lamp Output:

Output In Air (same condition as calibration):

9.20E+15 quanta/cm²sec

Output Corrected for Immersion in Water:

1.55E+16 quanta/cm²sec

Calibration Factors:

(To calculate irradiance multiply these numbers by the net current reading in nanoAmpere

Dry: <u>2.83E+14</u> (quanta/cm²sec)/nA Wet: <u>4.77E+14</u> (quanta/cm²sec)/nA

Notes:

- 1. Annual calibration is recommended.
- Calibration is performed using a Standard of Spectral Irradiance traceable to the National institute of Standards and Technology (NIST).
- 3. The collector should be cleaned frequently with alcohol.
- 4. Calibration was performed with customer cable, when available.

QSP200R 'QSP-200PD' 12/4/94

1808 136th Place N.E., Bellevue, Washington, 98005 USA Phone: (425) 643 - 9866 Fax (425) 643 - 9954 Email: seabird@seabird.com

SENSOR SERIAL NUMBER: 0742 CALIBRATION DATE: 11-Feb-05p SBE 43 OXYGEN CALIBRATION DATA

COEFFICIENTS

Soc = 0.3867

Boc = 0.0000

Voffset = -0.4703

TCor	=	-0.0005
PCor	=	1.350e-04

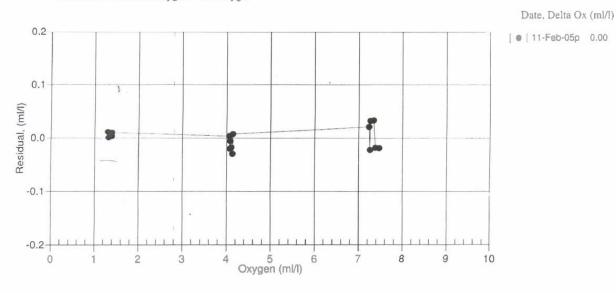
BATH OX (ml/l)	BATH TEMP ITS-90	BATH SAL PSU	INSTRUMENT OUTPUT(VOLTS)	INSTRUMENT OXYGEN(ml/l)	RESIDUAL (ml/l)
1.30	12.00	0.01	0.924	1.31	0.01
1.31	6.00 .	0.00	0.865	1.32	0.01
1.32	20.00	0.01	1.013	1.32	0.00
1.34	2.00	0.00	0.830	1.34	0.00
1.39	26.00	0.01	1.114	1.39	0.00
1.39	30.00	0.01	1.167	1.40	0.01
4.06	12.00	0.01	1.873	4.06	0.00
4.07	20.00	0.01	2.136	4.05	-0.02
4.08	6.00	0.00	1.685	4.07	-0.01
4.10	26.00	0.01	2.359	4.08	-0.02
4.13	2.00,	0.00	1.569	4.10	-0.03
4.14	30.00	0.01	2.534	4.15	0.01
7.23	30.00	0.01	4.078	7.25	0.02
7.26	20.00	0.01	3.446	7.24	-0.02
7.26	12.00	0.01	2.990	7.30	0.03
7.34	6.00	0.00	2.667	7.37	0.03
7,38	26.00	0.01	3.876	7.36	-0.02
7.47	2.00	0.00	2 465	7 45	-0.02

 $oxygen \ (ml/l) = (Soc * (V + Voffset)) * exp(Tcor * T) * Oxsat(T,S) * exp(Pcor * P)$

V = voltage output from SBE43, T = temperature [deg C], S = salinity [PSU]

Oxsat(T,S) = oxygen saturation [ml/l], P = pressure [dbar]

Residual = instrument oxygen - bath oxygen





Sea-Bird Electronics, Inc.

1808 136th Place NE, Bellevue, Washington 98005 USA Website: http://www.seabird.com

FAX: (425) 643-9954

Tel: (425) 643-9866 Email: seabird@seabird.com

SBE 5T SUBMERSIBLE PUMP CONFIGURATION SHEET

Serial Number:	4045		
Job Number:	38183		
Customer:	U CONCEPCION		
Delivery Date:	2/21/2005		
Single	Connector Housing with Titanium screws		
Pressu	re Case: 10,500 meters (titanium)		
Pittman Motor Typ	e:		
P/N 3711B113, 18	.02 ohms nominal (Low power applications u	p to 2000 RPM MAX	()
	WER, low voltage input (jump P5 to P7) ssy/3711B113 motor)		
	WER, standard voltage input (jump P5 to P6) ssy/3711B113 motor)		
P/N 3711B112, 7.	40 ohms nominal (High power applications u	p to 4500 RPM MAX) <u>~</u>
	OWER, low voltage input (jump P5 to P7) sy/3711B112 motor)		
	OWER, standard voltage input (jump P5 to P6) ssy/3711B112 motor)	$ \mathbf{Z} $	
Speed Adjust Range	:: Min:942 RPM Max:	4500 RPM	(@ 12 Vin/300mA load)
Final Speed Setting:	2000 RPM (TP1 =	66.7 Hz)	

1808 136th Place N.E., Bellevue, Washington, 98005 USA Phone: (425) 643 - 9866 Fax (425) 643 - 9954 Email: seabird@seabird.com

SENSOR SERIAL NUMBER: 4764 CALIBRATION DATE: 03-Feb-05 SBE19plus PRESSURE CALIBRATION DATA 5076 psia S/N 6266

COEFFICIENTS:

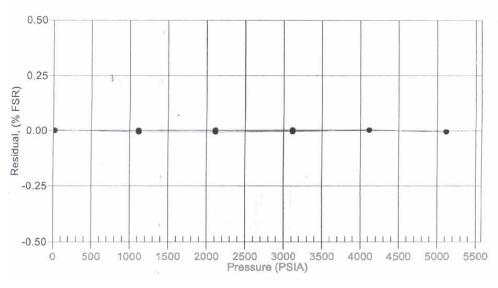
PAO =	1.198515e+000	PTCA0	=	5.232551e+005
PA1 =	1.556365e ¹ 002	PTCA1	=	3.761692e+000
PA2 =	-6.413584e-010	PTCA2	=	-1.774645e-002
PTEMPA0	= -6.634402e+001	PTCB0	=	2.483488e+001
PTEMPA1	= 5.169596e+001	PTCB1	=	-1.225000e-003
PTEMPA2	= -4.786305e-001	PTCB2	=	0.000000e+000

PRESSURI PRESSURI PSIA	E SPAN CAL E INST T OUTPUT	IBRATION HERMISTOR OUTPUT	COMPUTED PRESSURE	ERROR %FSR		AL CORRECT THERMISTOR OUTPUT	
14.76	524205.0	1.7	14.87	0.00	32.50	1.95	524240.56
1114.95	595007.0	1.7	1114.67	-0.01	29.00	1.88	524235.76
2115.01	659750.0	1.7	2114.72	-0.01	24.00	1.78	524224.69
3115.15	724858.0	1.7	3114.99	-0.00	18.50	1.67	524203.76
4115.20	790331.0	1.7	4115.38	0.00	15.00	1.60.	524188.75
5115.27	856119.0	1.7	5115.04	-0.00	4.50	1.39	524154.66
4115.16	790330.0	1.7	4115.37	0.00	1.00	1.32	524146.07
3115.11	724877.0	1.7	3115.29	0.00			
2115.00	659776.0	1.7	2115.13	0.00	TEMP(IT	S90) SP	AN(mV)
1114.93	595029.0	1.7	1115,01	0.00	-5.0	0 2	4.84
14.75	524201.0	1.7	14.79	0.00	35.0	0 2	4.79

```
y = thermistor output; t = PTEMPA0 + PTEMPA1 * y + PTEMPA2 * y^2
x = pressure output - PTCA0 - PTCA1 * t - PTCA2 * t^2
n = x * PTCB0 / (PTCB0 + PTCB1 * t + PTCB2 * t^2
pressure (psia) = PA0 + PA1 * n + PA2 * n^2
```

Date, Avg Delta P %FS

• 03-Feb-05 0.00



1808 136th Place N.E., Bellevue, Washington, 98005 USA

Phone: (425) 643 - 9866 Fax (425) 643 - 9954 Email: seabird@seabird.com

SENSOR SERIAL NUMBER: 4764 CALIBRATION DATE: 05-Feb-05 SBE19plus CONDUCTIVITY CALIBRATION DATA PSS 1978: C(35,15,0) = 4.2914 Siemens/meter

COEFFICIENTS:

j = 6.305144e-005

BATH TEMP (ITS-90)	BATH SAL (PSU)	BATH COND (Siemens/m)	INST FREO (Hz)	INST COND (Siemens/m)	RESIDUAL (Siemens/m)
22.0000	0.0000	0.00000	2526.89	0.0000	0.00000
1.0000	34.6772	2.96521	4996.98	2.9652	0.00001
4.5000	34,6568	3.27115	5184.86	3.2712	-0.00000
15.0000	34.6127	4.24927	5743.76	4.2493	-0.00001
18.4999	34.6031	4.59312	5927.47	4.5931	-0.00000
24.0000	34.5925	5.14900	6212.68	5.1490	0.00002
29.0000	34,5872	5.66900	6467.76	5.6690	-0.00000
32.5001	34.5849	6,04019	6643,66	6.0402	-0.00000

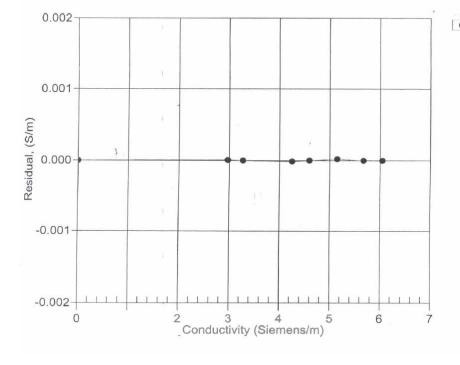
f = INST FREQ / 1000.0

Conductivity = $(g + hf^2 + if^3 + jf^4) / (1 + \delta t + \epsilon p)$ Siemens/meter

 $t = temperature[°C)]; p = pressure[decibars]; \delta = CTcor; \epsilon = CPcor;$

Residual = instrument conductivity - bath conductivity

Date, Slope Correction



• 05-Feb-05 1.0000000

ANEXO 4.- TALLER DIFUSION FIP 2007-10

TALLER DE DIFUSIÓN RESULTADOS FIP 2007-10

El día 30 de amrzo de 2009, se realizó en dependencias de la Estación de Biología marina de la Universidad de Concepción, en Dicharo, el Taller de Difusión de Resultados del Proyecto FIP 2007-10. Al taller fueron invitados miembros de la Subsecretaría de Pesca, Servicio Nacional de Pesca, Instituto de Investigaciones Pesqueras, Consejo Zonal de Pesca, Instituto de Fomento Pesquero, universidades locales, pescadores artesanales, Gobernación Marítima y capitanias de Puerto locales, además de investigadores de la Unversidad de Concepción, Universidad Autral de Chile, Centro Investigación de Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), entro otros.

Durante el taller, se expuso resultados tanto de un crucero estacional realizado frente a las costas de la VIII y IX Región en marzo del 2008, así omo resultados de la serie de tiempo de monitoreo oceanográco a una estación ubicada en la plataforma continental de la VIII Región, ambas actividades insertas dentro del proyecto FIP 2007-10, y que han contado con el apoyo de Centrode Invetigacón Oceanográfica en el Pacífico Sur oriental (COPAS). En el taller, y además de la presentación del proeycto, se realizaron 4 exposiciones con resumen de los resultados más importantes, programa de coferencias que se presenta a continuación.

