

INFORME FINAL  
PROYECTO FIP N° 2005-01

**“MONITOREO DE LAS CONDICIONES BIO-OCEANOGRÁFICAS EN LA VIII  
REGIÓN, AÑO 2005”**



**REQUIRENTE**

---

CONSEJO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, CIP

**EJECUTOR**

---

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA  
DEL PACIFICO SUR ORIENTAL, COPAS

JEFE DE PROYECTO

---

Dr. Giovanni Daneri H.

INVESTIGADORES

---

Dr. Leonardo Castro  
Dr. Giovanni Daneri  
Dr. Rubén Escribano  
Dra. Laura Farias  
Dr. Humberto González  
Dra. Carmen Morales  
Dr. Oscar Pizarro

## RESUMEN EJECUTIVO

### “MONITOREO DE LAS CONDICIONES BIO-OCEANOGRÁFICAS EN LA VIII REGIÓN, AÑO 2005”

El Consejo de Investigación Pesquera ha requerido la participación de científicos para desarrollar una línea de investigación bio-oceanográfica para la VIII Región, a través de un monitoreo ambiental durante el año 2005, combinado con un estudio de la variabilidad espacial de las condiciones oceanográficas durante el período de mayor productividad y actividad biológica en esta región, la primavera. A diferencia de los monitoreos oceanográficos tradicionales, este proyecto ha decidido también incluir el estudio de algunos procesos claves que controlan la productividad y diversidad del ecosistema. Entre tales procesos están la producción primaria, respiración comunitaria, flujo de exportación de materia orgánica, biomasa fitoplanctónica (total y fraccionada), y el análisis de los distintos componentes biológicos en la columna de agua, referidos a pico-, nano-, meso- y macrozooplancton, además del estudio específico del ictioplancton. El Centro Oceanográfico COPAS, de la Universidad de Concepción ha asumido la tarea de iniciar este estudio durante el período julio 2004 - julio 2005 en el proyecto FIP2004-20 y durante el período agosto 2005 – julio 2006 en el proyecto FIP2005-01.

Para dar cumplimiento a los objetivos del estudio (definidos en los términos básicos de referencia), el Centro COPAS realizó el crucero de primavera 2005. El crucero MOBIO-BIO II tomó lugar a bordo del B/C Abate Molina, durante el período del 06 al 17 de diciembre de 2005. Al igual que lo ocurrido durante el crucero de primavera del proyecto de Monitoreo de las Condiciones Bio-Oceanográficas de la VIII Región del año 2004 la distribución espacial de las variables oceanográficas medidas fueron las esperadas para la época de surgencia en la región. Los resultados del crucero (año 2005) pueden sintetizarse como sigue:

- Las condiciones oceanográficas en la Región VIII durante el crucero realizado revelan condiciones típicas de primavera, con aguas frías y más salinas a lo largo de la costa pero especialmente en dos focos de surgencia, uno norte cercano al margen costero y otro frente al Golfo de Arauco con extensión hacia la zona oceánica.
- La formación de plumas de surgencia y transporte de masas de agua advectada por la surgencia costera puede presentar altas y variables concentraciones de clorofila-a que producirían una alta heterogeneidad en la distribución de la biomasa fitoplanctónica en la zona de estudio.
- La Región VIII presentó condiciones normales de afloramiento costero durante el período primaveral, en ausencia de indicadores de anomalías asociadas a un evento El Niño.
- Gran parte de las agregaciones de organismos planctónicos dominantes (e.g. zooplancton) se encuentran asociados al margen costero coincidiendo con los focos de surgencia. Además las especies estudiadas del ictioplancton (huevos y larvas de especies recurso) se encuentran agregadas especialmente en el margen costero. Solo algunos grupos poseen agregaciones más oceánicas, pudiendo encontrarse en esas áreas por el transporte advectivo fuera de la costa.

Para cumplir con la segunda parte de los objetivos del estudio (definidos en los términos básicos de referencia), el Centro COPAS realizó cruceros mensuales en una estación de muestreo sobre la plataforma continental, frente a Coliumo (a 18 millas náuticas) en el período agosto 2005 a julio 2006. Además, dado que el Centro COPAS ya realizaba esfuerzos de muestreo en esta estación desde agosto del 2002, además de la ejecución del proyecto FIP2004-20 (julio 2004 a julio 2005), parte de esta información anterior ha sido incorporada para contrastar los resultados del presente estudio. Una estación sobre el talud continental (40 millas náuticas) también fue muestreada en forma estacional (cada 3-4 meses), como complemento a las observaciones sobre la plataforma. Los principales resultados sobre la variabilidad temporal de las condiciones bio-oceanográficas durante el período de estudio pueden resumirse de la siguiente forma:

- Durante el período de surgencia (octubre-marzo, con vientos predominantes del S-SW), se observa la presencia de aguas más salinas en toda la columna de agua (Est. 18), una mayor estratificación termal (capa mezcla <20 m), y la marcada presencia de una zona de mínimo oxígeno bajo la termoclina. Mientras tanto, el período invernal y de transición hacia y desde el período de surgencias estacionales, se caracterizó por una columna de agua más homogénea termalmente, con menores salinidades en superficie (estratificación por salinidad), y una mayor oxigenación de la columna de agua.

- La biomasa fitoplanctónica (como clorofila-a total), la producción primaria, así como la abundancia de componentes dominantes en el microplancton (diatomeas) fueron más altas durante el periodo de surgencias en la zona costera. Destaca, sin embargo que aún en esta época no afecta a surgencia costera, se mantienen valores relativamente importantes de biomasa fitoplanctónica y de producción primaria. La respiración comunitaria fue igual o menor que la producción primaria, sugiriendo que en general este sistema se sustenta en su producción. Otros componentes (fracciones pico- y nano-planctónicas, así como el meso- macro-zooplancton) y otros procesos biológicos (flujo vertical) no muestran una estacionalidad marcada.
- El ictioplancton, representado por los estadios tempranos (huevos y larvas) de 3 especies recursos de la zona: anchoveta, sardina común y merluza común, mostró abundancias consistentes con el desove principal de las especies para el período de invierno/primavera de 2004. El segundo desove sin embargo, esperado para finales de verano, estuvo ausente o fue muy reducido dada la baja abundancia de huevos y larvas,

Las condiciones generales, océano-climáticas, de la región durante el periodo del monitoreo (agosto 2005 a julio 2006), se caracterizaron por constituir un año normal, tipificado internacionalmente como un año de condiciones ENOS (El Niño Oscilación del Sur) neutrales. El monitoreo bio-oceanográfico realizado es consistente con esta caracterización, ya que revela un año de surgencia intensa durante la primavera/verano 2005-2006, altamente productivo y con una zona de mínimo oxígeno muy somera, en ausencia de anomalías oceanográficas. Los valores de producción medidos son de los más altos observados en sistemas de surgencia costera. La alta capacidad productiva se transfiere hacia todos los niveles tróficos, dada la alta abundancia y ocurrencia de todas las fracciones del plancton en estudio.

Las escalas temporales y espaciales utilizadas en este estudio fueron utilizadas para conceptualizar la estructura y el funcionamiento del ecosistema marino de la región. La información obtenida para dos años de monitoreo (FIP 2004-20 y 2005-01), junto a la información de estudios previos, sugieren que la surgencia costera constituye el proceso clave de variabilidad temporal. De esta manera fue posible esquematizar 2 fases principales del sistema: 1) período de surgencia (alta producción biológica), 2) período de no surgencia (producción biológica moderada), ambos delimitados por una fase de transición.

Con el objeto de divulgar y discutir los resultados del estudio, el Centro COPAS realizó el lunes 25 de septiembre de 2006 una serie de presentaciones a la comunidad universitaria a través de un Taller de Difusión de resultados. Para este evento se invitó a autoridades universitarias, investigadores y estudiantes (Anexo II). Uno de los objetivos más importantes de este Taller, además de divulgar y discutir los resultados incorporados en este informe final, fue la discusión de la información obtenida ya sea para un año de condición normal o anormal, constituyendo ahora una herramienta de alto valor para evaluar y comprender los impactos derivados de un evento cálido (El Niño), frío (La Niña), o los efectos asociados a fenómenos de gran escala como el cambio climático global. Como actividad anexa se realizó el 16 de Octubre del 2006, una segunda reunión de difusión de los resultados del proyecto FIP 2005-01 ante varios invitados (Anexo II) en el Instituto de Fomento Pesquero de Valparaíso. Una de las principales conclusiones de estos talleres fue la necesidad de extender la cobertura espacial y temporal del área de muestreo de tal manera que se incluyan zonas conocidas de desove y/o de presencia de larvas de peces pelágicos de interés comercial. Otra de las conclusiones importantes fue la necesidad de hacer un mayor esfuerzo integrador de la data generada. Para esto los investigadores del proyecto acordaron la generación de un volumen especial de la revista científica *Progress in Oceanography*. Igualmente se discutió sobre la necesidad de integrar los resultados de los programas de monitoreo oceanográfico de la zona norte y sur del país.

## INDICE DE CONTENIDOS

Página

RESUMEN EJECUTIVO  
**4**

LISTADO DE TABLAS  
**7**

LISTADO DE FIGURAS  
**8**

1. INTRODUCCIÓN  
**13**

1.1. Objetivo General

1.2. Objetivos Específicos

2. METODOLOGIA GENERAL  
**16**

3. RESULTADOS  
**20**

3.1. Condiciones Ambientales 2005 – 2006

3.2. Distribución espacial de variables bio-oceanográficas durante la primavera de 2005

3.3. Variabilidad mensual de las condiciones bio-oceanográficas: estación plataforma (18)

3.4. Variabilidad mensual de las condiciones bio-oceanográficas: estación talud (40)

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES **96**

4.1. Condiciones oceanográficas físicas y químicas del sistema frente a Concepción.

4.2. Los componentes biológicos planctónicos en el sistema frente a Concepción.

4.3. Modelo conceptual del ecosistema marino VIII Región.

5. REFERENCIAS  
**103**

6. ANEXOS  
**106**

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 3.1.</b> Información resumen de las estaciones de CTD, crucero MOBIO-BIO II 2005.....	<b>21</b>
<b>Tabla 3.2.</b> Carbono orgánico total (uM) medidos en la zona costera y oceánica sobre la transecta de los 35° 30' S durante el crucero MOBIO-BIO II 2005.....	<b>46</b>
<b>Tabla 3.3.</b> Principales taxa del mesozooplankton y macrozooplankton encontrados durante la primavera de 2005 frente a la zona de Concepción en la capa de 0-200 m.....	<b>50</b>
<b>Tabla 3.4.</b> Regresión múltiple paso-a-paso para determinar la asociación entre variables ambientales y taxa del zooplankton encontrados en la capa de 0-200 m, durante la primavera de 2005 frente a Concepción. TSM (temperatura superficial del mar), ZMO (profundidad de la zona de mínimo de oxígeno). Valores de TSM y salinidad corresponden a la capa de 1-3 m.....	<b>55</b>
<b>Tabla 3.5.</b> Estadística básica de los vientos registrados durante el período comprendido entre agosto 2004 al 14 de agosto 2006.....	<b>68</b>
<b>Tabla 3.6.</b> Contribución relativa (%) de taxas dominantes de diatomeas al flujo total de células.....	<b>89</b>
<b>Tabla 3.7.</b> Abundancia de huevos de peces por especie, encontradas en la estación 40 (Crucero: 2 (10-08-2004); 24 (1-08-2006)), incluyendo anchoveta ( <i>Engraulis ringens</i> ), sardina común ( <i>Strangomera bentincki</i> ) y merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ).....	<b>95</b>
<b>Tabla 3.8.</b> Abundancia de larvas por especies encontradas en la estación 40 (Crucero: 2 (10-08-2004); 24 (1-08-2006)), incluyendo anchoveta ( <i>Engraulis ringens</i> ), sardina común ( <i>Strangomera bentincki</i> ) y merluza común ( <i>Merluccius gayi</i> ).....	<b>95</b>

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Modelo conceptual de los procesos y componentes a estudiar. Aut = autótrofos, P = picoplancton, N = nanoplancton, M = microplancton, clo-a = clorofila-a.....	<b>16</b>
<b>Figura 2.2.</b> Esquema de obtención y recopilación de la información durante el estudio.....	<b>17</b>
<b>Figura 3.1.</b> Posición geográfica de las estaciones oceanográficas realizadas durante el crucero MOBIO-BIO II, entre el 06 al 17 de diciembre de 2005. Se ilustra adicionalmente las estaciones del monitoreo mensual (E18) y estacional (E40) del período agosto 2005 a julio 2006 y las zonas para cálculo de transporte de Ekman (Ek1, Ek2 y Ek3).....	<b>22</b>
<b>Figura 3.2.</b> Batimetría de la zona de estudio.....	<b>22</b>
<b>Figura 3.3.</b> Campo vectorial del viento superficial derivado del satélite QuickSCAT para el período del crucero MOBIO-BIO II 2005.....	<b>23</b>
<b>Figura 3.4.</b> Transporte de Ekman calculado desde series diarias de viento satelital QUICKSCAT durante diciembre de 2005, para tres posiciones cercanas a la costa, centradas a 35° 45'S, 36° 45'S y 37° 45'S. Los valores corresponden a transporte de volumen en m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> por 1000 m de costa.....	<b>23</b>
<b>Figura 3.5a.</b> Distribución horizontal de temperatura (°C) a 5 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>24</b>
<b>Figura 3.5b.</b> Distribución horizontal de temperatura (°C) a 50 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>25</b>
<b>Figura 3.5c.</b> Distribución horizontal de temperatura (°C) a 100 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>25</b>
<b>Figura 3.5d.</b> Distribución horizontal de temperatura (°C) a 200 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>26</b>
<b>Figura 3.6a.</b> Distribución horizontal de salinidad (psu) a 5 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>27</b>
<b>Figura 3.6b.</b> Distribución horizontal de salinidad (psu) a 50 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>27</b>
<b>Figura 3.6c.</b> Distribución horizontal de salinidad (psu) a 100 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>28</b>
<b>Figura 3.6d.</b> Distribución horizontal de salinidad (psu) a 200 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>28</b>
<b>Figura 3.7a.</b> Distribución horizontal de densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) a 5 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>29</b>
<b>Figura 3.7b.</b> Distribución horizontal de densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) a 50 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>30</b>
<b>Figura 3.7c.</b> Distribución horizontal de densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) a 100 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>30</b>
<b>Figura 3.7d.</b> Distribución horizontal de densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) a 200 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>31</b>
<b>Figura 3.8a.</b> Distribución horizontal de oxígeno disuelto (mL/L) a 5 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>32</b>
<b>Figura 3.8b.</b> Distribución horizontal de oxígeno disuelto (mL/L) a 50 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>32</b>
<b>Figura 3.8c.</b> Distribución horizontal de oxígeno disuelto (mL/L) a 100 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>33</b>
<b>Figura 3.8d.</b> Distribución horizontal de oxígeno disuelto (mL/L) a 200 dB, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>33</b>
<b>Figura 3.9.</b> Distribución horizontal de la profundidad de la isoterma de 11°C, crucero MOBIOBIO 2005.....	<b>34</b>
<b>Figura 3.10.</b> Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) y d) oxígeno disuelto (mL/L), transecta 1 (35°30' S), crucero MOBIOBIO 2005. Línea segmentada en figura "c" representa isohalina de 34.5 y línea segmentada en figura "d" representa isolínea de 0.5 mL L <sup>-1</sup> .....	<b>35</b>
<b>Figura 3.11.</b> Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) y d) oxígeno disuelto (mL/L), transecta 2 (36°00' S), crucero MOBIOBIO 2005. Línea segmentada en figura "c" representa isohalina de 34.5 y línea segmentada en figura "d" representa isolínea de 0.5 mL L <sup>-1</sup> .....	<b>36</b>
<b>Figura 3.12.</b> Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) y d) oxígeno disuelto (mL/L), transecta 3 (36°30' S), crucero MOBIOBIO 2005. Línea segmentada en figura "c" representa isohalina de 34.5 y línea segmentada en figura "d" representa isolínea de 0.5 mL L <sup>-1</sup> .....	<b>37</b>
<b>Figura 3.13.</b> Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) y d) oxígeno disuelto (mL/L), transecta 4 (37°00' S), crucero MOBIOBIO 2005. Línea segmentada en figura "c" representa isohalina de 34.5 y línea segmentada en figura "d" representa isolínea de 0.5 mL L <sup>-1</sup> .....	<b>38</b>

<b>Figura 3.14.</b> Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) y d) oxígeno disuelto (mL/L), transecta 5 (37°30' S), crucero MOBIOBIO 2005. Línea segmentada en figura "c" representa isohalina de 34.5. ....	<b>39</b>
<b>Figura 3.15.</b> Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu) y densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) de transectas longitudinales: oceánica (76° 42'S), intermedia (75° 00'S) y costera. Crucero MOBIOBIO 2005. ....	<b>40</b>
<b>Figura 3.16.</b> Diagramas T-S para las distintas transectas realizadas durante el crucero MOBIOBIO 2005. Las líneas curvas al interior de cada diagrama representan curvas de igual sigma-t. ....	<b>42</b>
<b>Figura 3.17.</b> Profundidad de la isopicna de 26.5 kg m <sup>-3</sup> . Esta isopicna representa el núcleo del Agua Ecuatorial Subsuperficial en la región. ....	<b>43</b>
<b>Figura 3.18.</b> Distribución espacial de la concentración de nitrato (uM) a nivel superficial, frente a la VIII Región, durante el crucero MOBIO-BIO II 2005.....	<b>44</b>
<b>Figura 3.19.</b> Distribución espacial de la concentración de nitrito (uM) a nivel superficial, frente a la VIII Región, durante el crucero MOBIO-BIO II 2005.....	<b>44</b>
<b>Figura 3.20.</b> Distribución espacial de la concentración de fosfato (uM) a nivel superficial, frente a la VIII Región, durante el crucero MOBIO-BIO II 2005. ....	<b>45</b>
<b>Figura 3.21.</b> Distribución espacial de la concentración de silicato (uM) a nivel superficial, frente a la VIII Región, durante el crucero MOBIO-BIO II 2005. ....	<b>45</b>
<b>Figura 3.22.</b> Distribución espacial de la concentración de oxígeno disuelto (mL O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> ) a nivel superficial, frente a la VIII Región, durante el crucero MOBIO-BIO II 2005.....	<b>46</b>
<b>Figura 3.23.</b> Distribución superficial de clorofila-a durante el crucero FIP 2005 de primavera (Noviembre - Diciembre 2005). Panel superior: clorofila-a total; panel intermedio: clorofila-a fracción <20 um; panel inferior: clorofila-a fracción <3 um. Notar la diferente escala de colores entre las figuras A, B, y C.....	<b>48</b>
<b>Figura 3.24.</b> Distribución superficial de clorofila-a total satelital durante el crucero MOBIO-BIO II, 2005 de primavera. Imagen obtenida de SeaWiFS para el día 08 de diciembre de 2005.....	<b>49</b>
<b>Figura 3.25.</b> Distribución vertical de clorofila-a durante el crucero MOBIO-BIO II, 2005: transectas longitudinales para clorofila-a total (líneas y triangulos azules) y la fracción <20 um (líneas y círculos verdes). Panel superiores: transecta costera; panel intermedio: transecta plataforma/borde plataforma; y panel inferior: transecta oceánica. ....	<b>49</b>
<b>Figura 3.26.</b> Distribución espacial de la biomasa del zooplancton, expresada en mg C, integrada para 3 estratos: 0-200 m (panel superior), 0-50 m (panel medio), y 50-200 m (panel inferior), durante la primavera de 2005 frente a la zona de Concepción.....	<b>51</b>
<b>Figura 3.27A.</b> Distribución espacial de componentes dominantes del zooplancton durante la primavera de 2005 en la VIII Región frente a Concepción, en la capa de 0-200 m. Valores expresados en individuos m <sup>-3</sup> .....	<b>53</b>
<b>Figura 3.27B.</b> Distribución espacial de componentes dominantes del zooplancton durante la primavera de 2005 en la VIII Región frente a Concepción, en la capa de 0-200 m. Valores expresados en individuos m <sup>-3</sup> .....	<b>54</b>
<b>Figura 3.28.</b> Estaciones oceanográficas muestreadas durante el crucero de diciembre 2005 (Círculo rojo: Estaciones con red Tucker Trawl (n: 17)).....	<b>56</b>
<b>Figura 3.29.</b> Distribución espacial de huevos correspondiente al estrato 50-0m, durante diciembre 2005.....	<b>57</b>
<b>Figura 3.30.</b> Distribución de huevos de peces correspondiente al estrato 200-50m, durante diciembre 2005.....	<b>57</b>
<b>Figura 3.31.</b> Distribución de larvas de peces correspondiente al estrato 50-0m, durante diciembre 2005.....	<b>58</b>
<b>Figura 3.32.</b> Distribución de larvas de peces correspondiente al estrato 200-50m, durante diciembre 2005.....	<b>59</b>
<b>Figura 3.33.</b> (A) Abundancia de microzooplancton total (cel m <sup>-2</sup> x 1000) integrado hasta en fondo (costa) o hasta un máximo de 200 m de profundidad en la zona oceánica. Los paneles B), C) y D) indican la abundancia de tintínidos, dinoflagelados y larvas nauplii, respectivamente, en la grilla realizada frente a Concepción entre el 7 y 16 de diciembre de 2005.....	<b>60</b>
<b>Figura 3.34.</b> Abundancia de los géneros dominantes de tintínidos y dinoflagelados (cel m <sup>-2</sup> x 1000) integrado hasta en fondo (costa) o hasta un máximo de 200 m de profundidad en la zona oceánica. Los paneles A), B) y C) indican la abundancia de <i>Eutintinnus</i> , <i>Helicostomella</i> y <i>Protoperdinium</i> , respectivamente, en la grilla realizada frente a Concepción entre el 7 y 16 de diciembre de 2005.....	<b>61</b>
<b>Figura 3.35.</b> Carbono de pellet de zooplancton (mg m <sup>-2</sup> ) integrado hasta en fondo (costa) o hasta un máximo de 200 m de profundidad en la zona oceánica. Los paneles A), B), C) y D) indican el carbono de pellet fecales totales, y de eufáusidos, copépodos y apendicularias, respectivamente, en la grilla realizada frente a Concepción entre el 7 y 16 de diciembre de 2005.....	<b>62</b>

<b>Figura 3.36.</b> Distribución superficial de nanoplancton ( $10^3$ células $\text{mL}^{-1}$ ) durante el crucero MOBIO-BIO II (Diciembre 2005). Panel superior: A) nanoflagelados autótrofos; panel inferior: B) nanoplancton heterótrofo.....	<b>63</b>
<b>Figura 3.37.</b> Distribución vertical de nanoplancton ( $10^3$ células $\text{mL}^{-1}$ ) durante el crucero MOBIO-BIO II (Diciembre 2005): transectas longitudinales para abundancia de autótrofos (línea y círculo verdes) y heterótrofos (línea y triángulo azules). Panel superior: transecta costera; panel intermedio: transecta plataforma/borde plataforma; y panel inferior: transecta oceánica.....	<b>64</b>
<b>Figura 3.38.</b> Distribución superficial de la abundancia de picoplancton durante el crucero MOBIO-BIO II (Diciembre 2005). Panel superior: picoplancton autótrofo (células $\text{mL}^{-1}$ ); panel inferior: picoplancton heterótrofo ( $10^3$ células $\text{mL}^{-1}$ ).....	<b>65</b>
<b>Figura 3.39.</b> Distribución vertical de nanoplancton ( $10^3$ células $\text{mL}^{-1}$ ) durante el crucero MOBIO-BIO II (Diciembre 2005): transectas longitudinales para abundancia de autótrofos (línea y círculo verdes) y heterótrofos (línea y triángulo azules). Panel superior: transecta costera; panel intermedio: transecta plataforma/borde plataforma; y panel inferior: transecta oceánica.....	<b>66</b>
<b>Figura 3.40.</b> Ubicación de las estaciones oceanográficas (puntos azules), meteorológica (triángulo verde) y temperatura superficial del mar (cuadrado rojo).....	<b>67</b>
<b>Figura 3.41.</b> Rosa de los vientos del período entre agosto 2004 y 14 de agosto 2006.....	<b>68</b>
<b>Figura 3.42.</b> Datos meteorológicos entre septiembre 2004 y el 14 de agosto de 2006 registrados en el sector de Coliumo.....	<b>69</b>
<b>Figura 3.43.</b> PAR acumulado diariamente desde el 17 de agosto de 2004 hasta el 14 de agosto de 2006.....	<b>69</b>
<b>Figura 3.44.</b> TSM y su anomalía de julio de 2004 al 31 de julio de 2006. Serie registrada en la Estación de Biología Marina de la Universidad de Concepción, Dichato.....	<b>70</b>
<b>Figura 3.45.</b> Evolución temporal de los perfiles de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y fluorescencia en la estación 18 desde julio 2004 al 28 de julio de 2006. ....	<b>71</b>
<b>Figura 3.46.</b> Variabilidad temporal de los nutrientes A) nitrato, B) nitrito, C) amonio y D) fosfato, durante la serie de tiempo realizada en la estación 18 desde agosto 2005 hasta julio 2006.....	<b>72</b>
<b>Figura 3.47.</b> Variabilidad temporal de la concentración de oxígeno disuelto, durante la serie de tiempo realizada en la estación 18 desde agosto 2005 hasta julio 2006.....	<b>73</b>
<b>Figura 3.48.</b> Distribución temporal de clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Período anual: Agosto 2005 - Julio 2006. Panel superior: clorofila-a total; panel intermedio: fracción $<20 \mu\text{m}$ ; panel inferior: fracción $<3 \mu\text{m}$ .....	<b>74</b>
<b>Figura 3.49.</b> Distribución temporal de feopigmentos ( $\text{mg m}^{-3}$ ) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Período anual: Agosto 2005 - Julio 2006. Panel superior: total; panel intermedio: fracción $<20 \mu\text{m}$ ; panel inferior: fracción $<3 \mu\text{m}$ . 50.....	<b>75</b>
<b>Figura 3.50.</b> Serie de tiempo de biomasa zooplanctónica expresada en carbono para el período agosto 2005 a julio de 2006 en estación 18, frente a Concepción. Se muestra la biomasa integrada en la columna de agua 0-80 m (A), en el estrato 80-50 m (B), y en el estrato 0-50 m (C).....	<b>76</b>
<b>Figura 3.51.</b> Composición del meso y macrozooplancton durante agosto del 2005 a julio del 2006 en la estación 18 frente a Concepción.....	<b>77</b>
<b>Figura 3.52.</b> Huevos de peces durante el período Julio 2004 a Agosto 2006, Estación 18.....	<b>78</b>
<b>Figura 3.53.</b> Larvas de peces durante el período Julio 2004 a Agosto 2006, Estación 18.....	<b>79</b>
<b>Figura 3.54.</b> Distribución mensual de la abundancia de los principales componentes en el picoplancton ( $<3 \mu\text{m}$ ), en $10^3$ células $\text{mL}^{-1}$ , en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Período anual: agosto 2005 - junio 2006. Panel superior: abundancia total de pico-autótrofos, incluyendo procariontes (cianobacterias) y fito-eucariontes; panel inferior: abundancia total de bacterioplancton, incluyendo Bacteria y Archaea.....	<b>80</b>
<b>Figura 3.55.</b> Distribución mensual de la abundancia de los principales componentes en el nanoplancton ( $<20$ y $>3 \mu\text{m}$ ), en $10^3$ células $\text{mL}^{-1}$ , en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Período anual: agosto 2005 - junio 2006. Panel superior: abundancia total de nano-autótrofos, predominantemente de flagelados; panel inferior: abundancia total de nano-heterótrofos, predominantemente de flagelados.....	<b>82</b>

<b>Figura 3.56.</b> (A) Abundancia (cél. L <sup>-1</sup> x 10 <sup>4</sup> ) y (B) biomasa (µgC L <sup>-1</sup> ) de diatomeas totales colectadas entre agosto 2005 y julio 2006 a tres profundidades (0, 10 y 30 m) en la estación 18.....	<b>83</b>
<b>Figura 3.57.</b> Abundancia integrada (cél. m <sup>-2</sup> x 10 <sup>7</sup> ; en los primeros 30 m de la columna de agua) de diatomeas totales entre agosto 2005 y julio 2006 en la E18.....	<b>83</b>
<b>Figura 3.58.</b> Abundancia integrada (cél m <sup>-2</sup> x 10 <sup>4</sup> ) en los primeros 30 m de la columna de agua de los géneros de diatomeas más abundantes colectados entre agosto de 2005 y julio de 2006 en la E18.....	<b>84</b>
<b>Figura 3.59.</b> Abundancia integrada (30 m columna de agua) de las especies más abundantes del género <i>Chaetoceros</i> , colectados entre agosto de 2005 y julio de 2006 en la E18.....	<b>85</b>
<b>Figura 3.60.</b> Variabilidad temporal de las tasa de productividad primaria bruta (GPP), respiración comunitaria (CR) y razón GPP/CR en la estación 18. Además se presenta en el cuadro inferior la clorofila total integrada para cada fecha de experimentación.....	<b>86</b>
<b>Figura 3.61.</b> (A) Flujo vertical de materia orgánica, litogénica y carbono (mg m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> ) y (B) flujo vertical de clorofila-a y feopigmentos (mg m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> ) estimado con trampas de sedimento a 50 m de profundidad entre agosto 2005 y julio 2006 en la estación 18. La línea vertical indica la desviación estándar (n=3).....	<b>87</b>
<b>Figura 3.62.</b> (A) Flujo de carbono fecal producido por diversos grupos del zooplancton (mg m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> ) y (B) flujo de carbono de diatomeas, dinoflagelados y ciliados (mg m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> ) estimado con trampas de sedimento a 50 m de profundidad entre agosto 2005 y julio 2006 en la estación 18.....	<b>88</b>
<b>Figura. 3.63.</b> Cambios estacionales en temperatura y salinidad en la columna de agua sobre el talud continental frente a Concepción (estación 40) durante el período 2005-2006.....	<b>90</b>
<b>Figura 3.64.</b> Variabilidad temporal de los nutrientes en la estación 40. A) nitrato, B) nitrito, C) amonio y D) fosfato.....	<b>91</b>
<b>Figura 3.65.</b> Variabilidad temporal de la concentración de oxígeno disuelto (Winkler) en la estación 40.....	<b>92</b>
<b>Figura 3.66.</b> Distribución temporal de clorofila-a (paneles superiores) y feopigmentos (paneles inferiores) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 40. Períodos de muestreo A: 05-09-2005; B: 10-12-2005; C: 07-03-2006; D: 01-08-2006. Se incluyen totales y fracciones de tamaño; en paneles superiores: total (línea verde), <20 µm (línea azul), <3 µm (línea naranja); en paneles inferiores: total (línea naranja), <20 µm (línea celeste), <3 µm (línea rosada).....	<b>92</b>
<b>Figura 3.67.</b> Distribución temporal y vertical de la abundancia (· 10 <sup>3</sup> células mL <sup>-1</sup> ) del nanoplancton autótrofo (línea verde) y heterótrofo (línea azul) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 40. Períodos de muestreo A: 05-09-2005; B: 10-12-2005; C: 07-03-2005.....	<b>93</b>
<b>Figura 3.68.</b> Distribución temporal y vertical de la abundancia (· 10 <sup>3</sup> células mL <sup>-1</sup> ) del picoplancton autótrofo (panel superior, línea verde) y heterótrofo (panel inferior, línea azul) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 40. Períodos de muestreo A: 05-09-2005; B: 10-12-2005.....	<b>94</b>
<b>Figura 3.69.</b> Altimetría satelital del durante el crucero de primavera 2005 (10 de Septiembre de 2005). Datos combinados de altimetría satelital (TOPEX/POSEIDON y JASON), corresponden al set de datos de Aviso ( <a href="http://www.aviso.oceanobs.com/">http://www.aviso.oceanobs.com/</a> ). Recuadro indica zona de estudio.....	<b>97</b>
<b>Figura 4.1.</b> Modelo conceptual de funcionamiento del ecosistema marino de la región VIII región. Se incorpora la variabilidad temporal de la surgencia (estacional). PP y RC son producción primaria y respiración comunitaria (microplancton), respectivamente. FV es flujo vertical de carbono. ....	<b>101</b>
<b>Figura 4.2.</b> Modelo conceptual del ecosistema frente a la VIII Región ilustrando la variabilidad espacial costa-océano. Esquema modificado desde Escribano et al. (2004) e Informe Final FIP 2004-20. ....	<b>102</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El sistema de Corrientes Humboldt (SCH) se le reconoce mundialmente por su alta productividad biológica, que sustenta importantes pesquerías en Chile. La alta productividad del SCH se promueve esencialmente por el efecto fertilizador de los afloramientos costeros inducidos por el viento. La influencia del viento promueve la producción nueva por efecto de bombeo de nutrientes desde niveles subsuperficiales hacia la zona eufótica (Barber & Smith, 1981).