TALLER DE DIFUSIÓN

Monitoreo de las condiciones Bio-Oceanográficas en la VIII y IX Regiones, año 2007

Estación de Biología Marinas de la Universidad de Concepción en Dichato (30 Marzo 2009)

Programa de actividades

09:45-09.55 h.	Bienvenida	
09:55 – 10:10 h.	Presentación del proyecto.	Dr. Leonardo
		Castro
10: 10 – 10:35 h.	Variabilidad temporal y espacial de las condiciones	Dr. Oscar
	oceanográficas físicas de la octava y IX Regiones:	Pizarro
	Crucero marzo 2008 – Monitoreo 2007-2008	Dr. Wolfgang
		Schneider
10:35-11.00 h	Variabilidad temporal y espacial y en las condiciones	Dra. Carmen
	oceanográficas químicas-biológicas (nutrientes y	Morales
	Clorofila).	Dra. Laura
	Crucero marzo 2008 – Monitoreo 2007-2008	Farías
11:15-11:50 h.	Distribución y abundancia espacio temporal de	Dr. Humberto
	microplancton, sedimentación y producción primaria	Gonzáles
	Crucero marzo 2008 – Monitoreo 2007-2008	Dr. Giovanni
		Daneri
11:50 -12-20 h.	Distribución y abundancia espacio temporal de zoo-e	Dr. Rubén
	ictioplancton	Escribano
	Crucero marzo 2008 – Monitoreo 2007-2008	Dr. Leonardo
		Castro
12:20 – 12-45 h.	Discusión general y perspectivas	Dr. Leonardo
		Castro

ANEXO 5.- FIGURAS

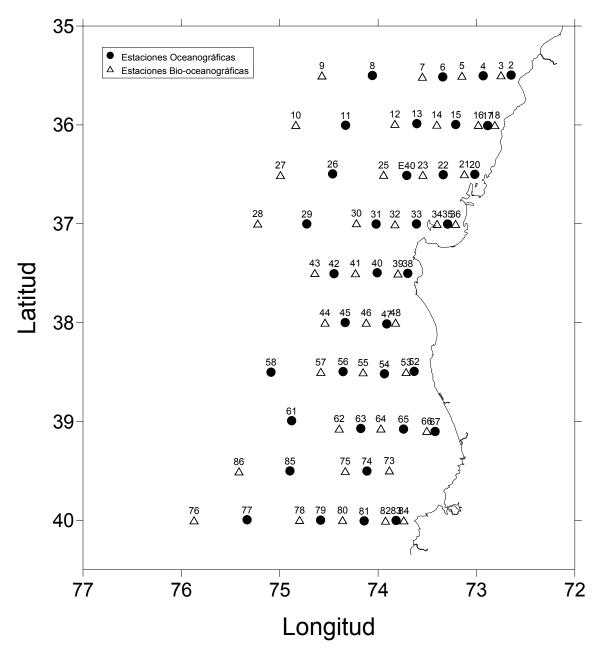


Figura 1. Estaciones de muestreo. Las estaciones oceanográficas (•) incluyen perfiles de CTDO-flurorescencia-luz hasta los 600 m. Las estaciones bio-oceanográficas (Δ) incluyen perfiles de CTDO-flurorescencia-luz hasta los 600 m, y además, muestreo con botellas de 10 y 30 L y muestreo con redes para zooplancton-ictioplancton.

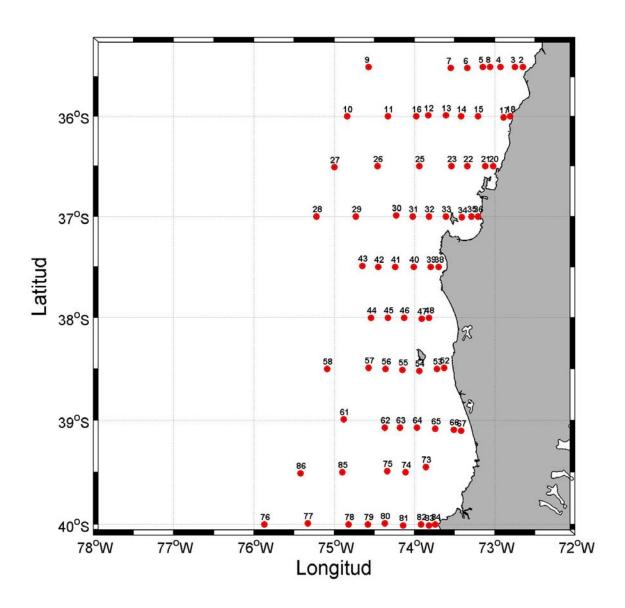


Figura 2. Posición de las estaciones de CTD crucero FIP 2007-10, Marzo de 2008.

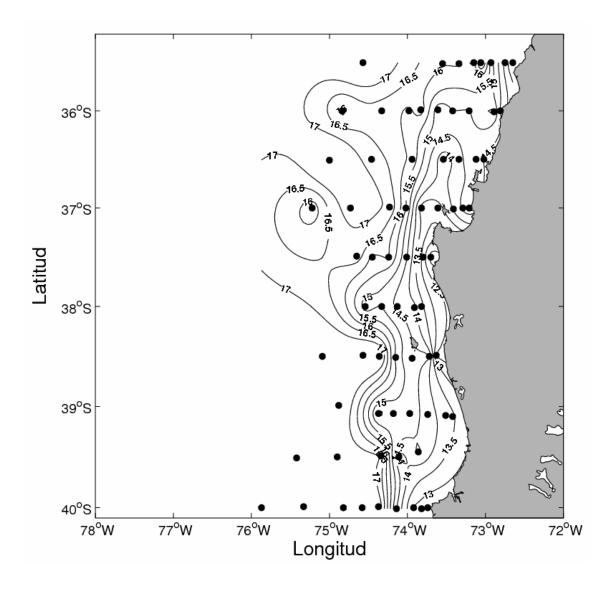


Figura 3. Distribución de Temperatura (°C) a 5 m de profundidad. Crucero FIP 2007-10, Marzo de 2008.

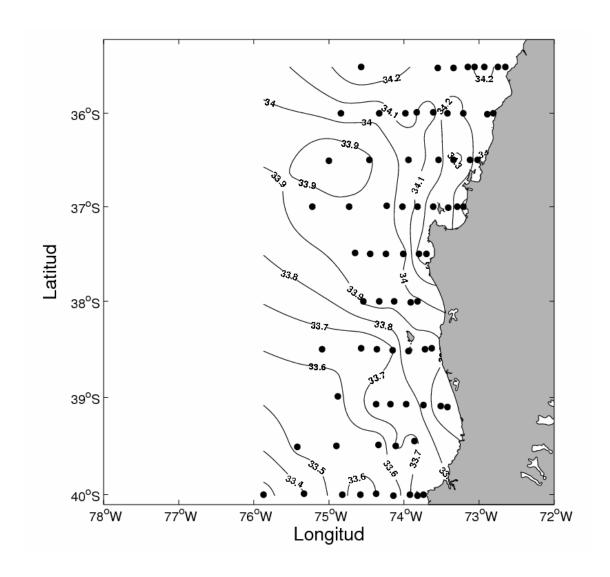


Figura 4. Distribución de salinidad a 5 m de profundidad. Crucero FIP 2007-10, Marzo de 2008.

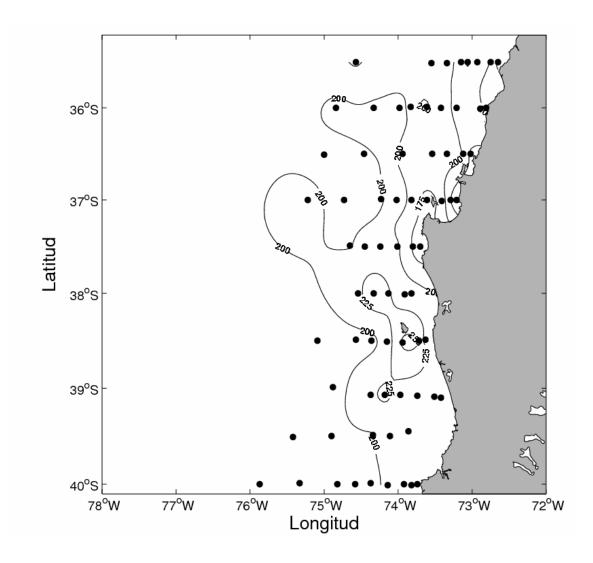


Figura 5. Distribución de Oxígeno disuelto (μ mol L⁻¹) a 5 m de profundidad. Crucero FIP 2007-10, Marzo de 2008.

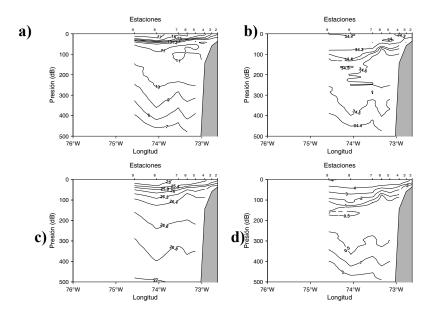


Figura 6.a. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 1 (35°30° S), Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).

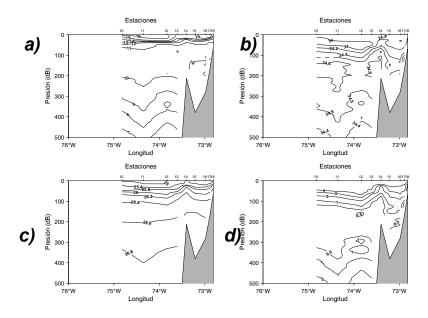


Figura 6.b. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 2 (36°00° S), Crucero Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).

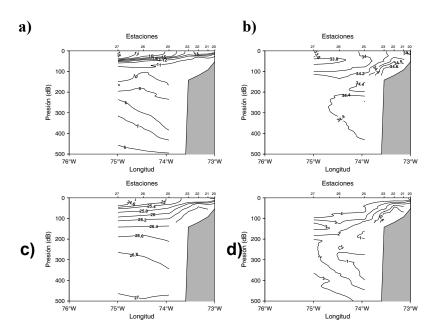


Figura 6.c. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m³) y d) oxigeno disuelto (μmol/L), transecta 3 (36°30° S), Crucero Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).

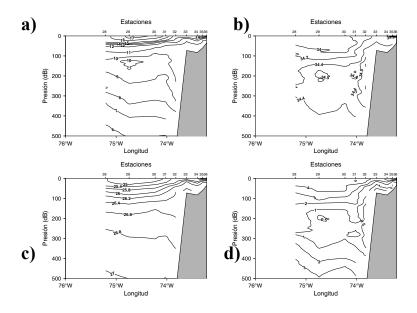


Figura 6.d. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 4 (37°00° S), Crucero Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).

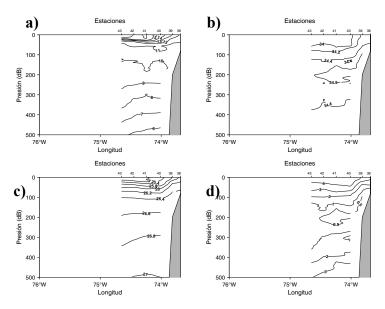


Figura 6.e. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 5 (37°30° S), Crucero Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).

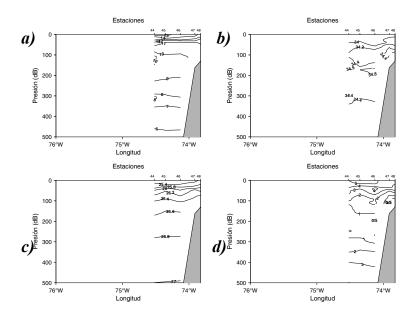


Figura 6.f. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 6 (38°00' S), Crucero Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).

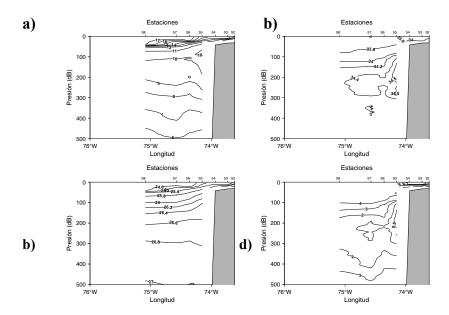


Figura 6.g. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m^3) y d) oxígeno disuelto (μ mol/L), transecta 7 (38°30' S), Crucero Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).

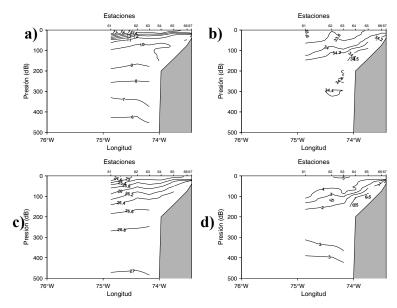


Figura 6.h. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 8 (39°00° S), Crucero Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).

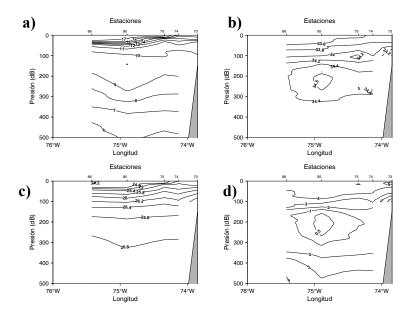


Figura 6.i. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m³) y d) oxígeno disuelto (μmol/L), transecta 9 (39°30' S), Crucero Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).

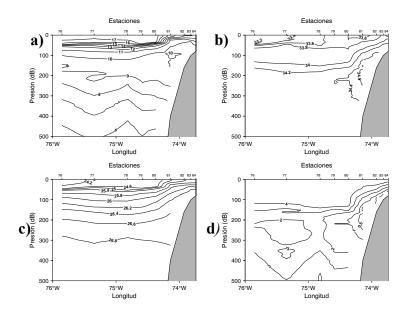


Figura 6.j. Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m^3) y d) oxígeno disuelto (μ mol/L), transecta 10 (40°00' S), Crucero Crucero FIP 2007-10 (Marzo 2008).

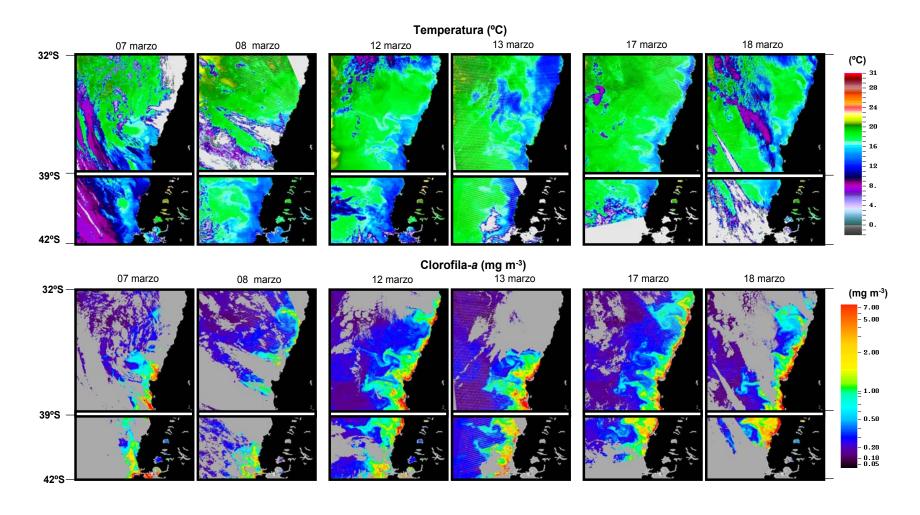


Figura 7. Imágenes satelitales de <u>Temperatura Superficial</u> del Mar (°C) y <u>Clorofila-a</u> (mg m⁻³), durante el crucero FIP 2007-10, realizado entre los días 07 y 18 de marzo de 2008.

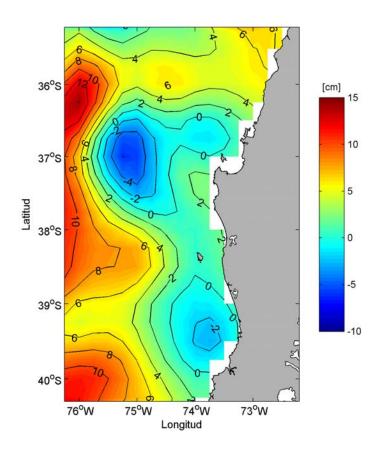
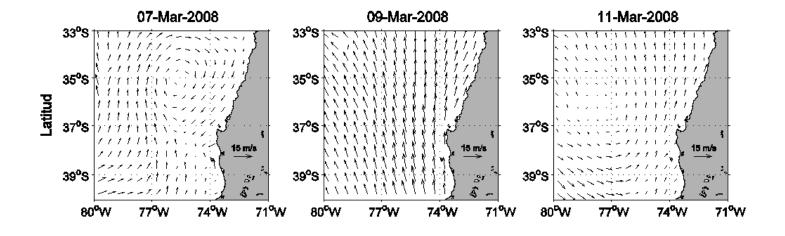


Figura 8. Anomalías del nivel del mar durante el 12 de Marzo de 2008. La información está basada en una combinación de satélites procesadas por CLS/CNES en Francia y corresponde a el producto entregado en tiempo-real (RT/NRT) por AVISO



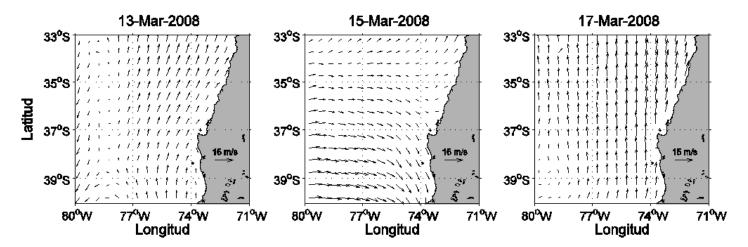


Figura 9. Campo vectorial del viento superficial derivado del satélite QUICKSCAT para el período del Crucero MOBIOBIO (Marzo2008).

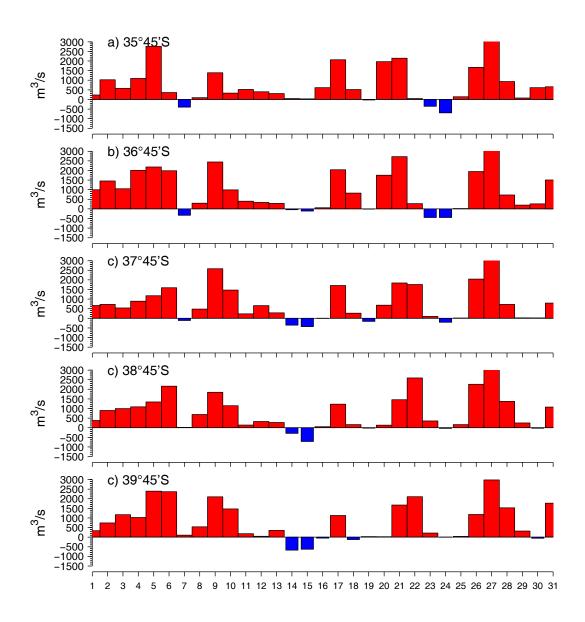


Figura 10. Transporte de Ekman calculado desde series diarias de viento satelital QUICKSCAT para cinco posiciones cercanas a la costa, centradas a 35° 45'S, 36° 45'S, 37° 45'S, 38° 45'S y 39° 45'S. Los valores corresponden a transporte de volumen en m³s¹ por 1000 m de costa.

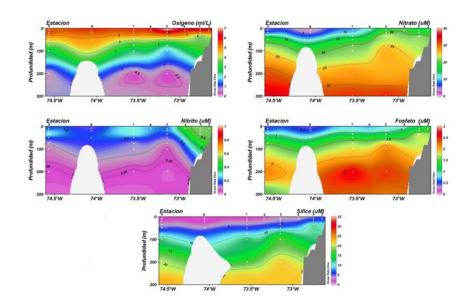


Figura 11.a: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 1, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.

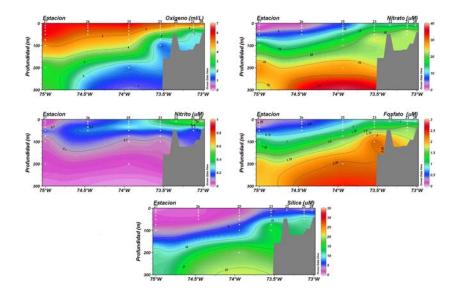


Figura 11.b: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 2, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.

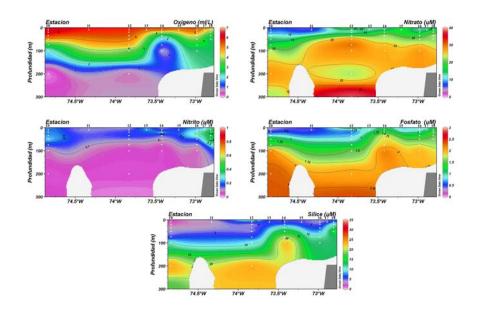


Figura 11.c: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 3, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.

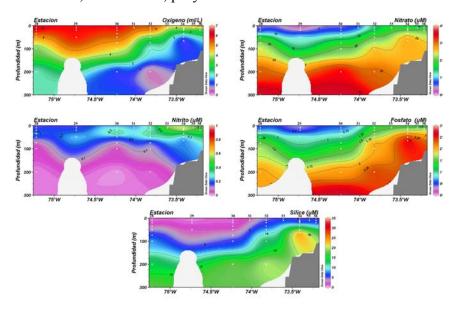


Figura 11.d: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 4, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.

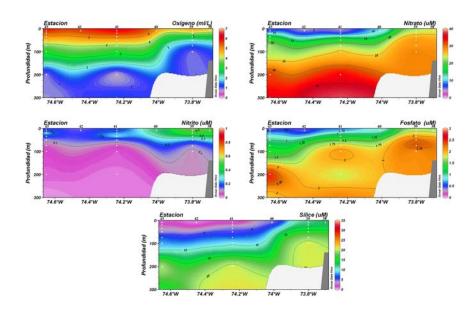


Figura 11.e: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 5, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.

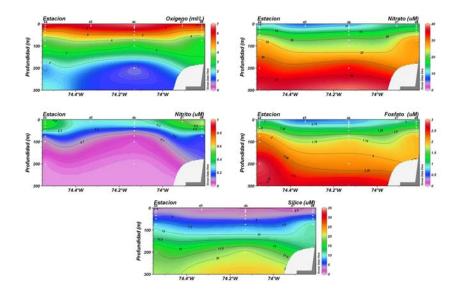


Figura 11.f: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 6, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.

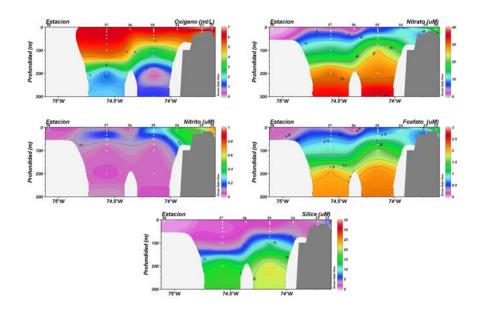


Figura 11.g: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 7, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.

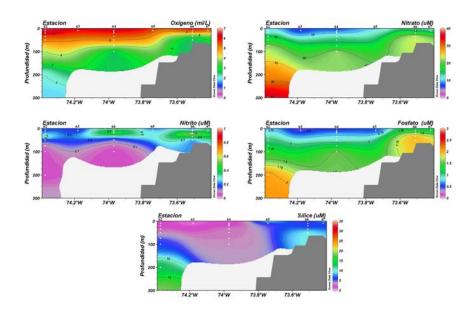


Figura 11.h: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 8, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.

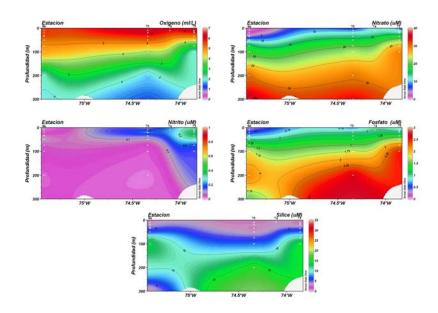


Figura 11.i: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 9, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.

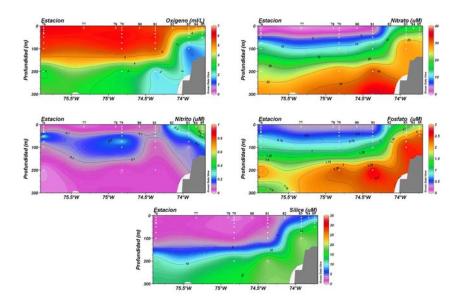


Figura 11.j: Distribución vertical de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos fosfatos y silicatos en la transecta 10, marzo 2008, proyecto FIP 2007-10.



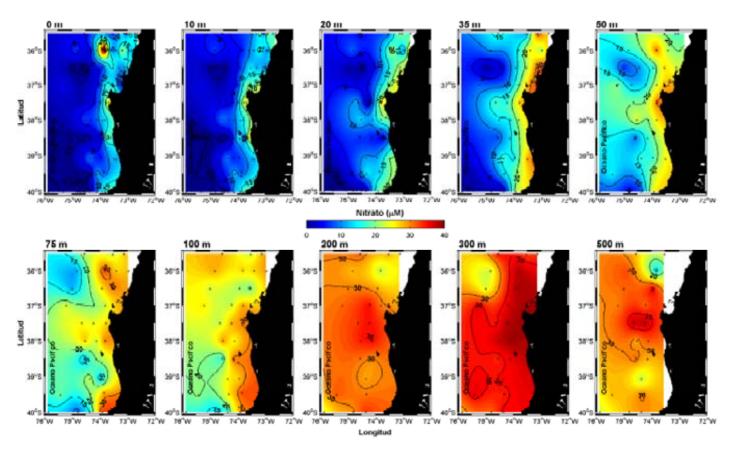
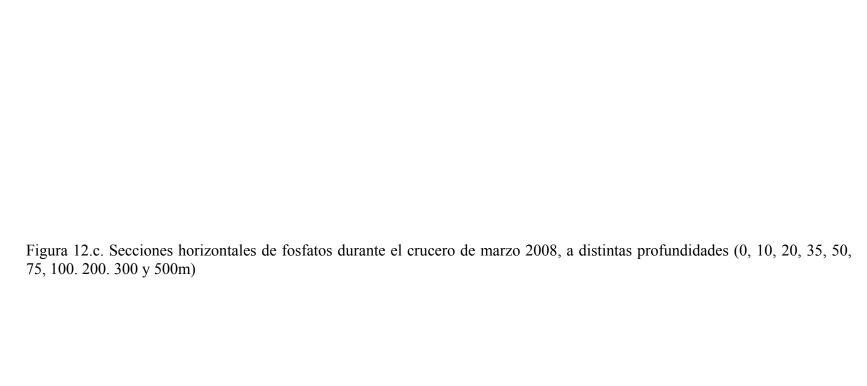


Figura 12.b. Secciones horizontales de nitratos durante el crucero de marzo 2008, a distintas profundidades (0, 10, 20, 35, 50, 75, 100. 200. 300 y 500m).