Además de la alta producción biológica, el SCH también contribuye considerablemente a la regulación del sistema climático en el hemisferio sur. Un sustancial intercambio de calor y CO<sub>2</sub> entre el océano y la atmósfera ocurre debido a las surgencias de aguas subsuperficiales frías, ricas en nutrientes y saturadas de CO<sub>2</sub>. La surgencia promueve el transporte de calor hacia el océano y la liberación de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera. A su vez, la fertilización de la zona fótica incrementa la producción primaria (incorporación de CO<sub>2</sub>) desde la atmósfera y promueve la exportación de carbono hacia los sedimentos y aguas profundas.

Adicionalmente, el SCH posee una intensa y relativamente somera (<100 m) zona de mínimo de oxígeno (ZMO) cerca de la costa (Morales et al. 1999). En la ZMO, los procesos biológicamente-mediados de denitrificación contribuyen al sumidero global de nitrógeno disponible como nutriente en el océano y considerables cantidades del gas invernadero N<sub>2</sub>O (por denitrificación y nitrificación) podrían ser liberadas a la atmósfera durante la surgencia. Por otra parte, la circulación cerca del borde oriental del Pacífico Sur juega un papel central en la distribución de calor y sal del océano regional y constituye una importante componente de la circulación termohalina del Pacífico Sur, afectando además las propiedades de las aguas que a través del paso de Drake llegan al Atlántico Sur (Well et al. 2003).

Las características oceanográficas del SCH han sido ampliamente descritas (e.g. Strub et al. 1998). Sin embargo, un menor conocimiento existe sobre la circulación, la variabilidad de las corrientes, los aspectos químicos-biológicos y ecológicos y sus relaciones con la variabilidad ambiental. Recientemente, Daneri et al. (2000) han resumido las tasas de producción primaria en diferentes zonas de Chile, reportando estimaciones tan altas como aquellas encontradas en las productivas aguas frente a Perú. Sin embargo, las vías que permiten la transferencia de esta materia orgánica hacia los niveles tróficos superiores y hacia la producción de recursos pesqueros son desconocidas. De esta manera, existe una urgente necesidad por identificar los componentes claves y los procesos que permitan evaluar el impacto de fenómenos oceanográficos y el cambio climático sobre la productividad del ecosistema marino y sus recursos biológicos. Los componentes del plancton y los procesos que determinan su producción y variabilidad en abundancias son elementos claves que no han recibido la suficiente atención para comprender y prever sus efectos sobre las variaciones en los procesos pesqueros críticos, tales como la sobrevivencia larval y el reclutamiento de los recursos pelágicos y demersales.

Las características anteriores del SCH están sujetas a una fuerte variabilidad interanual causada por el ciclo ENOS (El Niño Oscilación del Sur). La evidencia al presente indica que durante las fases cálidas de ENOS, i.e. El Niño, el transporte de nutrientes hacia la superficie se reduce, causando una marcada disminución de la producción primaria (Barber & Chavez 1983) y el ecosistema marino en conjunto es negativamente afectado (Artnz & Farhbach, 1996). Estudios más recientes, no obstante sugieren que tales impactos pueden variar ampliamente dependiendo del área y componente biológico a considerar (Ulloa et al. 2001, Escribano et al. 2004).

Dentro del SCH, el ecosistema de surgencia de la Región VIII merece especial atención por la importancia económica y social de sus recursos pesqueros. La región presenta un activo centro de surgencia (Fonseca & Farías 1987), con una fuerte variación estacional. La surgencia se intensifica durante la época de primavera-verano (Shaffer et al. 1999), y durante el invierno ocurre normalmente el hundimiento de aguas, dada la prevalencia de vientos norte. La plataforma continental es relativamente amplia (~40 Km desde la costa), interrumpida por algunos cañones submarinos (Sobarzo 1998). El aporte de agua dulce por los ríos y lluvias son importantes y las bajas salinidades pueden extenderse considerablemente hacia el océano durante el invierno (Strub et al. 1998, Faúndez et al. 2001). Algunos de los valores más altos de producción primaria (10 g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) han sido estimados en esta zona (Daneri et al. 2000), los cuales sostienen una de las mayores pesquerías del mundo (Arcos et al. 2000). La ZMO es más profunda (>100 m) y de menor intensidad (>0.5 ml de O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>) que en la zona norte de Chile (Escribano et al. 2004).

Los peces pelágicos son recursos pesqueros, artesanales e industriales, importantes en la Región VIII. La anchoveta *Engraulis ringens* mantiene una población distribuida entre los 32°

y 40° S. Esta población parece distinta y geográficamente separada de la población del norte de Chile (Castro et al. 2002). El recurso jurel *Trachurus murphyi*, constituye una de las mayores pesquerías en la zona de surgencia entre Valparaíso (33° S) y el Golfo de Arauco (38° S). Esta especie exhibe migraciones de gran escala y se encuentra ampliamente distribuida en el océano Pacífico (Arcos et al. 2000), tal que ha sido difícil identificar y asignar sus poblaciones a localidades geográficas. Los crustáceos Galatheidae son también componentes importantes de la economía pesquera de la región. Entre las 16 especies identificadas en aguas Chilenas (Retamal 1981), solo dos de ellas (*Pleuroncodes monodon* y *Cervimunida johni*) han estado sujetas a explotación. El recurso merluza *Merluccius gayi* también es un componente pesquero importante en la zona. Esta especie habita profundidades entre 200 a 400 m y se alimenta esencialmente de eufáusidos (Melendez 1983, Arancibia 1989). En general, los recursos pesqueros mencionados presentan una fase planctónica y las larvas tienden a congregarse sobre las áreas costeras en la plataforma continental, que actúan como resguardo y como fuente de altas concentraciones de alimento (otros componentes del plancton: pico-, nano-, y micro-plancton) (Arcos et al. 1996).

Los recursos pesqueros de la Región VIII han sufrido fuertes fluctuaciones en abundancia a través de los años. La ausencia de información bio-oceanográfica sistematizada de la zona ha impedido establecer la relación entre los cambios del ambiente y las variaciones en tamaño de los stocks de estos recursos. Tales relaciones constituyen componentes críticos para comprender las variaciones en los rendimientos de pesca y, además, son el principal fundamento técnico definido en la Ley de Pesca para aplicar vedas extraordinarias. En especial, se hace necesario establecer un eventual impacto de fenómenos naturales, como eventos El Niño, sobre las poblaciones de peces pelágicos de esta zona y sobre el ecosistema asociado a estos recursos. Los eventos cálidos y fríos del ciclo ENOS han ejercido una fuerte influencia sobre los ecosistemas y recursos pelágicos de la zona norte de Chile (Escribano et al. 2004) y es muy probable que tales eventos afecten también los recursos pelágicos en la zona centro-sur del país, en particular aquellos de la Región VIII. En el contexto anterior, el Consejo de Investigación Pesquera, teniendo presente lo informado al efecto por la Subsecretaría de Pesca y la conveniencia de desarrollar una línea de investigación bio-oceanográfica para la Región VIII, decidió el año 2004 incluir en el programa de investigación pesquera un programa de monitoreo sobre las condiciones bio-oceanográficas. Por los que los resultados presentados en el presente informe configuran la información resumida para el segundo año de ejecución, correspondiente al año 2005. Para tal efecto, y en consideración a la fuerte estacionalidad climática de la región, se decidió iniciar los estudios con un crucero durante primavera, período durante el cual se incrementa la productividad y actividad biológica en la zona. Esta presunción, sin embargo requiere también ser verificada a través de un seguimiento estacional a una escala espacial menor.

## **1.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la variabilidad espacial y temporal de las condiciones y procesos bio-oceanográficos frente a la VIII Región.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 1) Determinar la distribución espacial, a nivel de meso-escala (km), de las variables biooceanográficas 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.
- 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 el objetivo 1.
- 3) Desarrollar una serie de tiempo de frecuencia mensual de las variables señaladas en los objetivos específicos 1 y 2, en estaciones seleccionadas, dentro de la zona de estudio.
- 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.

## 2. METODOLOGÍA GENERAL

**Objetivo General:** *Caracterizar la variabilidad espacial y temporal de las condiciones y procesos bio-oceanográficos frente a la VIII Región.*

Para dar cumplimiento al objetivo general del estudio, y en forma similar al anterior proyecto FIP 2004-20, los investigadores que conforman el equipo científico adoptaron una estrategia de trabajo en conjunto integrando sus especialidades (Anexo I), el conocimiento previo y las capacidades analíticas para los diferentes procesos, variables y componentes en estudio. Para tales fines se ha trabajado sobre la base de un marco conceptual integrado del estudio. El modelo conceptual (Figura 2.1) constituye así el marco de trabajo del equipo científico de la presente propuesta. En este esquema se destacan las variables y procesos físicos-químicos y biológicos y su conexión en el ambiente natural. La premisa fundamental de dicho modelo es que los componentes autotróficos y heterotróficos, así como los procesos y factores que los regulan, constituyen la base biológica que determina en último término la producción biológica de niveles tróficos superiores y, por ende, la producción pesquera de la región.

El enfoque integrado del sistema ha requerido a su vez adoptar aproximaciones metodológicas integradas para la zona de estudio (35-38° S). Para ello se ha contado con recursos y actividades que permitieron cubrir varias escalas espaciales y temporales, tratando de maximizar la información a obtener y optimizar la resolución de las variables a medir y estimar (Figura 2.2).

Este enfoque incluye:

- 1) Recursos satelitales para datos superficiales diarios y semanales en alta resolución de temperatura, biomasa fitoplanctónica, altura del mar, y campos de vientos,
- 2) Estación costera terrestre para información diaria de vientos, luz, presión atmosférica y registro diario de temperatura superficial del mar.
- 3) Monitoreos bio-oceanográficos en escalas mensual y estacional sobre estaciones fijas, en la plataforma continental y sobre el talud
- 4) Un crucero bio-oceanográfico para una condición primaveral, que cubre la variabilidad de meso-escala espacial.

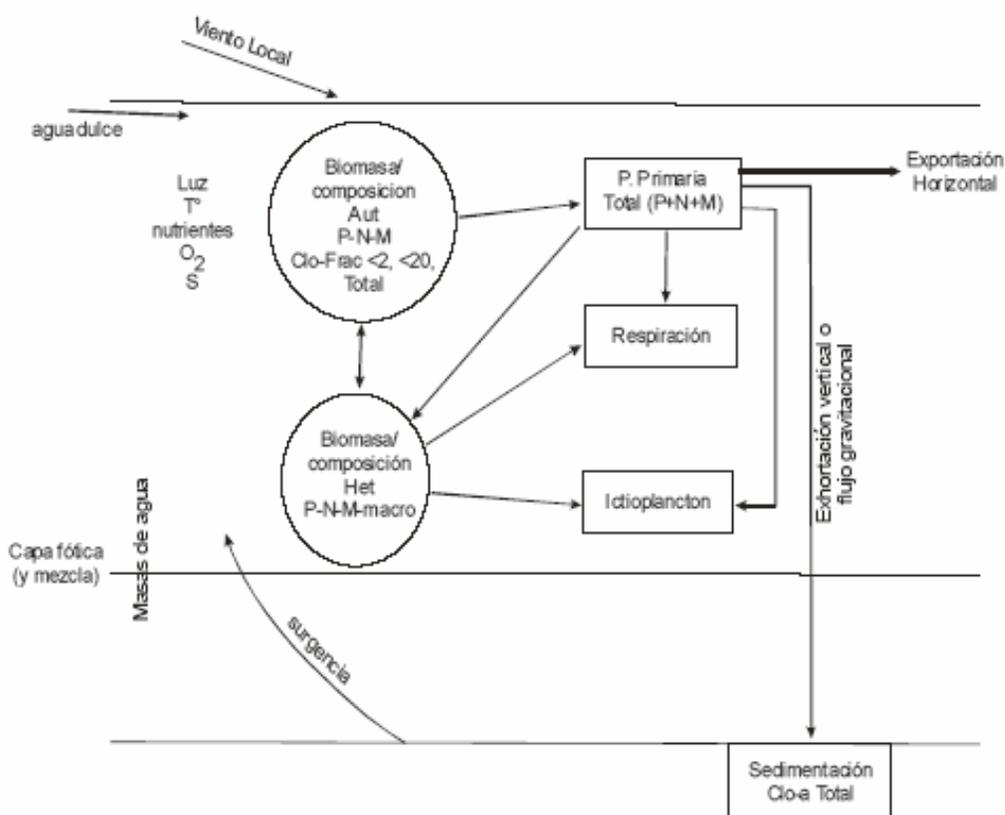


Figura 2.1. Modelo conceptual de los procesos y componentes a estudiar. Aut = autotrófica, P=picoplancton, N=nanoplancton, M=microplancton, Clo-a = clorofila-a

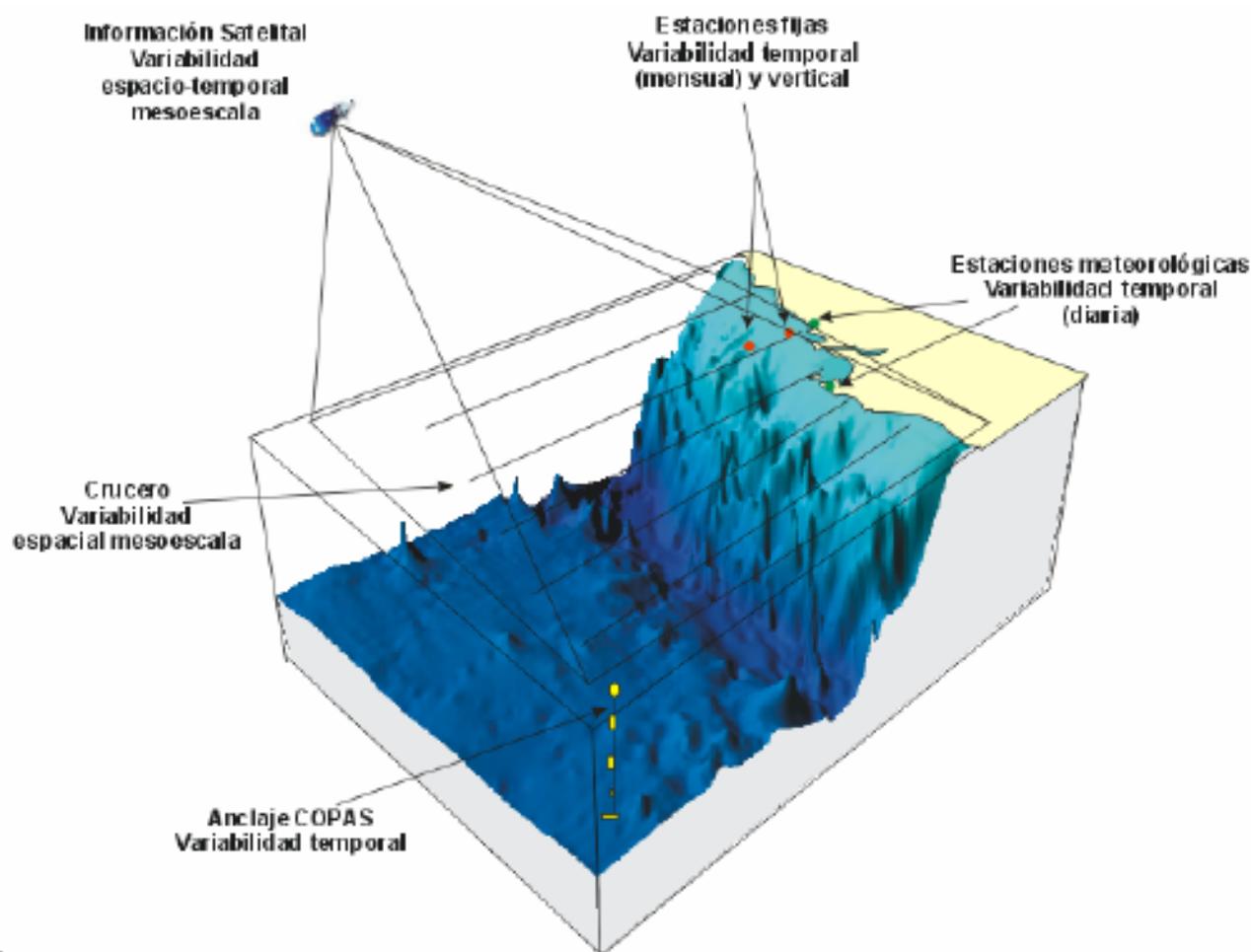


Figura 2.2. Esquema de obtención y recopilación de la información durante el estudio

## 2.1. Métodos de muestreo

Para estudiar la variabilidad temporal de las condiciones bio-oceanográficas han sido utilizadas dos estaciones de muestreo que cubrirán diferentes escalas de tiempo. En una escala de muestreo mensual, se han realizado observaciones y mediciones en una estación costera, ubicada a 18 mn sobre la plataforma continental en la terraza del Itata (Figura 2.2.) y se localiza a  $36^{\circ}30,8' S - 73^{\circ}07,7' W$ . Este punto posee una profundidad aproximada de 90 m.