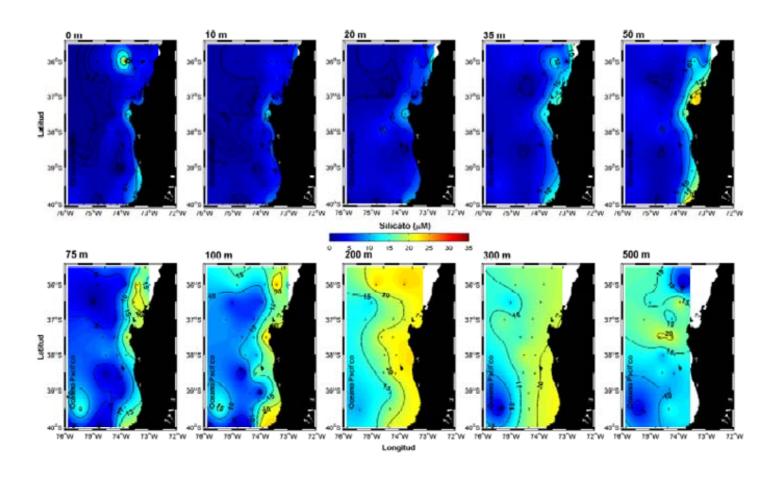


Figura 12.d. Secciones horizontales de silicatos durante el crucero de marzo 2008, a distintas profundidades (0, 10, 20, 35, 50, 75, 100. 200. 300 y 500m)

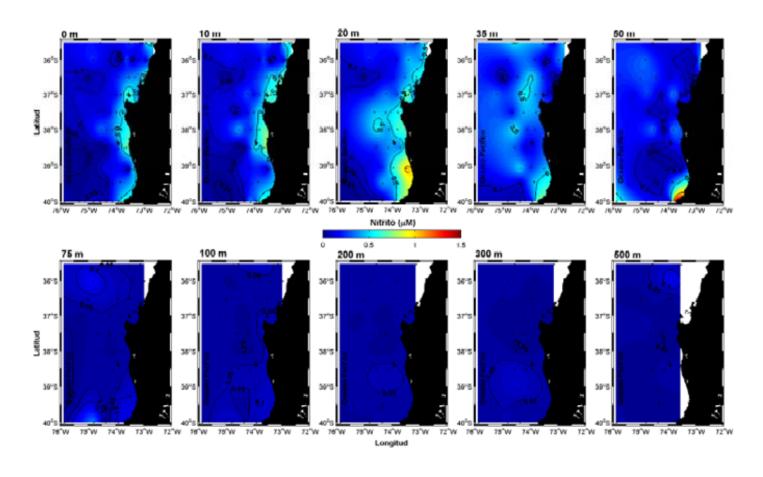


Figura 12.e. Secciones horizontales de nitritos durante el crucero de marzo 2008, a distintas profundidades (0, 10, 20, 35, 50, 75,100,200,300,500m)

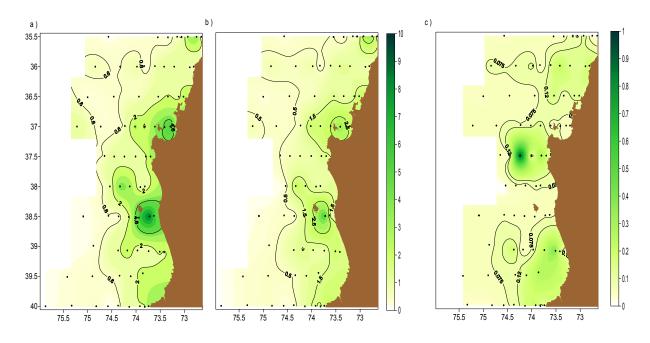


Figura-13. Distribución superficial de clorofila-a (mg m $^{-3}$) durante el crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) clorofila-a total , b) fracción <20 μ m y c) fracción <3 μ m.

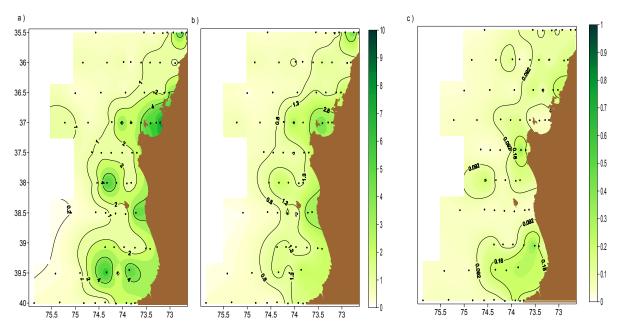


Figura-14. Distribución de clorofila-a (mg m $^{-3}$) a 10 de profundidad durante el crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) clorofila-a total, b) fracción <20 μ m y c) fracción <3 μ m.

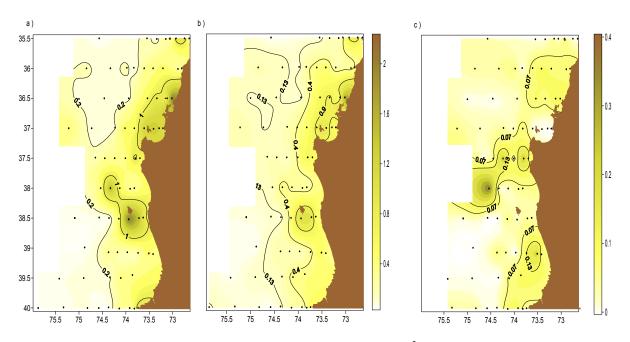


Figura-15. Distribución de superficial feopigmentos (mg m⁻³) durante el crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) feopigmentos totales, b) fracción <20 μm y c) fracción <3 μm.

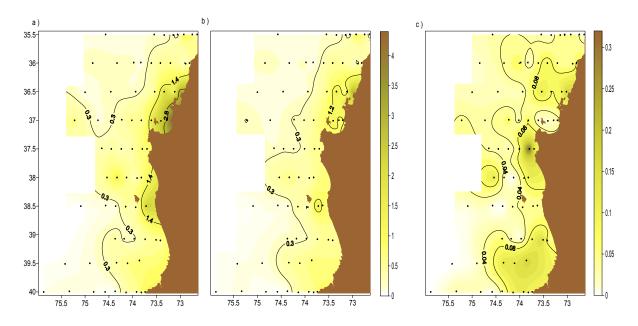


Figura-16. Distribución de feopigmentos (mg m $^{-3}$) a 10 m de profundidad durante el crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) feopigmentos totales, b) fracción <20 µm y c) feopigmentos fracción <3 µm.

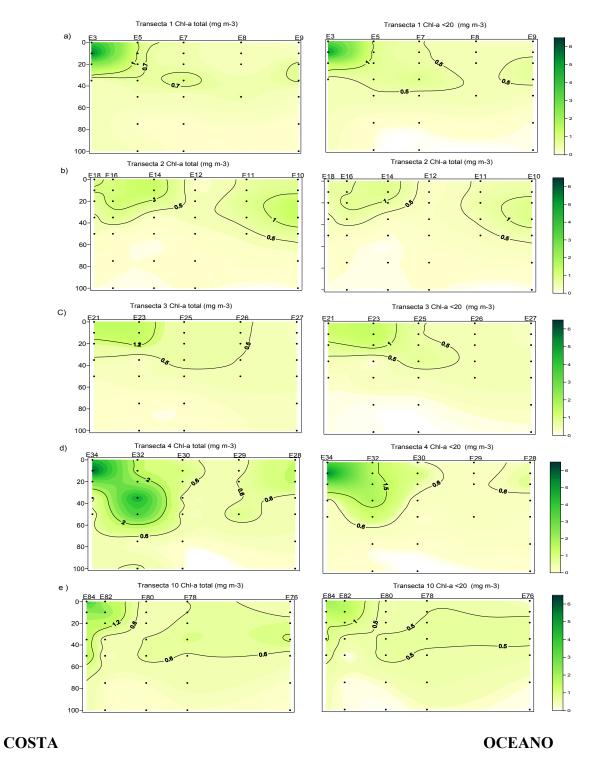


Figura-17. Distribución vertical de clorofila-a (mg m $^{-3}$) durante el crucero FIP 2008 (Marzo 2008) en transectas perpendiculares a la costa: zona norte (1 a 4) y zona sur (10): clorofila-a total (izquierda) y fracción <20 μ m (derecha).

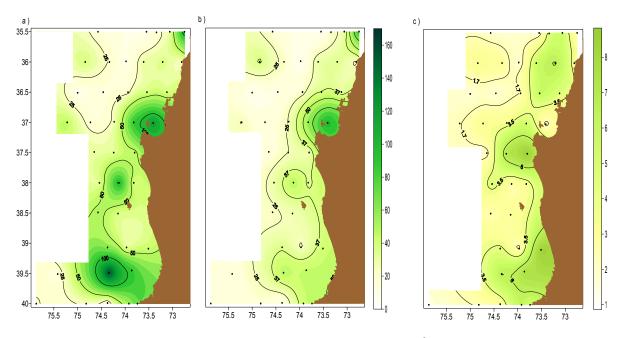


Figura-18. Distribución de clorofila-a integrada (0-35 m; mg m $^{-2}$) durante el crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) clorofila-a total, b) fracción <20 μ m y c) fracción <3 μ m.

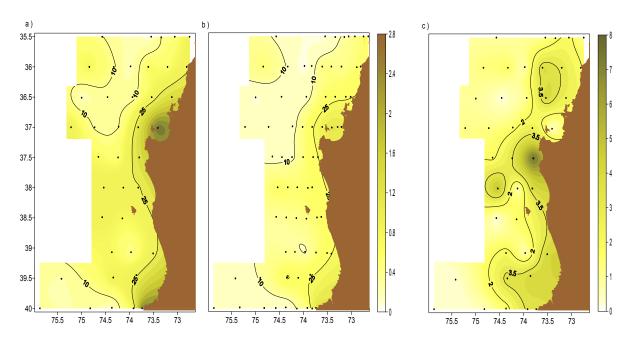


Figura-19. Distribución de feopigmentos integrada (0-35 m; mg m⁻²) durante el crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) feopigmentos totales, b) fracción <20 μm y c) fracción <3 μm.

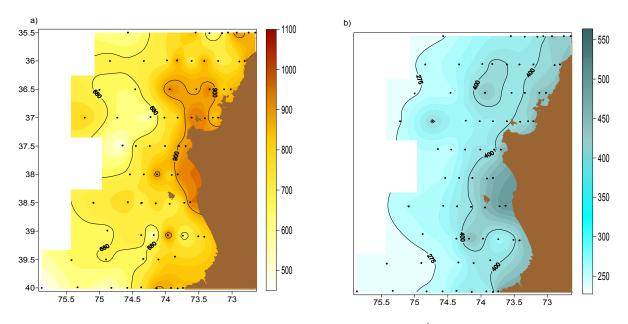


Figura-20. Distribución superficial de nanoplancton (células mL⁻¹) durante el crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) nano-autótrofos y b) nano-heterótrofos.

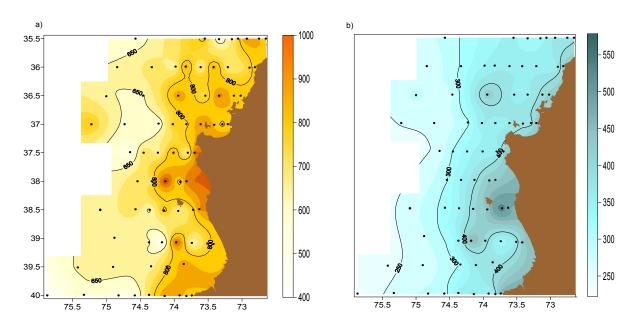


Figura-21. Distribución de nanoplancton (células mL⁻¹) a 10 m de profundidad durante el crucero FIP 2008 (Marzo 2008): a) nano-autótrofos y b) nano-heterótrofos.

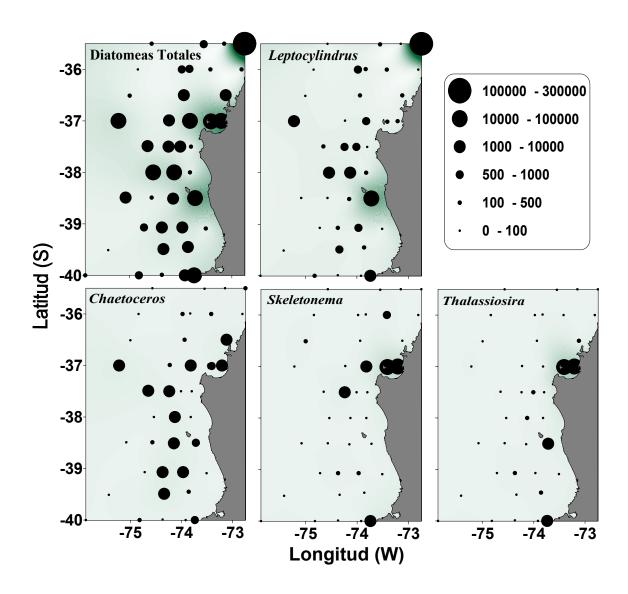


Figura 22. Abundancia integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (cels. m⁻² x 10⁵) de diatomeas totales y sus principales géneros en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

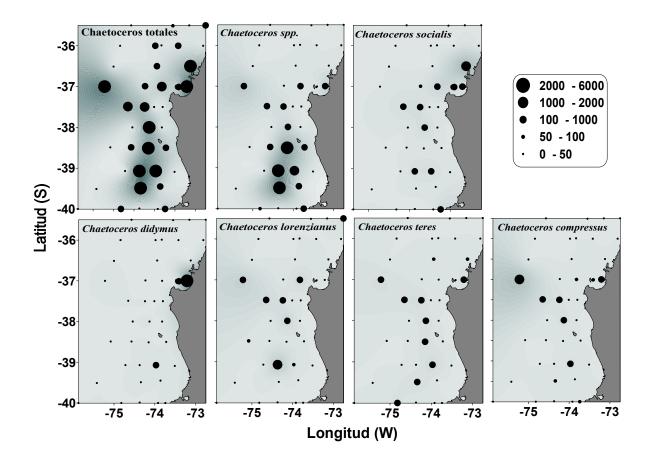


Figura. 23 Abundancia integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (cels. $\text{m}^{-2} \times 10^5$) del género *Chaetoceros* y sus principales especies en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

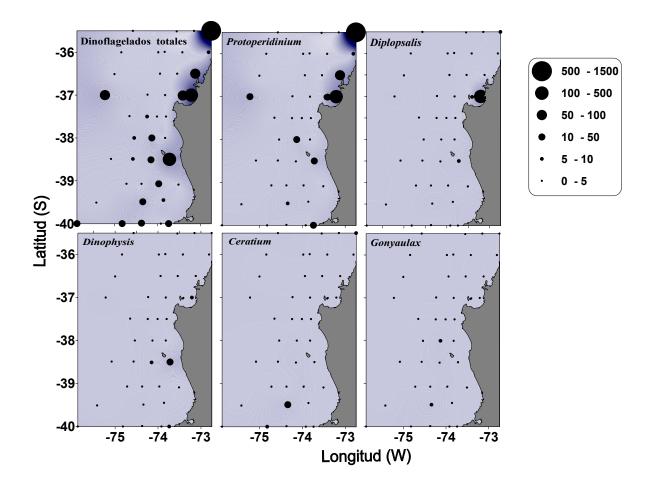


Figura.24. Abundancia integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (Ind. m⁻² x 10⁵) de dinoflagelados totales y sus principales géneros en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

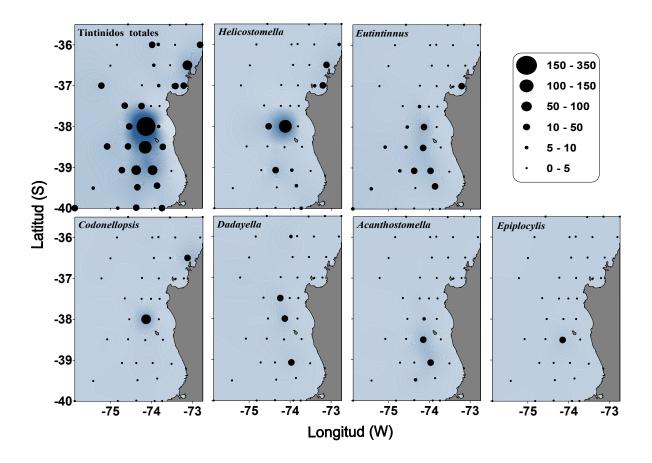


Figura. 25. Abundancia integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (Ind. $\text{m}^{-2} \times 10^5$) de tintínidos y sus principales géneros en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

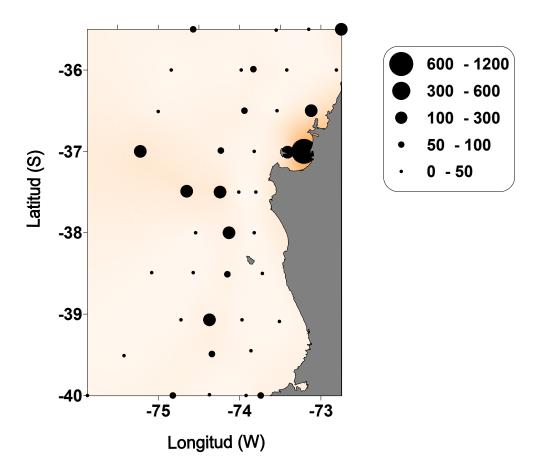


Figura.26. Abundancia integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (ind. $\text{m}^{-2} \times 10^3$) de nauplii de crustáceos en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones

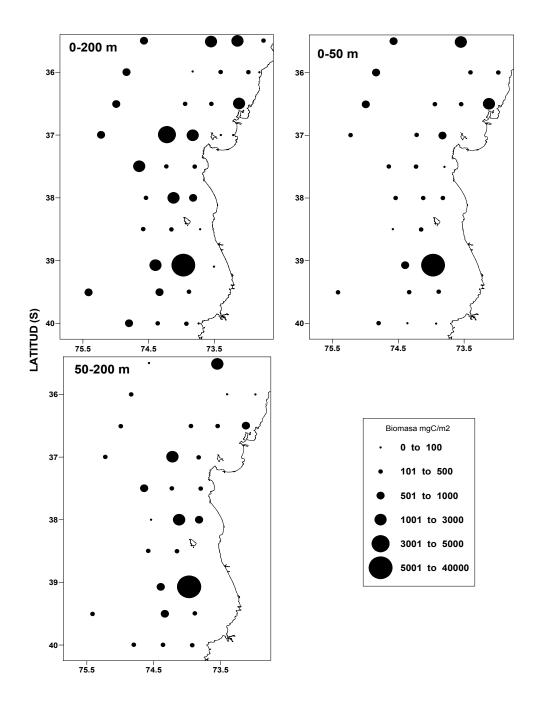


Figura 27: Distribución espacial de la biomasa del zooplancton, expresada en mg C m^{-2} , integrada para 3 estratos: 0-200 m, 0-50 m, y > 50 m (panel inferior), durante el verano-otoño de 2008 frente a la zona de Concepción.

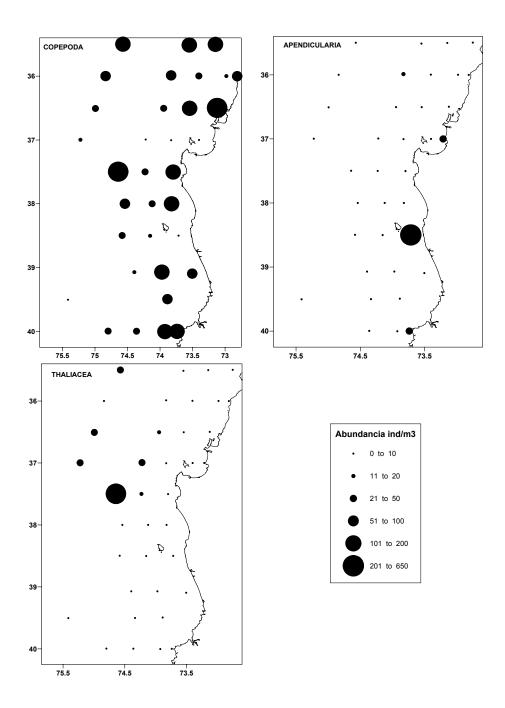


Figura 28: Distribución espacial de los taxa del zooplancton, Copepoda, Apendicularia y Thaliacea, expresados en individuos m⁻³, encontrados en la capa de 0-200 m durante el verano-otoño de 2008 frente a la zona de Concepción.

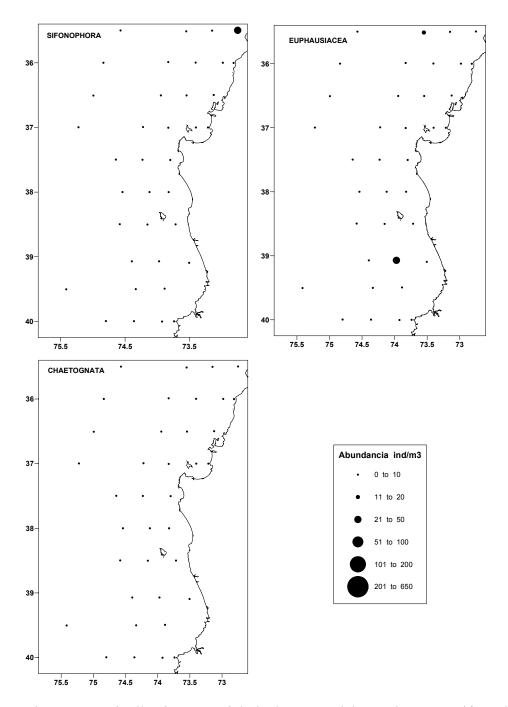


Figura 29: Distribución espacial de los taxa del zooplancton, Sifonophora, Euphausiacea y Chaetognata, expresados en individuos m⁻³, encontrados en la capa de 0-200 m durante el verano-otoño de 2008 frente a la zona de Concepción.

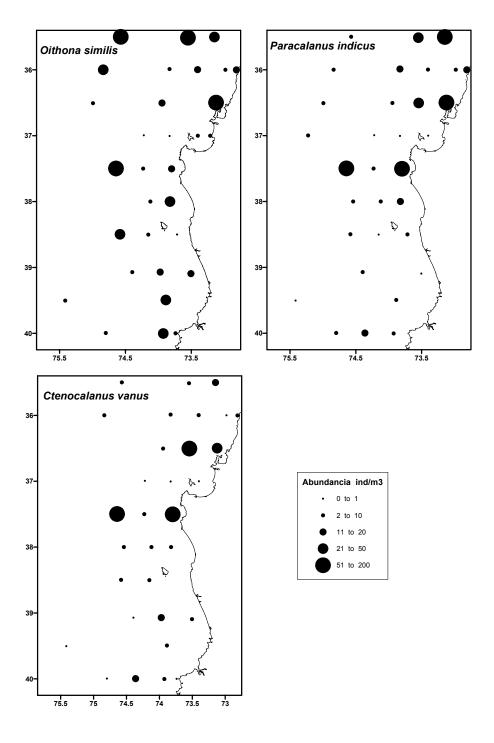


Figura 30: Distribución espacial de las especies dominantes de copépodos, *Paracalanus parvus*, *Oithona* spp. y *Oncaea conifera*, expresados en individuos m⁻³, encontrados en la capa de 0-200 m durante la primavera de 2006 frente a la zona de Concepción.

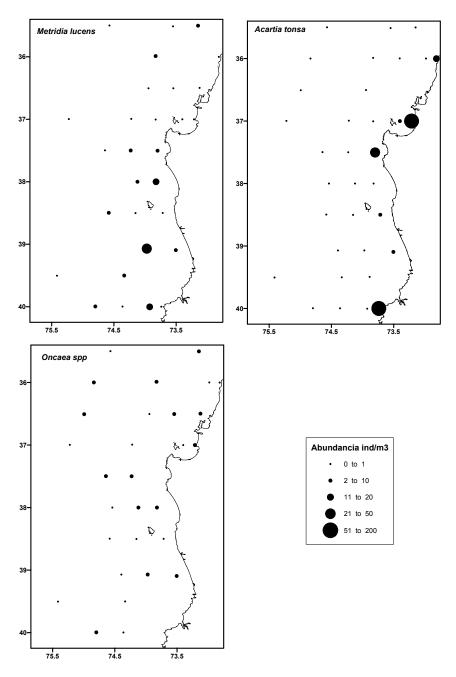


Figura 31: Distribución espacial de las especies de menor abundancia de copépodos, *Metridia lucens, Acartia tonsa*, *Oncaea spp.*, expresados en individuos m⁻³, encontrados en la capa de 0-200 m durante el verano-otoño de 2008 frente a la zona de Concepción.