Una segunda estación de muestreo ha sido monitoreada sobre una escala estacional (cada 3 meses) en un punto localizado a 40 mn de la costa sobre el talud continental (Estación 40). Las coordenadas de esta estación son  $36^{\circ}20' S - 73^{\circ}44' W$  y posee una profundidad de 1000 m (Figura 2.2.).

Se utilizarán dos sistemas de muestreo en todas las estaciones oceanográficas-biológicas indicadas en la Figura 2.2 (Serie de Tiempo y crucero de primavera). Las muestras para macrozooplancton, mesozooplancton e ictioplancton fueron obtenidas desde lances oblicuos estratificados de red Tucker Trawl de  $1 m^2$  de diámetro de boca, equipada con malla de  $200 \mu m$  y flujómetro digital calibrado General Oceanics. Los estratos de muestreo empleados fueron 0-50 m y 50-200 m. El estrato superior de 0-50 m representa la capa de agua fótica, oxigenada y de mezcla, 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. 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 fijada en formalina al 5% neutralizada a un  $pH=7$  con tetraborato de sodio.

Los componentes picoplancton y nanoplancton fueron muestreados desde botellas Niskin en el estrato superior de 100 m. En forma adicional se utilizaron botellas oceanográficas de 30 L para coleccionar muestras para microplancton. Las muestras de picoplancton ( $1350 \mu l$  de muestra) fueron almacenadas en crioviales y fijadas con paraformaldehído 1% conc. final; almacenándose en nitrógeno líquido hasta el laboratorio donde luego fueron transferidas a un refrigerador (DeepFreezer) a  $-80^{\circ}C$  hasta su análisis. Las muestras de nanoplancton (2 muestras de 50 ml c/u) fueron almacenadas en tubos de centrifuga y fijadas con glutaraldehído 2% y lugol 2%, conc. finales, y mantenidas en frío ( $4-6^{\circ}C$ ) 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 tamaño micro-planctónico. En el primer caso, los volúmenes de agua de mar a utilizar fluctuaron entre 10 L (áreas productivas)

hasta 30 L (áreas oligotróficas). Estas muestras fueron filtradas a bordo a través de un tamiz de 23  $\mu\text{m}$ . Los organismos retenidos en el tamiz fueron concentrados hasta un volumen final de aproximadamente 100 ml, guardados en frascos plásticos y preservados con formalina 2%. En el segundo caso, las muestras para micro-fitoplancton sin tamizar (250 ml) fueron almacenadas en frascos plásticos y preservadas con Lugol 2%.

## 2.2. Métodos de análisis de registros y muestras

Las mediciones de salinidad (conductividad), temperatura, oxígeno y presión fueron estimadas utilizando un CTD, el cual fue calibrado en forma previa al crucero de primavera en el laboratorio de Calibración de CTD de la Universidad de Concepción. La información proveniente del CTDO-Fluorescencia fue procesada para corregir efectos de alineamiento de sensores, velocidad de descenso y aplicación de filtros, y los datos finales promediados a un "bin" de 1 m. El análisis preliminar se realizó a bordo para analizar la estructura vertical de las variables y así definir las profundidades de muestreo de agua.

**Análisis de salinidad:** Las muestras de agua para salinidad fueron llevadas al laboratorio en envases de vidrio selladas herméticamente para su análisis en salinómetro GIDLINE de laboratorio.

**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 PROFCA, con la cooperación del Instituto Oceanográfico Scripps. El método está disponible para mediciones de niveles de oxígeno disuelto entre 0 y 400  $\mu\text{mol Kg}^{-1}$  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.

**Análisis de nutrientes:** La determinación de los nutrientes nitrato, nitrito, fosfato y silicato, se realizó mediante técnicas de espectrofotometría, utilizando un analizador de flujo continuo con autoanalizador y métodos discretos (manuales estándares). La determinación de nitrato está basado en el método de Morris & Riley (1963) modificado por Strickland & Parsons (1968). El nitrato es reducido a nitrito usando una columna de Cd-Cu. Para determinación de ortofostato reactivo se empleó la metodología propuesta por Grasshoff et al. (1983). 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  $\beta$ -silicomolibdico de color amarillo. Para la determinación de amonio se utilizó el método propuesto por Holmes et al. (1999), en el cual se prepara una solución de O-ftalaldehído en medio de ácido bórico; este compuesto reacciona con el amonio presente en el agua formando un complejo que fue leído con un fluorómetro TURNER DESIGNS AU-10 y TD-700.

**Biomasa fitoplanctónica (clorofila-a):** Se utilizó el procedimiento estándar para determinar clorofila total (Parsons et al. 1984). 1-2 L fueron colectados en bidones oscuros para filtración inmediata. Para clorofila-a total se utilizaron filtros GF/F (tamaño poro ca. 0,7  $\mu\text{m}$ ). La clorofila-a < 20  $\mu\text{m}$  se obtuvo por filtración con un tamiz de 20  $\mu\text{m}$ , submuestra que fue filtrada sobre filtros de 3  $\mu\text{m}$ . A su vez, la submuestra de clorofila-a < 3  $\mu\text{m}$  fue filtrada por filtros GF/F. Los filtros fueron preservados en nitrógeno líquido para análisis posterior. En el laboratorio la clorofila-a fue extraída por 24 h en acetona 90% y luego leída mediante fluorómetro (Turner Design TD-700)

**Picoplancton:** La determinación del picoplancton fue realizada por medio de citometría de flujo. Las abundancias de cada componente fueron analizadas automáticamente en base a su tamaño y fluorescencia, para obtener estimaciones de abundancia. 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).

**Nanoplancton:** El análisis de flagelados autótrofos y heterótrofos en agua de mar se realizó utilizando un microscopio de epifluorescencia y los fluorocromos DAPI (4,6-diamidino-2-fenilindol) y Proflavina (3-6-diamidino-acridina hemi-sulfato). Estos métodos fueron descritos por Porter & Feig (1980) y Hass (1982) respectivamente. Esta metodología es apropiada para medir organismos en el rango de 2-20  $\mu\text{m}$  (flagelados, dinoflagelados, ciliados) en zonas costeras y oceánicas. Los microorganismos fueron preservados, teñidos, concentrados sobre un filtro de membrana (0,8  $\mu\text{m}$ ) y diferenciados entre autótrofos y heterótrofos por medio de la autofluorescencia de los pigmentos fotosintéticos. Se calculó su abundancia y biomasa

obteniendo registros fotográficos determinando su volumen celular (Chrzanowski & Simek 1990), donde se aplicó un factor de conversión de  $220 \text{ fgC } \mu\text{m}^{-3}$  de acuerdo con lo propuesto por Børshheim y Bratbak (1987).

**Microplankton:** En el laboratorio estas muestras serán analizadas a nivel de grupos y géneros dominantes usando un microscopio invertido (dos equipos disponibles por COPAS), con cámaras de sedimentación, mediante el método de Utermöhl (1958). Los individuos de algunos grupos dominantes provistos de cubiertas minerales u orgánicas (ej. tintínidos) serán además medidos para calcular su volumen de acuerdo a formas geométricas definidas y así estimar la biomasa (como carbono) de esta fracción (Edler 1979).

**Mesoplankton y macroplankton:** En el laboratorio, la muestra congelada de zooplancton fueron filtrada sobre filtros GF/F muflados y pre-pesados. Estas muestras fueron secadas a  $60^\circ\text{C}$  por 24 h, obteniendo el peso seco de la muestra. La información de biomasa fue expresada en peso seco, unidades de carbono y nitrógeno por metro cúbico e integrada por metro cuadrado. La fracción de muestra fijada en formalina fue analizada para composición de especies de mesozooplancton (200-1000  $\mu\text{m}$ ) y macrozooplancton ( $>1000 \mu\text{m}$ ). La abundancia de los grupos y especies dominantes fue expresada por metro cúbico y metro cuadrado.

**Ictioplankton:** 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, y luego se identificaron y enumeraron por especies, con énfasis en las especies-recursos de la zona, tales como merluza, anchoveta, sardina común y otras.

**Análisis de la información:** Toda la información recopilada de los cruceros (crucero de primavera y serie de tiempo) fue almacenada en una base de datos. Los datos de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno permiten el análisis de la distribución espacial horizontal y vertical de las masas de aguas, estimar la estratificación, profundidad de la capa de mezcla, base de la termoclina, oxiclina y nutriclina, y patrón de circulación general. Todas las variables bio-oceanográficas fueron analizadas gráficamente en términos de su distribución espacial, mediante el uso de mapas de distribución horizontal y construcción de secciones verticales latitudinales y meridionales.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Condiciones ambientales en el Pacífico Sur Oriental durante el período 2005-2006

De acuerdo a los reportes internacionales, climáticos y oceanográficos, el Pacífico Sur se caracterizó por presentar condiciones neutras de ENOS (El Niño Oscilación del Sur) durante el período 2005-2006. Las anomalías de temperatura en el Pacífico ecuatorial central presentaron varias fluctuaciones con valores positivos y negativos, asociados fundamentalmente a una fuerte actividad de las oscilaciones “Madden-Julian” (MJO).

En referencia a una escala mayor en el Pacífico, los patrones de anomalías de la temperatura superficial y sub-superficial ecuatorial, se incrementaron durante julio del 2006, con anomalías de la TSM mayores a +0.5 °C observadas en la mayor parte del Pacífico ecuatorial entre 130°E y 140°W. Como resultado, anomalías positivas de la TSM fueron observadas en todas las regiones Niño. A partir de febrero el contenido de calor del océano en los niveles próximos a la superficie se ha incrementado en toda la cuenca, y desde el inicio de abril se han observado anomalías positivas. Las anomalías positivas del contenido de calor del océano en los niveles próximos a la superficie son usualmente precursoras de episodios cálidos (El Niño).

Los modelos estadísticos y acoplados pronostican un rango desde condiciones ENSO neutras hasta las de un débil episodio cálido (El Niño) para lo que resta del 2006 y hacia el inicio del 2007. Por lo tanto, se espera que condiciones ENSO-neutras continúen para los próximos uno a tres meses, con un 50% de probabilidad de que condiciones El Niño débiles se desarrollen hacia el final del 2006.

#### 3.2. Distribución espacial de meso-escala de variables bio-oceanográficas durante la primavera de 2005.

La Figura 3.1 muestra la posición de las estaciones oceanográficas realizadas durante el crucero. El detalle de cada estación y la profundidad alcanzada en cada uno de los lances de CTD se muestra en la Tabla 3.1.

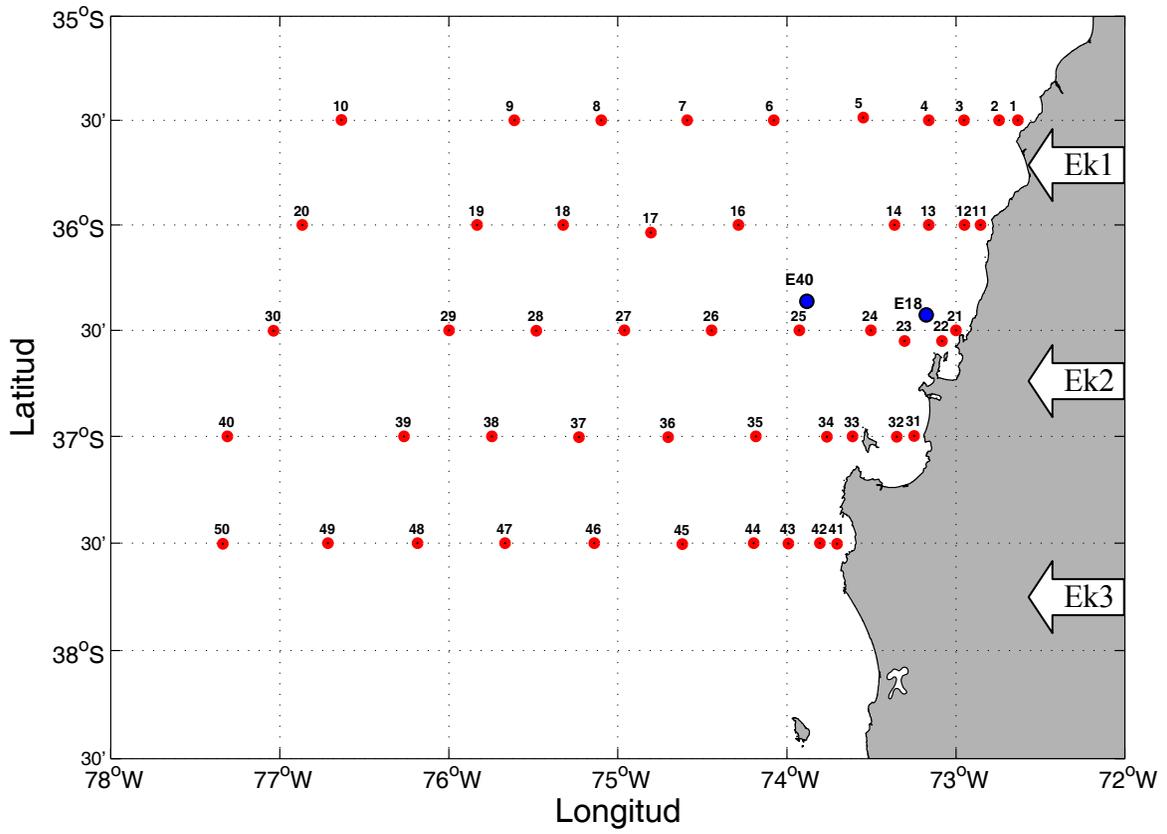
La batimetría de la zona de estudio presenta una amplia plataforma continental, particularmente entre 36° S y 37° S, su ancho es variable, con la presencia de cañones submarinos, como el cañón del río Bio-Bío e importantes rasgos en la línea de costa, como el Golfo de Arauco (Figura 3.2). Por otra parte, solo al norte de la zona de estudio las profundidades oceánicas exceden 5.000 m, marcando el límite sur de la fosa submarina de Chile-Perú.

Información satelital de viento superficial derivada del escaterómetro de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) QuickSCAT fue analizada para conocer las características del viento favorable a la Surgencia durante el crucero (Figura 3.3). Mayor información sobre QuickSCAT puede ser encontrada en diversos sitios de Internet, por ejemplo, <http://winds.jpl.nasa.gov/missions/quikscat>.

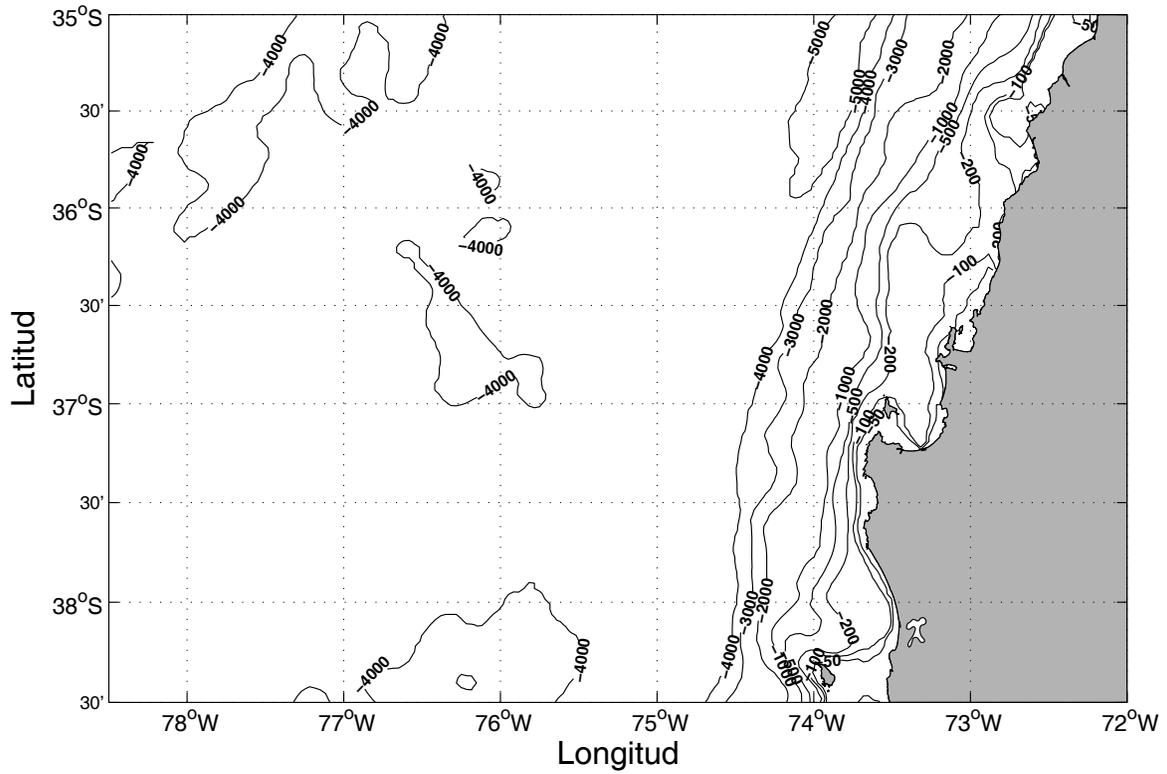
Durante todo el período del crucero (06 al 17 de diciembre de 2005) los vientos cerca de la costa presentaron una componente meridional positiva, es decir, los vientos fueron favorables a la surgencia costera, dominando la componente sur (Figura 3.3), solo durante el primer día de crucero la componente latitudinal domino el índice de vientos superficiales. La Figura 3.4 muestra el índice de surgencia en tres localidades cerca de la costa para todo el mes de diciembre de 2005. Los índices muestran que el transporte de Ekman superficial hacia fuera de la costa, es decir favorable a la surgencia (valores positivos en la Figura 3.4), observándose los máximos valores entre los días 9 y 11 de diciembre en toda el área y al finalizar el crucero (17 al 18 de diciembre) en el sector norte de zona de estudio (35° 45'S)

**Tabla 3.1.** Información resumen de las estaciones de CTD, crucero MOBIO-BIO II 2005

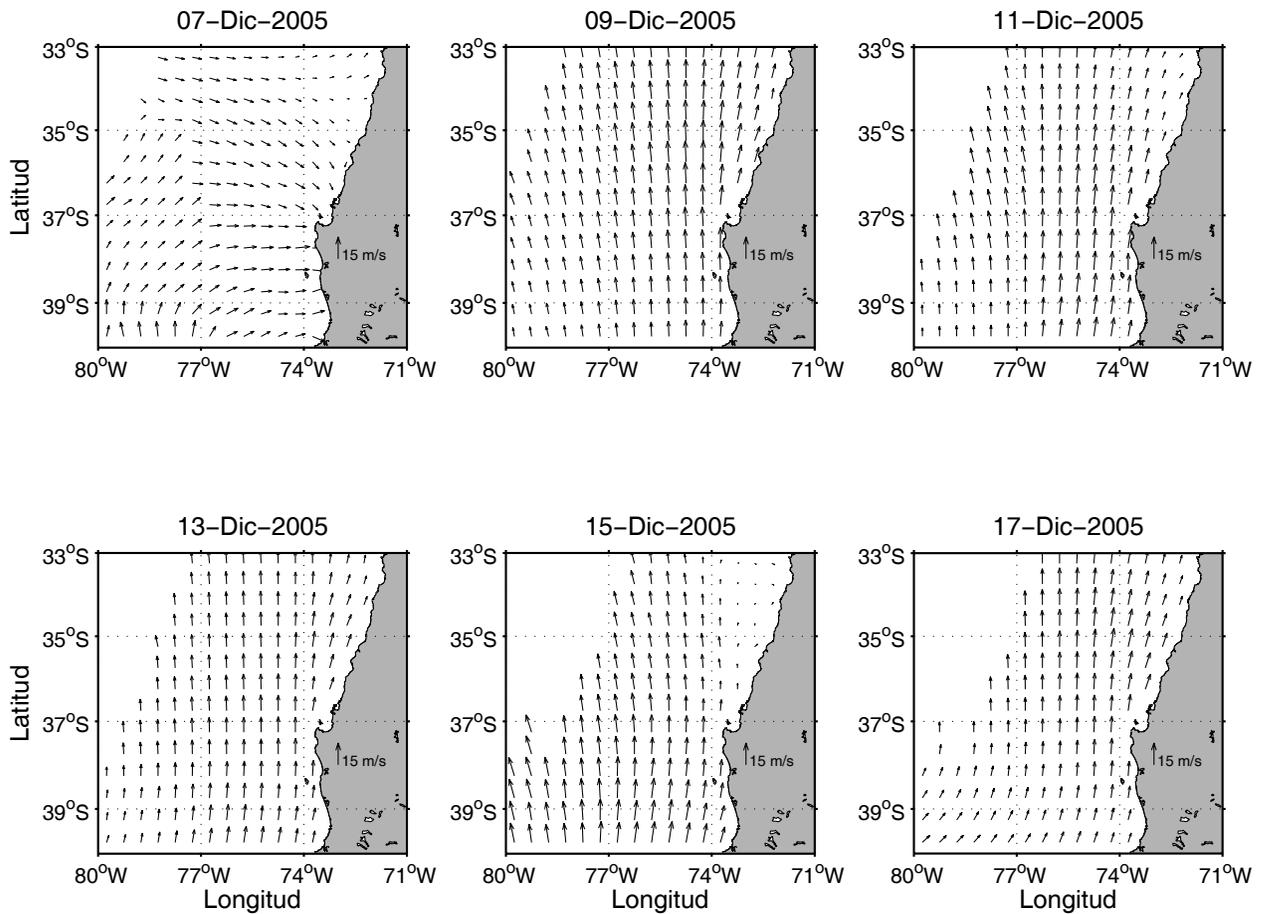
Estación	Lanc e	Fecha	Hora	Latitud	Longitud	z-CTD (m)	z- Sonda (m)
001	001	2005-12-07	01:30	35°30.0' S	72°38.0' W	35	40
002	002	2005-12-07	02:45	35°30.0' S	72°44.7' W	50	54
003	003	2005-12-07	04:20	35°30.0' S	72°57.1' W	150	154
004	004	2005-12-07	07:05	35°30.0' S	73°09.6' W	600	1380
005	005	2005-12-07	10:45	35°29.2' S	73°32.9' W	600	2500
006	006	2005-12-07	16:23	35°30.0' S	74°04.6' W	600	>4000
007	007	2005-12-07	20:23	35°30.0' S	74°35.4' W	600	>4000
008	008	2005-12-08	01:15	35°30.0' S	75°05.9' W	600	>4000
009	009	2005-12-08	04:35	35°00.0' S	75°36.7' W	600	>4000
010	010	2005-12-08	11:47	35°29.9' S	76°38.1' W	1000	>4000
011	023	2005-12-11	02:50	36°00.0' S	72°51.3' W	130	140
012	022	2005-12-11	01:45	36°00.0' S	72°57.0' W	200	225
013	021	2005-12-10	23:00	36°00.0' S	73°09.6' W	370	385
014	017	2005-12-10	06:09	36°00.0' S	73°21.8' W	140	155
016	016	2005-12-10	17:10	36°00.0' S	74°17.2' W	600	4900
017	015	2005-12-09	12:20	36°02.2' S	74°48.2' W	600	>4000
018	014	2005-12-09	07:15	36°00.0' S	75°19.4' W	600	>4000
019	012	2005-12-09	03:05	36°00.0' S	75°50.0' W	600	>4000
020	011	2005-12-08	18:46	36°00.0' S	76°52.0' W	1000	4100
021	024	2005-12-11	12:30	36°00.0' S	73°00.0' W	38	42
022	025	2005-12-11	13:30	36°33.0' S	73°05.0' W	68	73
023	026	2005-12-11	15:10	36°33.0' S	73°18.2' W	100	116
024	027	2005-12-11	17:19	36°30.0' S	73°30.2' W	120	135
025	028	2005-12-11	20:20	36°30.0' S	73°55.6' W	600	2206
026	029	2005-12-12	01:45	36°30.0' S	74°26.7' W	600	>3000
027	030	2005-12-12	05:30	36°30.0' S	74°57.7' W	600	>4000
028	031	2005-12-12	10:10	36°30.1' S	75°28.9' W	600	4200
029	032	2005-12-12	14:20	36°30.0' S	75°59.9' W	600	4150
030	001	2005-12-12	21:00	36°30.1' S	77°02.2' W	1000	4100
031	011	2005-12-14	14:55	36°59.9' S	73°14.8' W	40	46
032	010	2005-12-14	14:00	37°00.1' S	73°21.0' W	65	70
033	009	2005-12-14	10:50	37°00.0' S	73°36.7' W	67	79
034	008	2005-12-14	09:05	37°00.1' S	73°45.8' W	350	420
035	007	2005-12-14	05:00	37°00.0' S	74°11.0' W	600	3190
036	006	2005-12-14	00:35	37°00.2' S	74°42.1' W	600	4687
037	005	2005-12-13	19:00	37°00.2' S	75°13.8' W	600	4180
038	004	2005-12-13	15:25	37°00.0' S	75°44.7' W	600	3929
039	003	2005-12-13	11:47	37°00.0' S	76°15.9' W	600	4010
040	002	2005-12-13	04:02	37°00.0' S	77°18.6' W	1000	4125
041	012	2005-12-14	22:25	37°30.2' S	73°42.2' W	80	86
042	013	2005-12-14	23:50	37°30.0' S	73°48.3' W	215	225
043	014	2005-12-15	01:30	37°30.1' S	73°59.5' W	600	1300
044	015	2005-12-15	04:20	37°30.0' S	74°11.8' W	600	2030
045	016	2005-12-15	07:50	37°30.3' S	74°37.1' W	600	>4000
046	017	2005-12-15	11:55	37°30.0' S	75°08.4' W	600	>4000
047	018	2005-12-15	16:15	37°30.0' S	75°40.0' W	600	>4000
048	019	2005-12-15	20:25	37°30.0' S	76°11.1' W	600	4040
049	020	2005-12-15	00:55	37°00.0' S	76°42.9' W	600	>4000
050	021	2005-12-16	06:25	37°30.2' S	77°20.2' W	1000	>4000



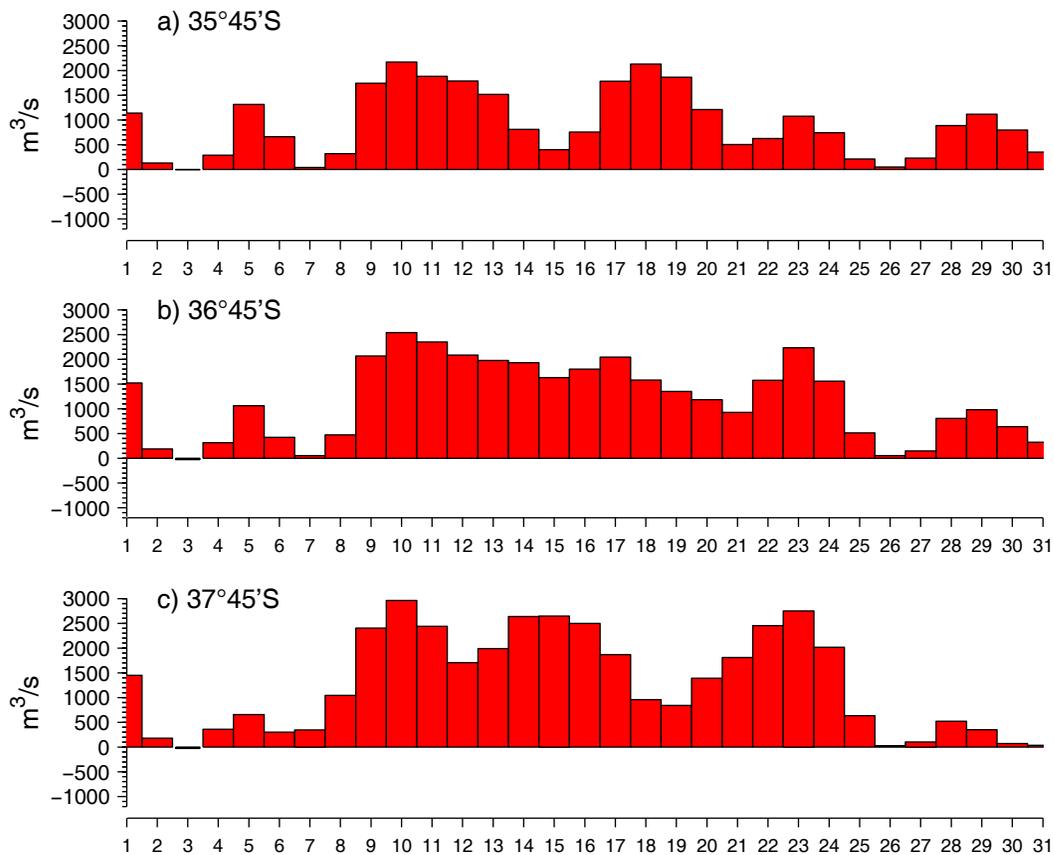
**Figura 3.1.** Posición geográfica de las estaciones oceanográficas realizadas durante el crucero MOBIO-BIO II, entre el 06 al 17 de diciembre de 2005. Se ilustra adicionalmente las estaciones del monitoreo mensual (E18) y estacional (E40) del período agosto 2005 a julio 2006 y las zonas para cálculo de transporte de Ekman (Ek1, Ek2 y Ek3).



**Figura 3.2.** Batimetría de la zona de estudio.



**Figura 3.3.** Campo vectorial del viento superficial derivado del satélite QuickSCAT para el período del crucero MOBIO-BIO II 2005.



**Figura 3.4.** Transporte de Ekman calculado desde series diarias de viento satelital QUICKSCAT durante diciembre de 2005, para tres posiciones cercanas a la costa, centradas a 35° 45'S, 36° 45'S y 37° 45'S. Los valores corresponden a transporte de volumen en  $\text{m}^3\text{s}^{-1}$  por 1000 m de costa.