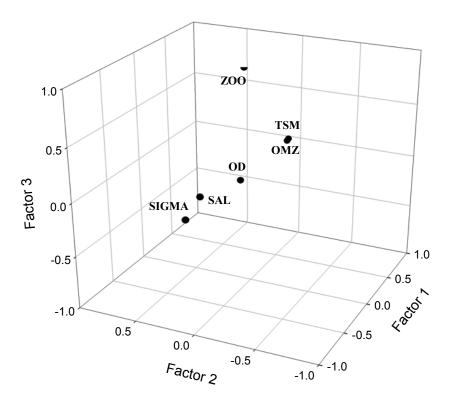


Figura 32. Análisis de componentes principales para 3 factores entre variables oceanográficas y la biomasa del zooplancton en la región frente a la VIII Región durante el verano-otoño del 2008. ZOO=Biomasa del zooplancton, TSM=temperatura superficial del mar, OMZ=profundidad de la zona de mínimo de oxígeno, OD=oxígeno disuelto superficial, SAL=salinidad superficial, SIGMA=densidad superficial

6.2.4.- Distribución y biomasa de pellet fecales del zooplancton (HG)

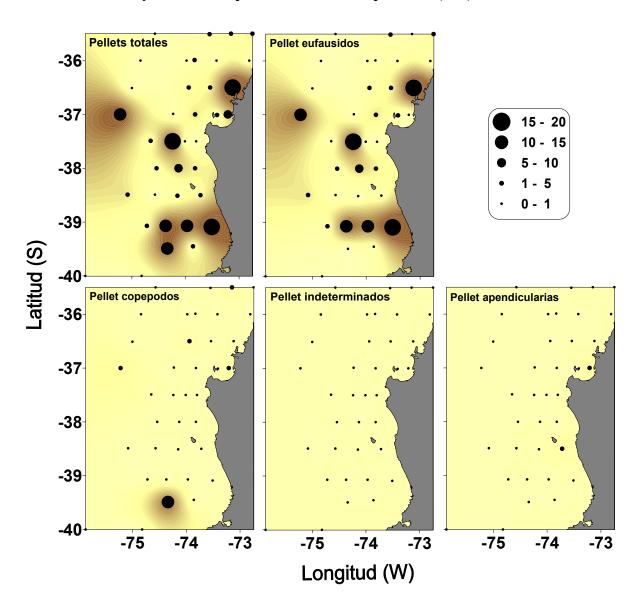


Fig.33. Biomasa integrada en los primeros 10 m de la columna de agua (mg C m⁻²) de pellet fecales de zooplancton y sus principales componentes en la grilla FIP-2007 frente a la costa de la VIII y IX regiones.

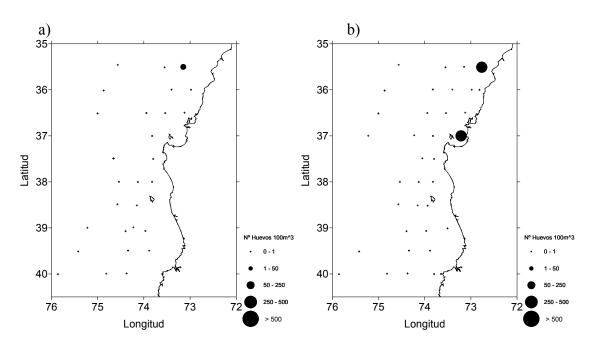


Figura 34. Distribución espacial de la abundancia de huevos de anchoveta *Engraulis ringens*, correspondiente al estrato de 200-50m (a) y 0-200m (b).

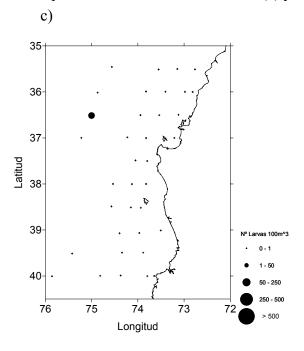


Figura 35. Distribución espacial de la abundancia de larvas (a) de sardina común *Strangomera bentincki*, correspondiente al estrato de 0-200 m.

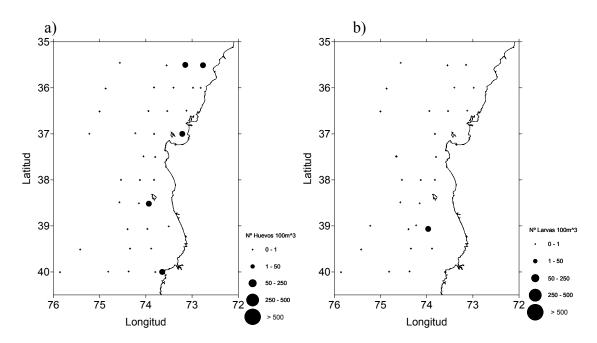


Figura 36. Distribución espacial de la abundancia de b) huevos y a) larvas de merluza común *Merluccius gayi*, correspondiente al estrato de 200-50 m y 0-200m.

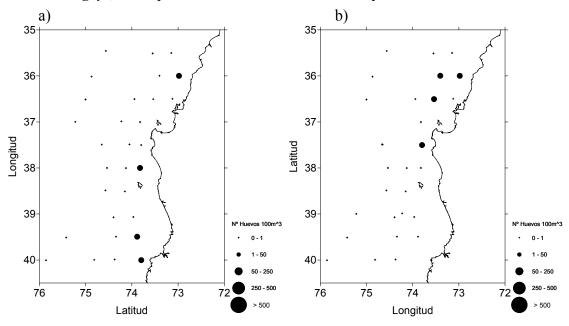


Figura 37. Distribución espacial de la abundancia de huevos de *Hippoglossina macrops*, correspondiente al estrato de 50-0m (a), 200-50m (b) y 0-200m (c).

a) b)

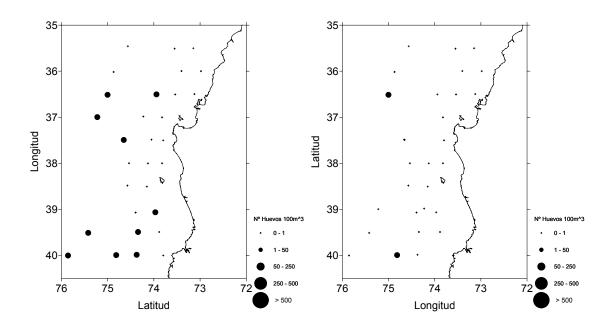


Figura 38. Distribución espacial de la abundancia de huevos de *Scomberesox saurus*, correspondiente al estrato de a) 50-0m y b) 50-200 m.

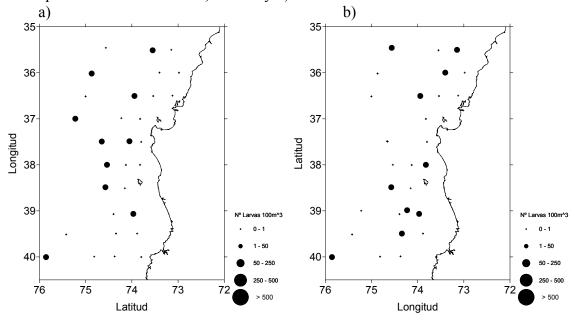


Figura 39. Distribución espacial de la abundancia de larvas de *Protomyctophum (hierops)* chilensis, correspondiente al estrato de a) 0-50 m y b) 50-200 m.

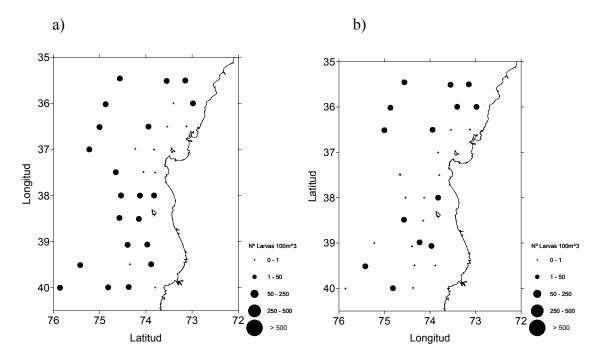
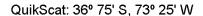
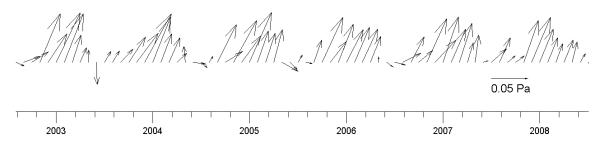


Figura 40. Distribución espacial de la abundancia de larvas de *Hygophum bruuni*, correspondiente al estrato de a) 50-0 m , y b), 50-200 m.

Esfuerzo del viento





Rotor del esfuerzo del viento

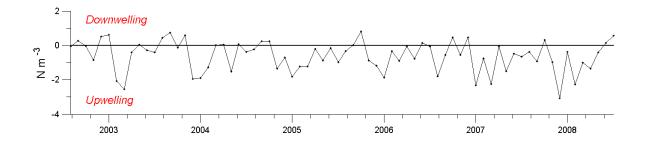


Figura 41. Panel superior: promedio mensual de estrés del viento en la estación 18 desde Agosto 2002 a Julio 2008. Panel Inferior: promedio mensual del índice de surgencia en la estación 18 desde Agosto 2002 a Julio 2008.

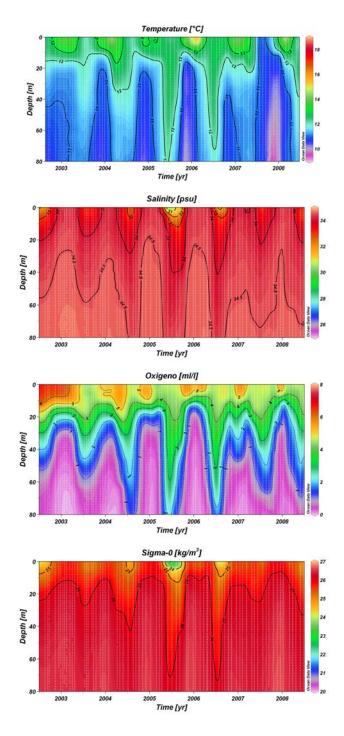
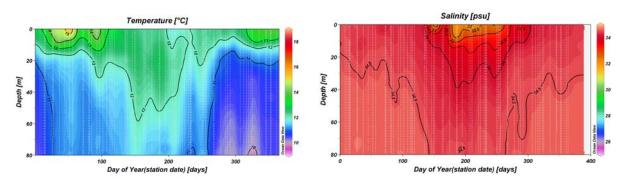
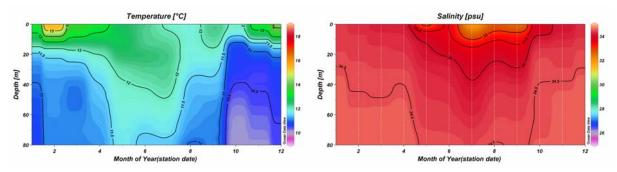


Figura 42. Serie de tiempo de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y densidad desde superficie a fondo, en la estación 18 desde Septiembre 2002 a Julio 2008.

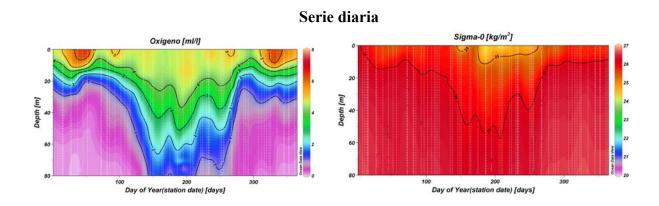
Serie Diaria

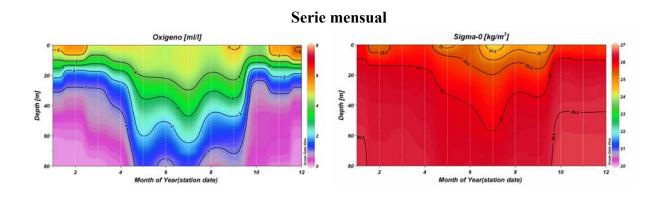


Serie mensual



Figuras 43. Ciclo diaria y mensual promedio (agosto 2007-junio 2008) de temperatura, salinidad, desde superficie a fondo en la estación 18.





Figuras 44. Ciclo diario y mensual (agosto 2007-junio 2008) de oxígeno disuelto y densidad desde superficie a fondo en la estación 18.

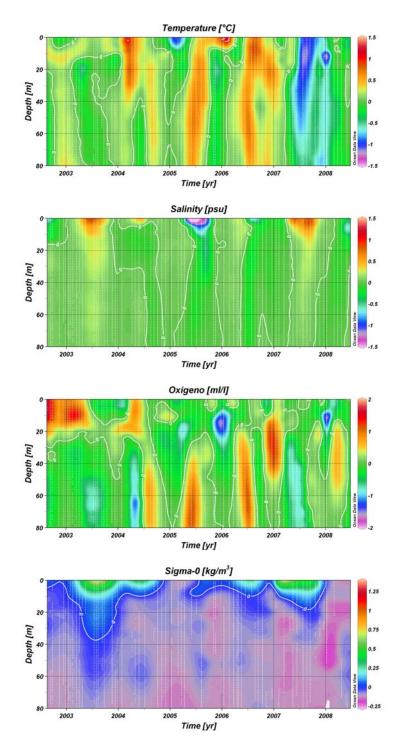


Figura 45. Serie de tiempo de anomalías de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y densidad desde superfície a fondo en la estación 18, desde Agosto 2008 a Julio 2008.

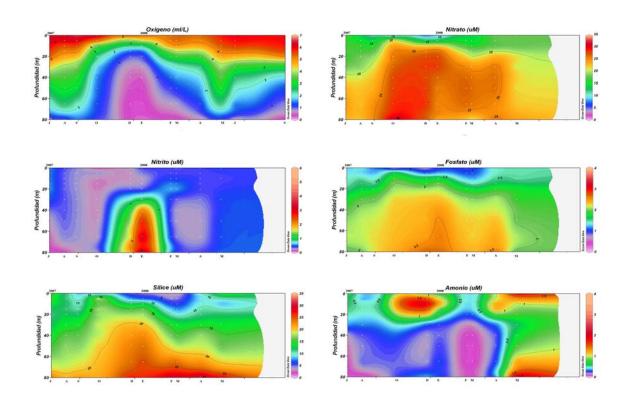


Figura 46. Variación mensual de oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, fosfatos, silicatos y amonio, en la estación 18, julio 2007 – mayo 2008.