### 3.2.1. Secciones horizontales de Temperatura, Salinidad, Densidad y Oxígeno Disuelto.

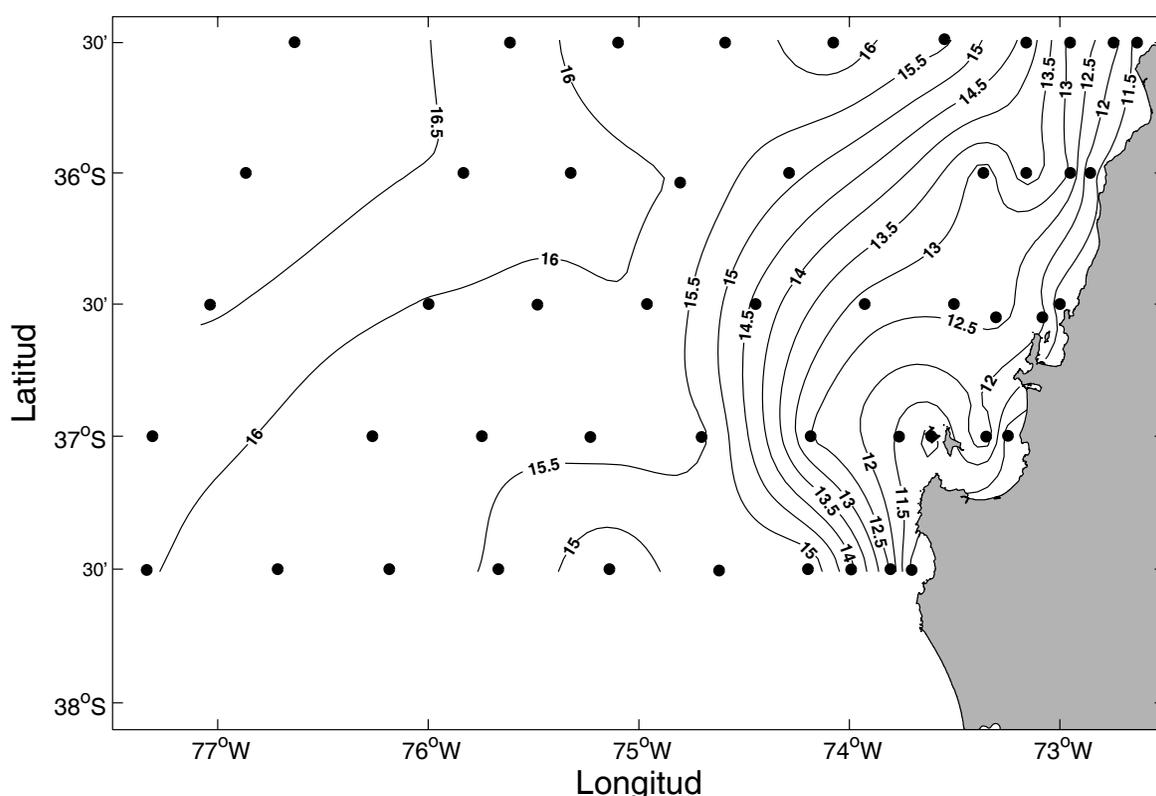
### - Temperatura

La distribución superficial de temperatura del mar (realmente medida a 5 dB de presión o 5 m de profundidad) presenta un marcado gradiente zonal (es decir en dirección este-oeste) y una rica estructura de mesoescala cerca de la costa. Los valores decrecen desde  $\sim 16.5$  °C en la parte norte de la región oceánica a valores  $< 12$  °C en la zona costera (Figura 3.5a). Los valores bajos de temperatura superficial cerca de la costa son consistentes con las condiciones de surgencia sugerida por la información de viento. El agua fría cerca de la costa genera un frente térmico horizontal que se extiende en una dirección aproximadamente norte-sur. La isoterma de 15 °C marca aproximadamente el borde externo de esta zona frontal. En la zona oceánica, al oeste de  $76^{\circ}$  W, la distribución de temperatura superficial muestra la presencia de un pequeño gradiente orientado en una dirección aproximadamente meridional.

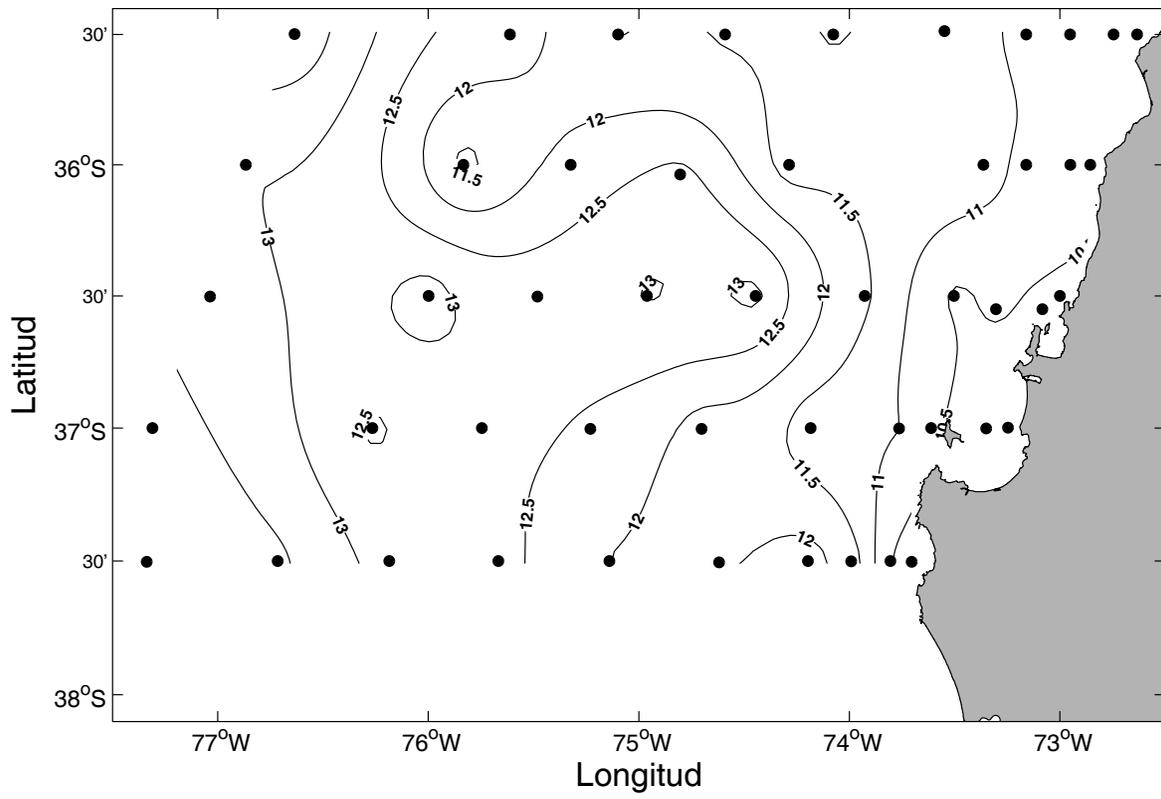
Las temperaturas más bajas observadas a 5 m de profundidad son  $< 13^{\circ}$  C y se localizan cerca de la costa, indicando posibles focos de surgencia durante el período de estudio. Una lengua de agua con temperaturas  $< 12^{\circ}$  C se extiende desde el sur de Punta Lavapié ( $\sim 37^{\circ}15'$  S) hacia el norte, dando lugar a un núcleo frío, incluyendo los  $35^{\circ}$   $30'$  donde alcanza una mayor magnitud hacia la zona oceánica incluyendo hasta los  $75^{\circ} 00'$  W (hasta estación 8)

La temperatura a 50 dB ( $\sim 50$  m de profundidad) presenta valores mínimos ( $\sim 10.5$  °C) sobre la plataforma continental al norte del Golfo de Arauco hasta el norte de la Bahía de Concepción (Figura 3.5b). Las isotermas más frías tienden a orientarse en forma paralela a la costa dando origen a un gradiente hacia el oeste. Hacia el sur y centro del área de estudio, las isotermas más cálidas, localizadas en la zona oceánica, se curvan hacia el este. La disminución de la temperatura hacia la costa a 50 m de profundidad es consistente con lo observado cerca de la superficie a 5 m de profundidad. Sin embargo, los gradientes son menores y la zona de gradientes se extiende hacia el océano. A esta profundidad la isoterma de  $12^{\circ}$  C marca la región de mayores gradientes, ubicándose esta isoterma mucho más lejos de la costa.

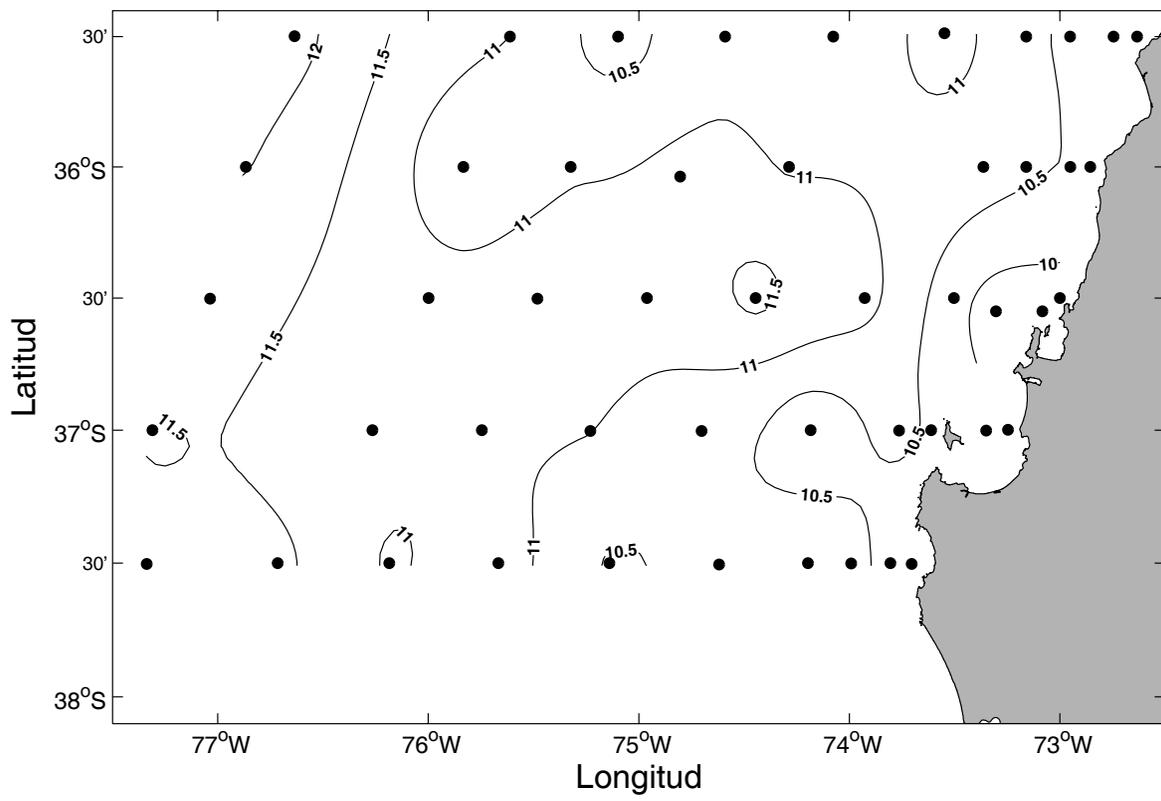
A diferencia de los campos de temperatura cercanos a la superficie (5 y 50 m de profundidad), las distribuciones horizontales de temperaturas a 100 m de profundidad (Figura 3.5c) y a 200 m de profundidad (Figura 3.5d) presentan menores gradientes cerca de la costa, observando temperaturas entre  $10$  y  $11.5$  °C a 100 dB y entre  $9.5$  y  $10.5$  °C a 200 dB.



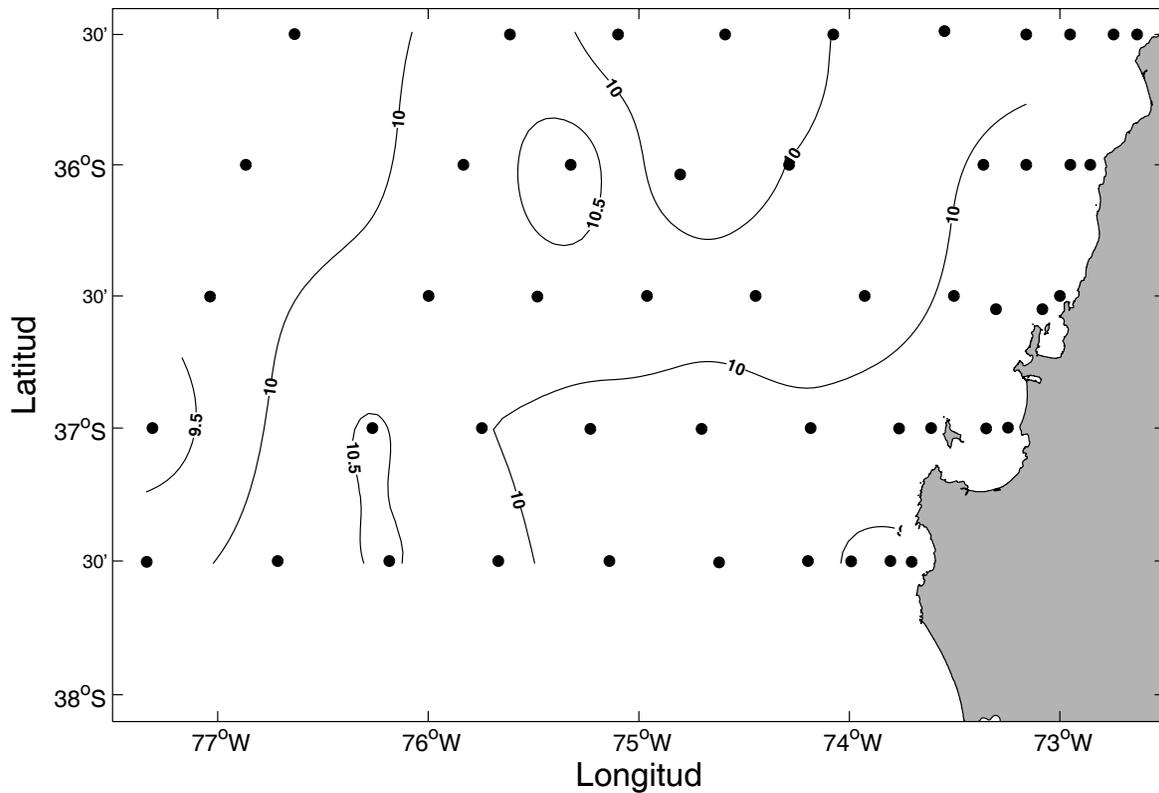
**Figura 3.5a.** Distribución horizontal de temperatura (°C) a 5 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



**Figura 3.5b.** Distribución horizontal de temperatura (°C) a 50 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



**Figura 3.5c.** Distribución horizontal de temperatura (°C) a 100 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



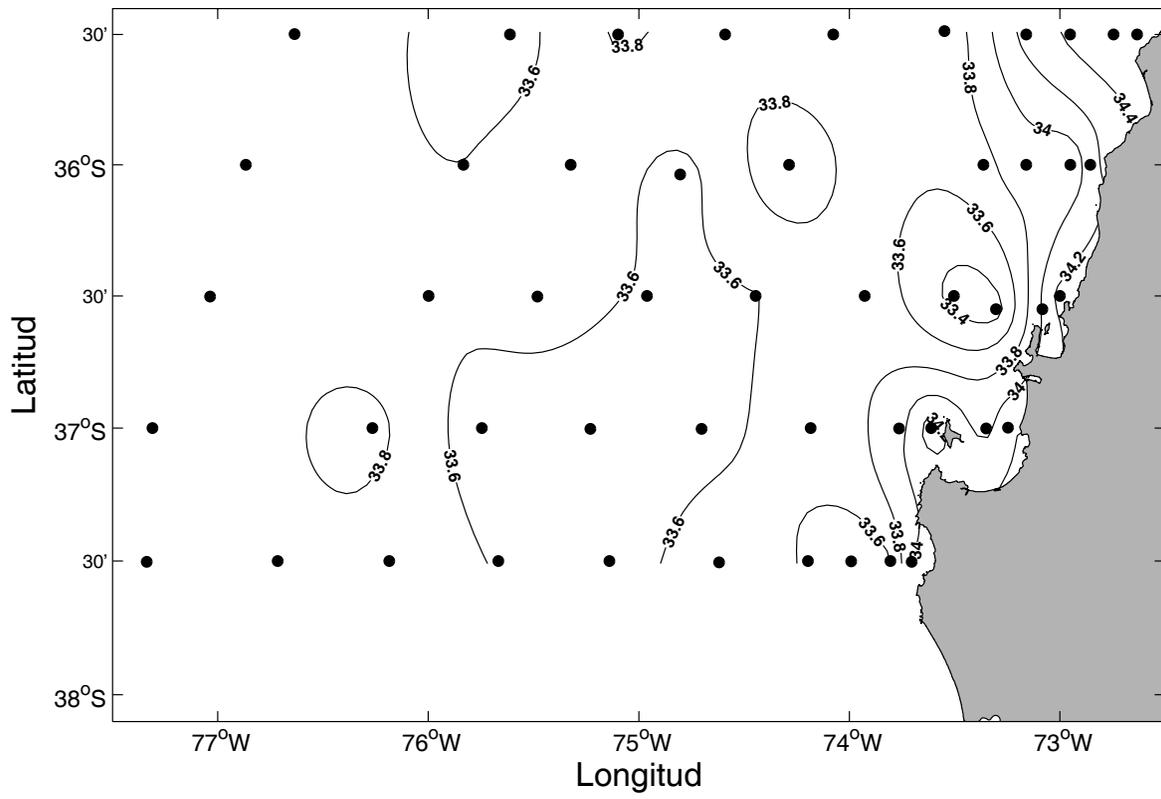
**Figura 3.5d.** Distribución horizontal de temperatura (°C) a 200 dB, crucero MOBIOBIO 2005.