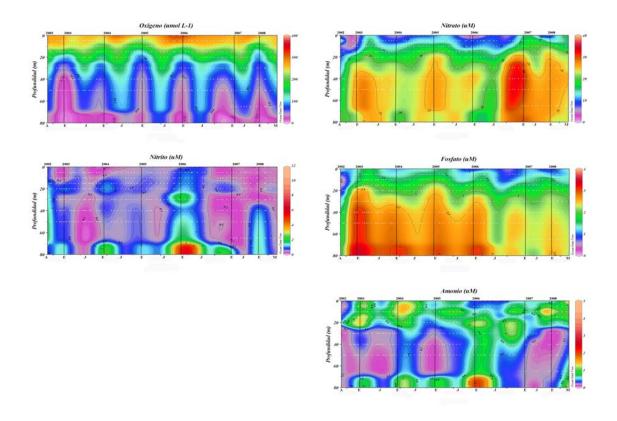


Figura 47. Variación interanual en oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, fosfatos, y amonio, en la estación 18, agosto 2002 – mayo 2008.

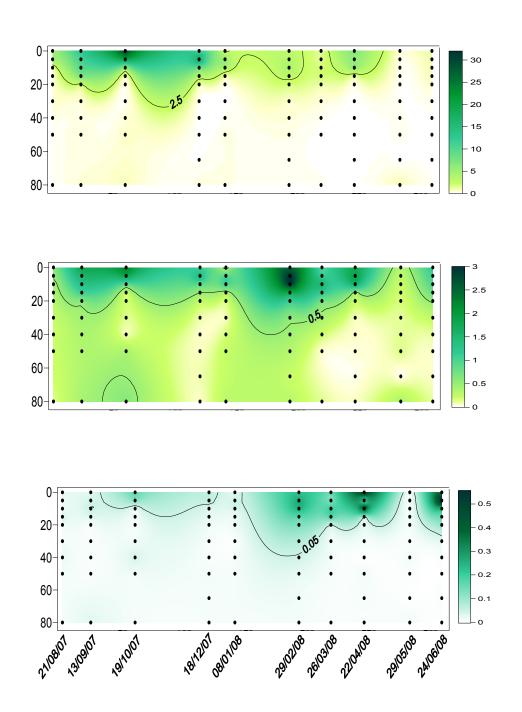


Figura-48. Distribución temporal de clorofila-a (mg m⁻³) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Período anual: Agosto 2007 - Julio 2008. Panel superior: clorofila-a total; panel intermedio: fracción <20 μm; panel inferior: fracción <3 μm.

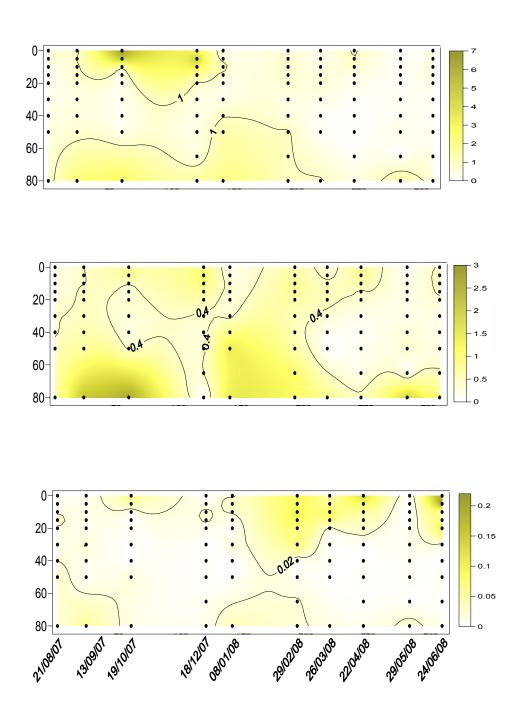


Figura 49. Distribución temporal de feopigmentos (mg m⁻³) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Período anual: Agosto 2007 - Julio 2008: superior: total; panel intermedio: fracción <20 μm; panel inferior: fracción <3 μm

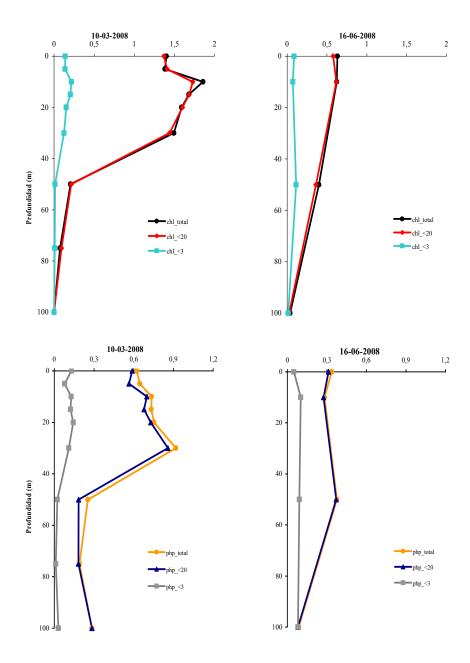


Figura-50. Distribución vertical de pigmentos (mg m⁻³): clorofila-a (panel superior) y feopigmentos (panel inferior) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 40 durante dos muestreos estacionales.

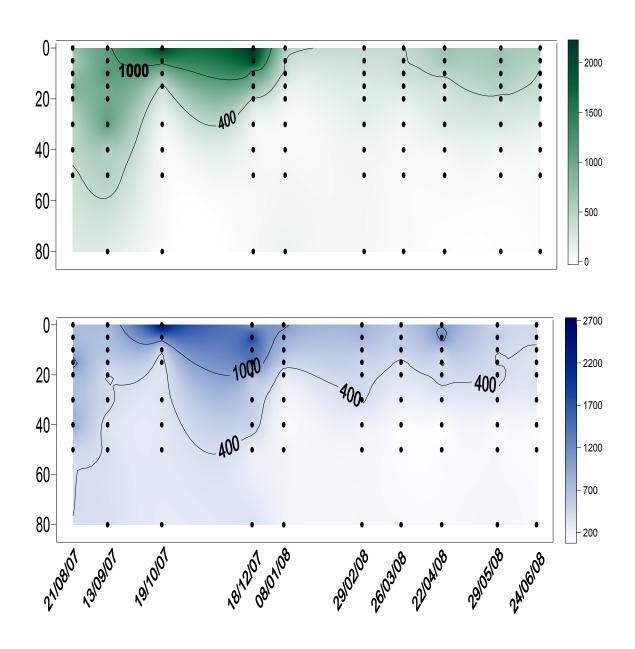


Figura-51 Distribución mensual de la abundancia del nanoplancton (células mL⁻¹), en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Periodo anual: agosto 2007 - julio 2008. Panel superior: nano-autótrofos; panel inferior: nano-heterótrofos, (predominantemente flagelados)

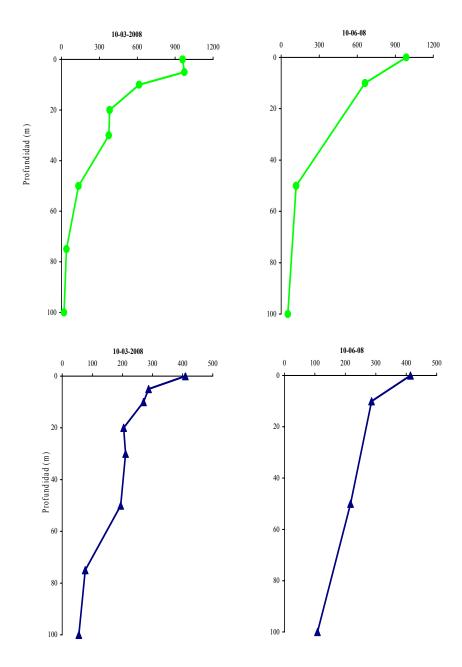


Figura 52. Distribución vertical de la abundancia de nanoplancton (células mL⁻¹): nanoautótrofos (paneles superiores) y nano-heterótrofos (paneles inferiores) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 40 durante dos muestreos estacionales.

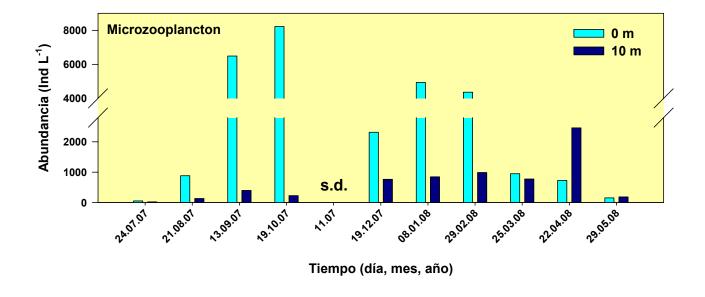


Figura 53. Abundancia estratificada de microzooplancton total a 0 y 10 m de profundidad en la E.18, frente a la costa de Concepción.

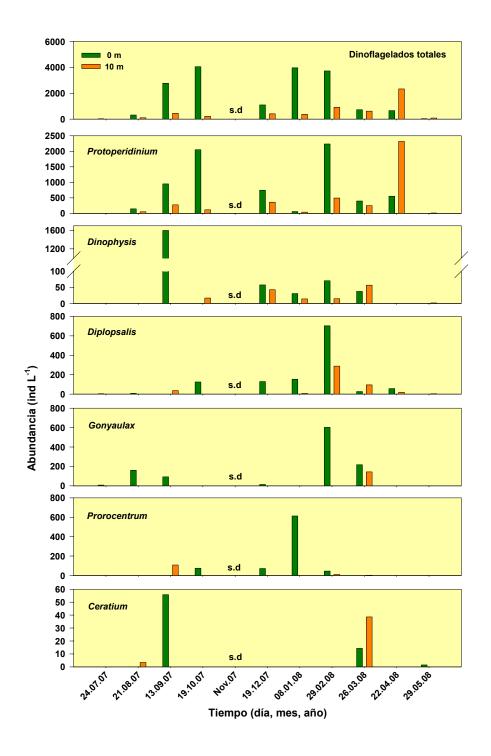


Figura 54. Abundancia estratificada de dinoflagelados a 0 y 10m de profundidad y sus principales géneros en la E.18, frente a la costa de Concepción.

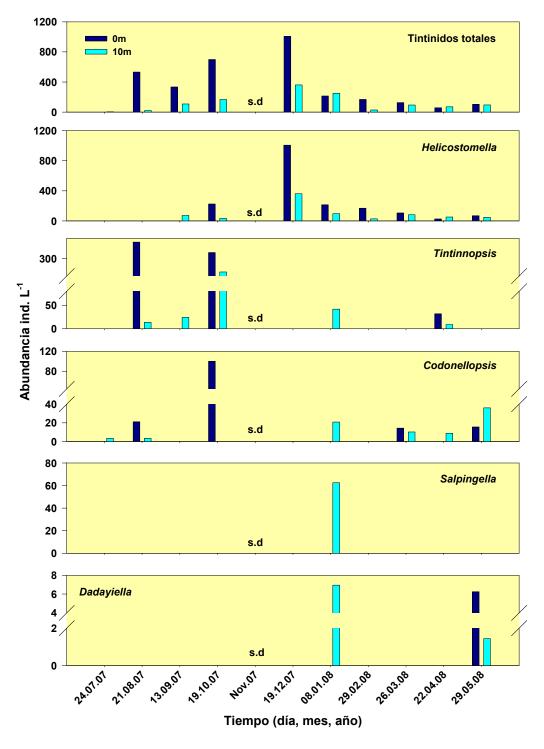


Figura 55. Abundancia estratificada de tintínidos a 0 y 10m de profundidad y sus principales géneros en la E.18, frente a la costa de Concepción.

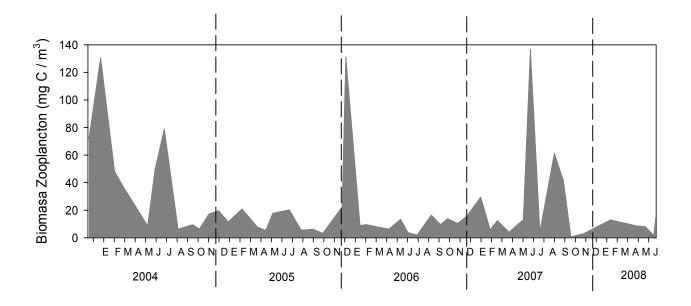


Figura 56: Serie de tiempo de biomasa zooplanctónica expresada en carbono para el período agosto 2004 a junio de 2008 en estación 18, frente a Concepción. Se muestra la biomasa integrada en la columna de agua 0-80 m.