- Salinidad.

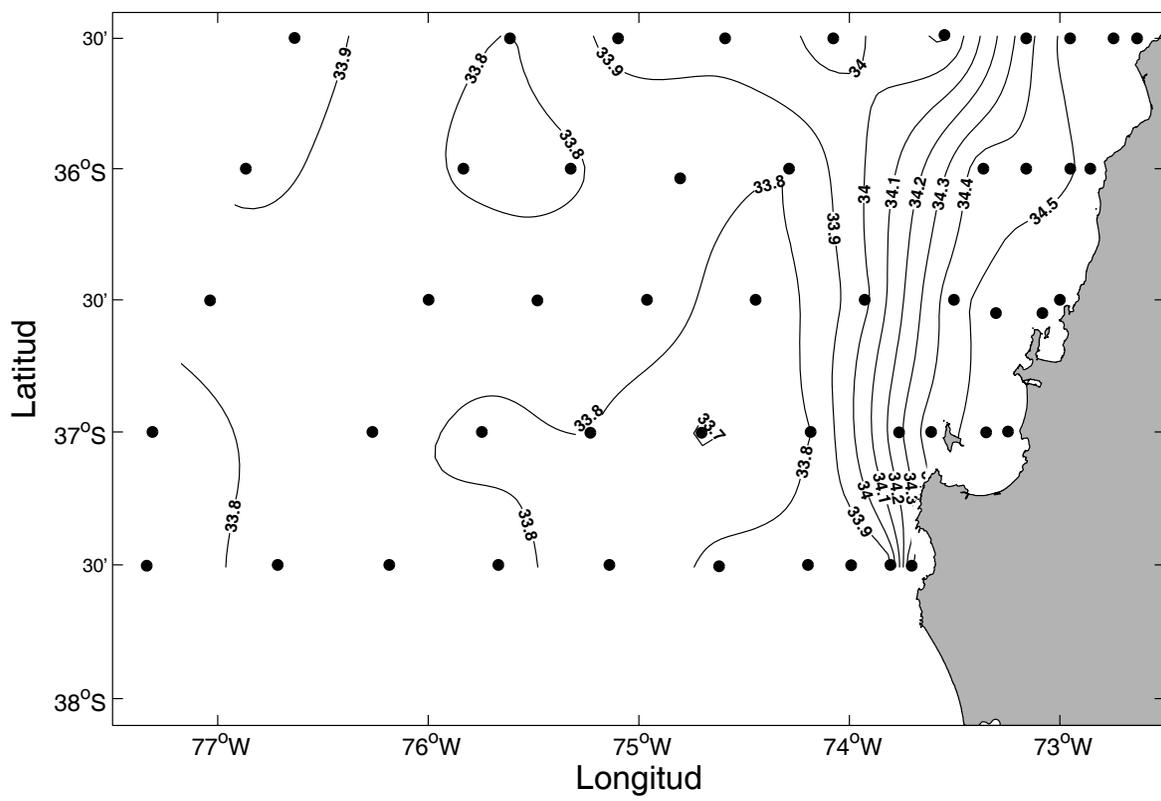
La salinidad cerca de la superficie presenta valores que fluctúan entre 33.4 y 34.4 aproximadamente (Figura 3.6a). Los valores más altos se localizan en una franja costera al norte de la zona de estudio, es decir, en la transecta 1 (ubicada a 35° 30'S). En esta zona, se presentan las más bajas temperaturas superficiales (11.5°C) observándose además un fuerte gradiente térmico hacia la zona oceánica. Los valores mayores de salinidad, localizados cerca de la costa, al igual que los valores bajos de temperatura, darían cuenta de la presencia de aguas de surgencia costera, al norte de 37° 30' S.

A 50 m de profundidad aproximadamente no se observaron salinidades <33.8. Los valores observados a 50 dB son ligeramente mayores a los observados a 5 dB de presión, alcanzando un máximo de 34,5 dentro de las primeras 10 millas náuticas (Figura 3.6b). La región oceánica es dominada por valores cercanos a 33.8 y 33.9, mientras que la zona costera, sobre la plataforma continental, presenta valores >34.0, existiendo además un fuerte gradiente salino muy cercano al borde de la plataforma continental que varía desde 34.0 a 34.4, franja localizada aproximadamente paralela a la costa centrada cerca de 73° 30' W.

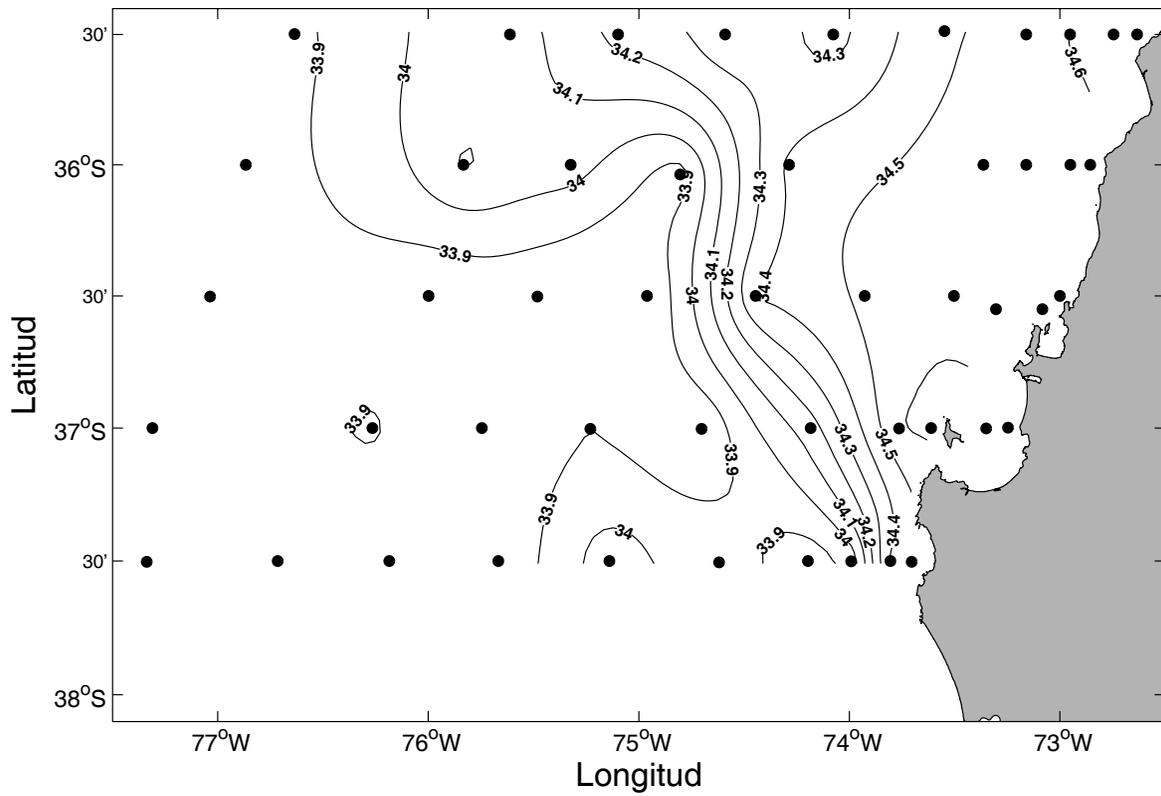
A 100 m de profundidad (o 100 dB aproximadamente) la salinidad decrece hacia fuera de la costa, desde valores cercanos a 34.5 sobre la plataforma continental, hasta 33.8 – 33.9 en la zona oceánica (Figura 3.6c). En general las isohalinas se orientan meridionalmente cerca de los 74° 30' – 75° 00'W, observándose un fuerte gradiente en esta franja. En contraste a lo observado cerca de la superficie, a 200 m de profundidad el campo de salinidad tiende a ser homogéneo, los valores fluctúan entre 34.3 y 34.6 con una tendencia a aumentar hacia la costa (Figura 3.6d).



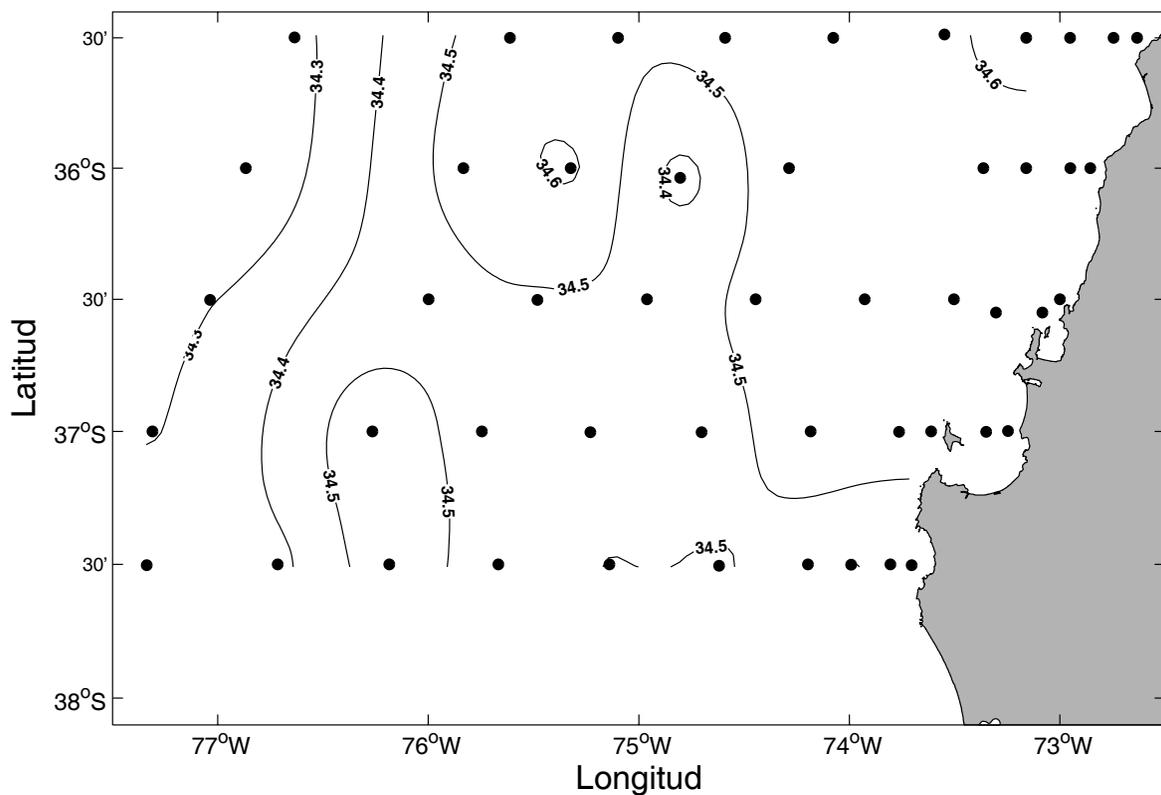
**Figura 3.6a.** Distribución horizontal de salinidad (psu) a 5 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



**Figura 3.6b.** Distribución horizontal de salinidad (psu) a 50 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



**Figura 3.6c.** Distribución horizontal de salinidad (psu) a 100 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



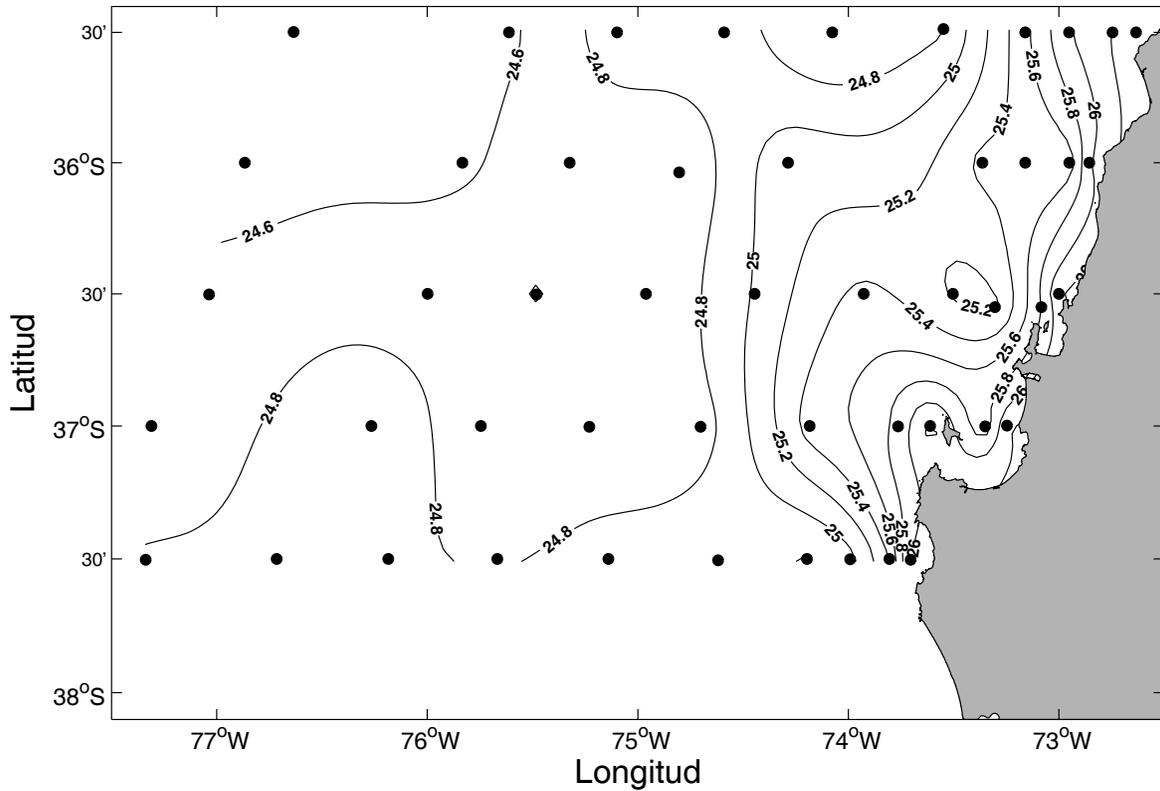
**Figura 3.6d.** Distribución horizontal de salinidad (psu) a 200 dB, crucero MOBIOBIO 2005.