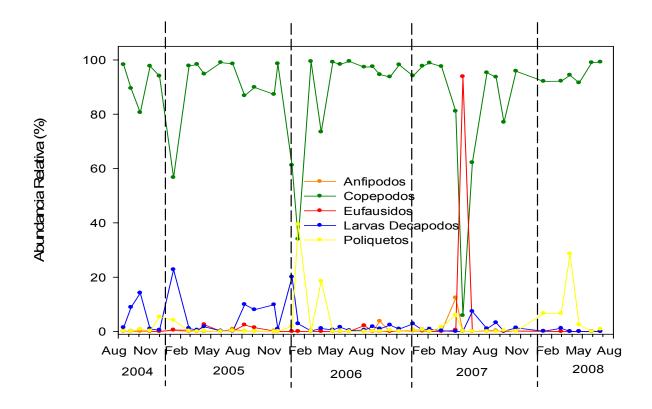


Figura 57: Composición del meso y macrozooplancton durante agosto del 2004 a junio del 2007 en la estación 18 frente a Concepción.

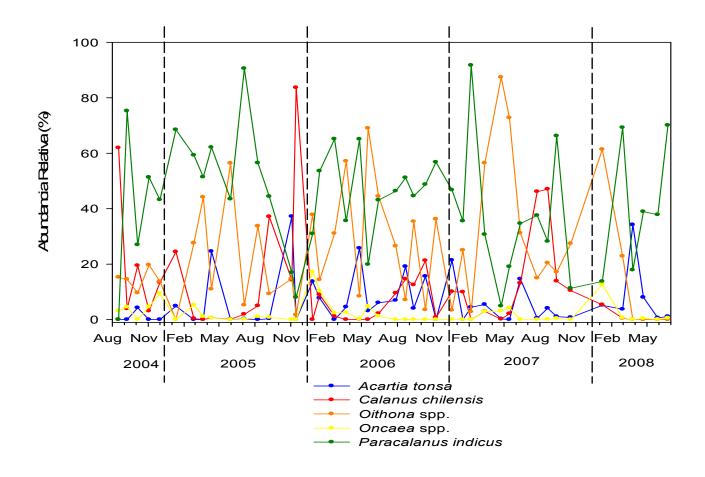


Figura 58: Composición del meso y macrozooplancton durante agosto del 2004 a junio del 2007 en la estación 18 frente a Concepción.

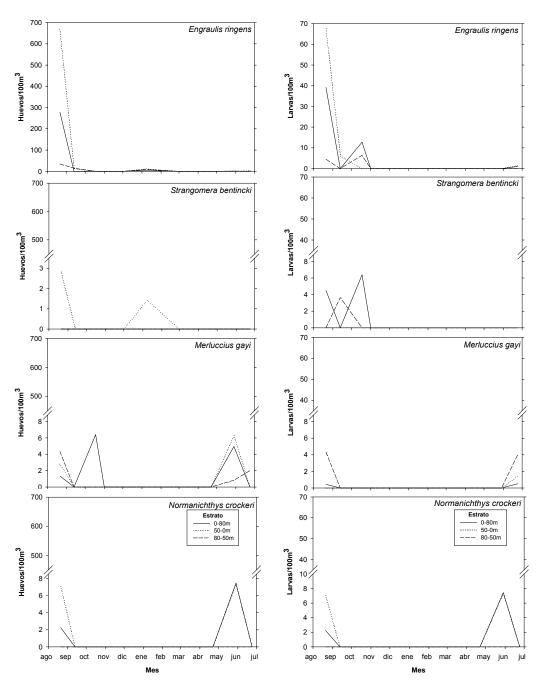


Figura 59. Abundancia de huevos y larvas (ind. /100m³) de la estación 18, desde agosto 2007 a junio 2008.

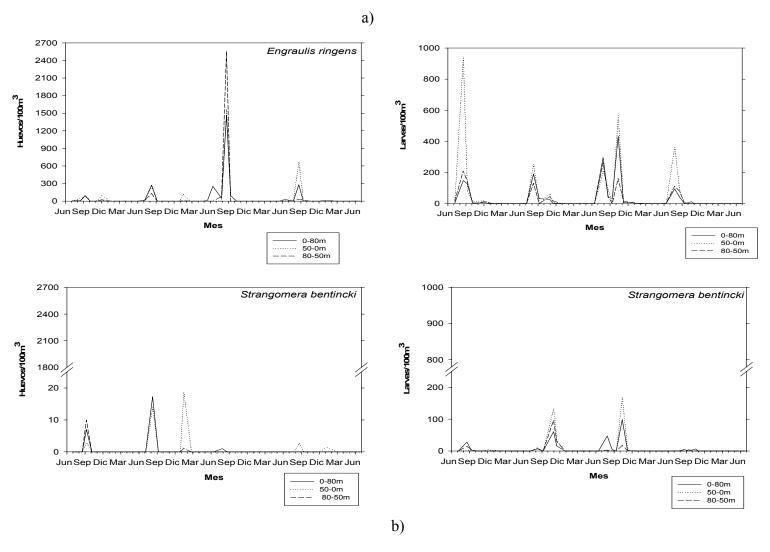


Figura 60.- Variación de abundancia de huevos y larvas de a) anchoveta y b) sardina común en el período 2004 -2008, estación 18.

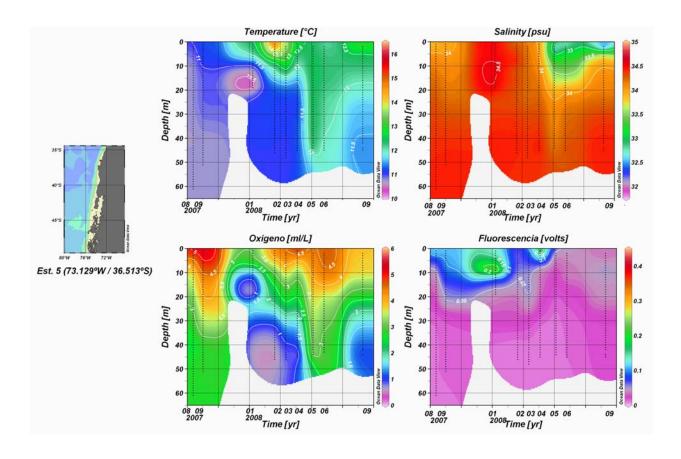


Figura 61. Temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto ml L⁻¹ y fluorescencia en la nueva serie de la Estación a 5 mn de la costa, plataforma continental frente a Bahía Coliumo.

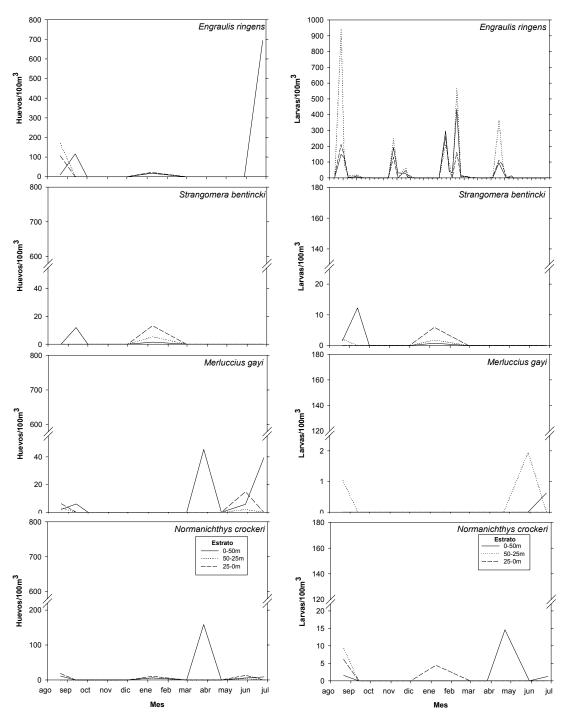


Figura 62. Abundancia de huevos y larvas (ind. /100m³) de la estación 5, desde agosto 2007 a junio 2008 fernte a Bahía Coliumo.

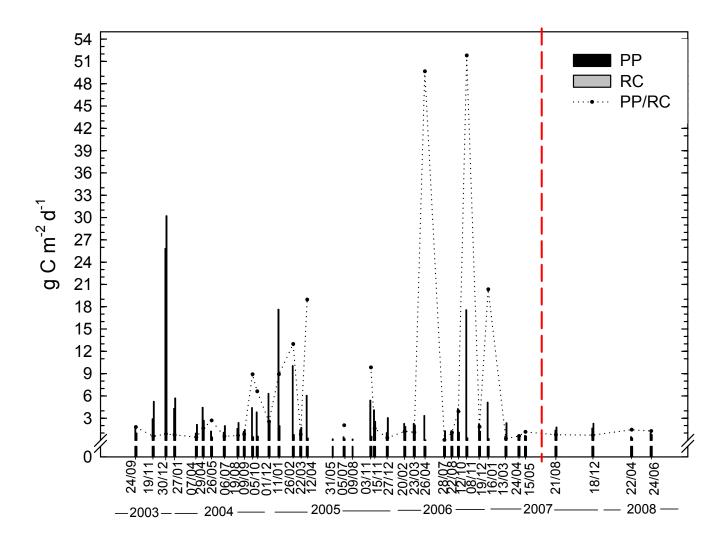


Figura 63. Variabilidad temporal de la tasa de Producción Primaria bruta (PP), Respiración Comunitaria (RC) y razón PP/RC en la estación 18. La línea punteada roja indica el inicio del actual período de estudio.

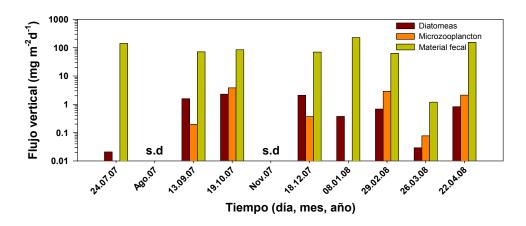


Figura 64. Sedimentación total (escala log), mostrando sus principales componentes durante julio 2007 y abril 2008 en la E.18, frente a la costa de Concepción. s.d indica sin datos.

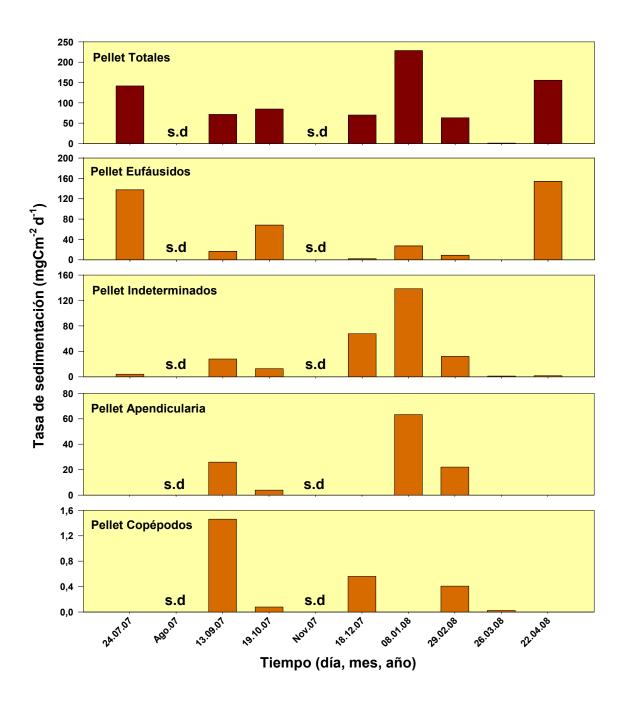


Figura 65. Flujo vertical de material fecal total y la contribución de pellets de eufáusidos, indeterminados, apendicularias y copépodos entre julio 2007 y abril 2008 en la E.18, frente a la costa de Concepción.

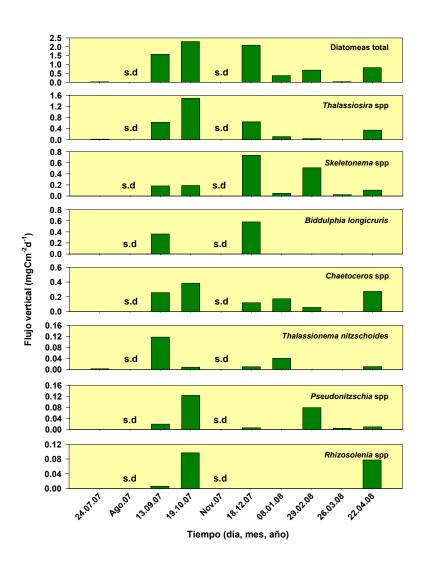


Figura 66. Flujo vertical de diatomeas total y sus principales géneros/especies entre julio 2007 y abril 2008 en la E.18, frente a la costa de Concepción.

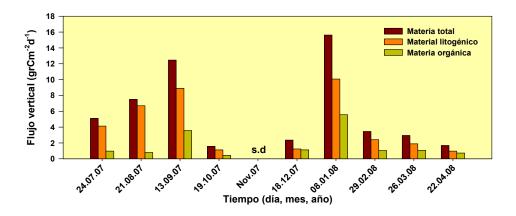


Figura 67. Flujo de materia total (peso seco), materia orgánica y fracción litogénica obtenida por el método gravimétrico, en la E.18 frente a Concepción entre julio de 2007 y abril de 2008.