*- Densidad*

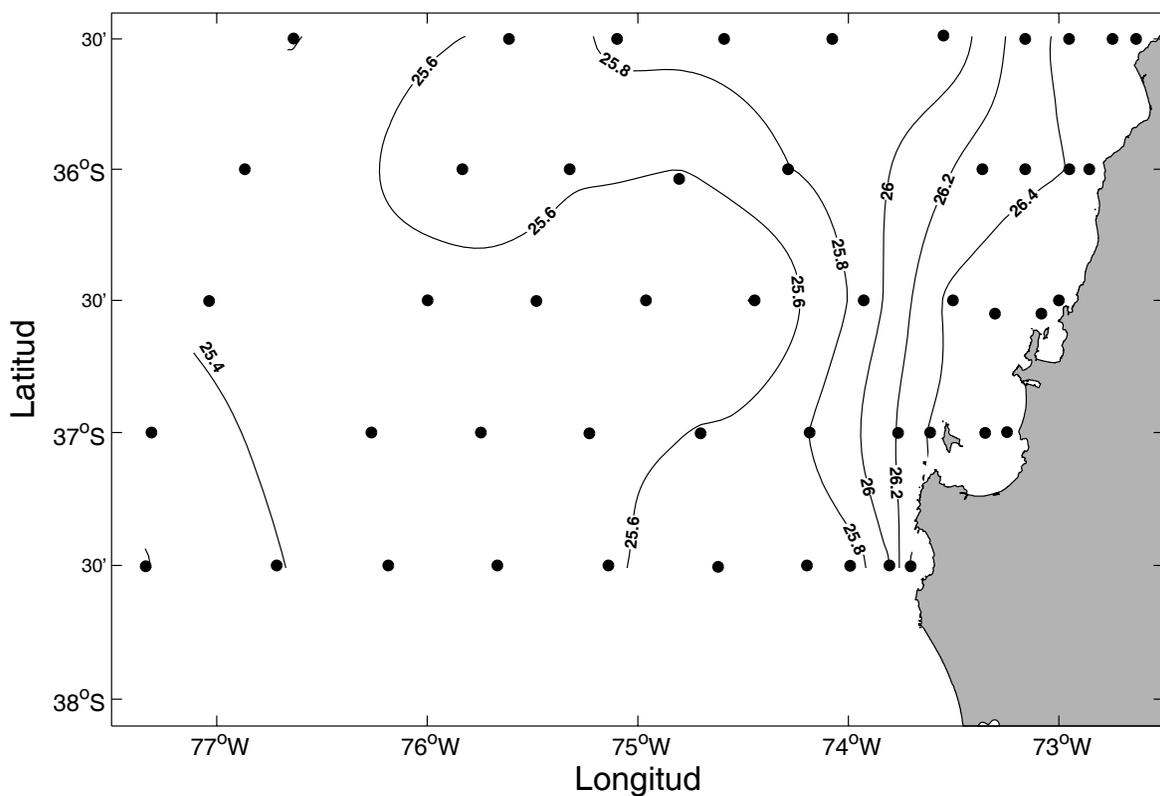
Como es usual en oceanografía, la densidad cerca de superficie se representa como  $\sigma_t$  ( $\text{kg m}^{-3}$ ), en el entendido que los valores se refieren a  $\sigma_t \text{ kg m}^{-3} + 1000 \text{ kg m}^{-3}$ . La Figura 3.7a muestra la distribución superficial (5 db) de  $\sigma_t$  en la zona de estudio. El rasgo más notable de la figura es la presencia de un frente de densidad (zona de alto gradiente horizontal) en una amplia región cercana a la costa. El borde oceánico del frente se extiende entre 50 y 150 km hacia fuera de la costa, en correspondencia con el frente térmico. Al igual que la salinidad, la distribución de  $\sigma_t$  cerca de la superficie presenta una franja oceánica (centrada a los  $74^\circ 45'$  W) orientada meridionalmente con valores relativamente bajos ( $\sim 25.0 \text{ kg m}^{-3}$ ).

El campo de  $\sigma_t$  a 50 m de profundidad (Figura 3.7b) muestra rasgos similares a los observados cerca de la superficie, pero con un frente de densidad menos marcado, centrado en valores

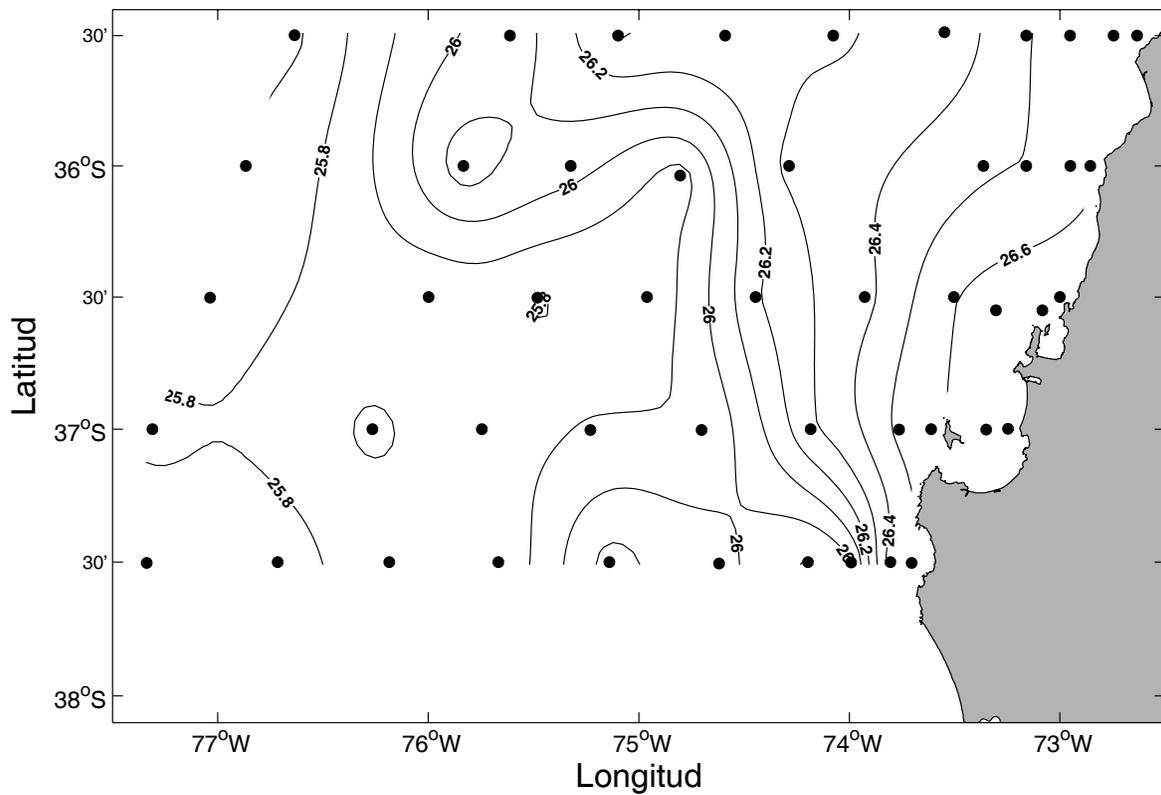
cercanos a  $26.0 \text{ kg m}^{-3}$  a los  $73^\circ 45' \text{W}$ . Las isoclinas de densidad se alinean paralelas a la costa, consistentes con la distribución de salinidad y temperatura observada a 50 m de profundidad. Esta decae desde valores  $>26.0 \text{ kg m}^{-3}$  cerca del quiebre de la plataforma continental (con valores  $>26.4 \text{ kg m}^{-3}$  sobre la plataforma continental al norte del Golfo de Arauco) a valores  $<25.6 \text{ kg m}^{-3}$  en la zona oceánica. A 100 m de profundidad (Figura 3.7c), la distribución de densidad es similar a la observada a 50 m, con valores  $>26.4 \text{ kg m}^{-3}$  cerca de la costa y valores  $<26.0 \text{ kg m}^{-3}$  en la zona oceánica. A esta profundidad (100 m) todavía existe un gradiente importante de densidad hacia la costa; desplazado hacia el área oceánica, principalmente entre los  $35^\circ 30' - 36^\circ 00' \text{S}$ , siendo menor al observado cerca de la superficie. A diferencia de lo anterior, a 200 m de profundidad (Figura 3.7d), el campo de densidad es prácticamente homogéneo, con valores entre  $<26.4 \text{ kg m}^{-3}$  en la zona oceánica y  $>26.6 \text{ kg m}^{-3}$  en la zona más costera.



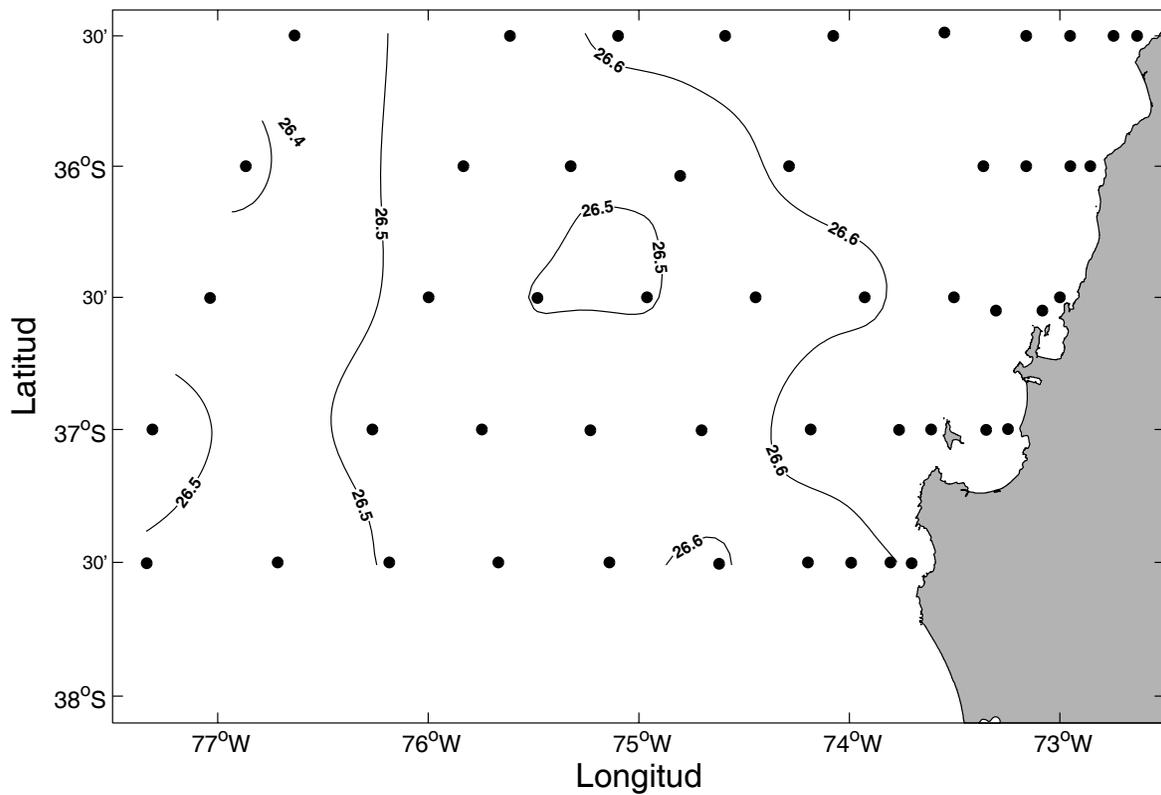
**Figura 3.7a.** Distribución horizontal de densidad ( $\text{Kg/m}^3$ ) a 5 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



**Figura 3.7b.** Distribución horizontal de densidad ( $\text{Kg/m}^3$ ) a 50 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



**Figura 3.7c.** Distribución horizontal de densidad ( $\text{Kg/m}^3$ ) a 100 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



**Figura 3.7d.** Distribución horizontal de densidad ( $\text{Kg/m}^3$ ) a 200 dB, crucero MOBIOBIO 2005.

*- Oxígeno Disuelto*

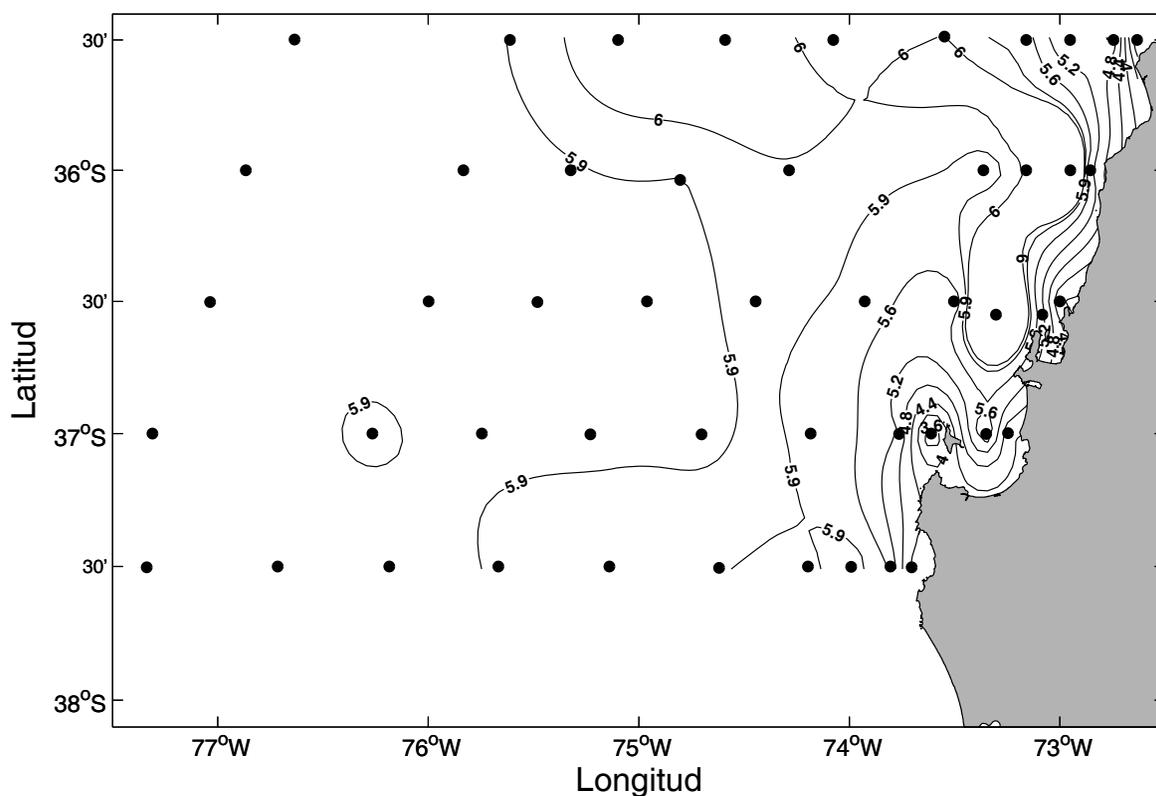
La distribución de oxígeno disuelto observada a 5 m de profundidad (5 dB) en la parte oceánica de la región de estudio es muy homogénea; los valores observados, cercanos a 6.0 mL L<sup>-1</sup>, se aproximan al valor de equilibrio con la atmósfera para la temperatura, salinidad y presión registrada (Figura 3.8a). Cerca de la costa, dentro de las primeras 5 millas, los valores caen rápidamente creando un gradiente, principalmente en la zona de Pta. Lavapié y en la zona norte del área de estudio. Asociadas a la lengua de agua fría ubicada cerca de Punta Lavapié –

valores de temperatura  $<12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , se observan concentraciones de oxígeno  $<3.6\text{ mL L}^{-1}$ , muy por debajo de su valor de equilibrio ( $\sim 6.1\text{ mL L}^{-1}$  para una temperatura de  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , salinidad de 34 y una atmósfera de presión). Al interior del Golfo de Arauco, las estaciones 41 y 42 presentan altos valores a 5 m de profundidad, sin embargo las concentraciones disminuyen a valores  $<1\text{ mL L}^{-1}$  a 15 m y 20 m de profundidad respectivamente.

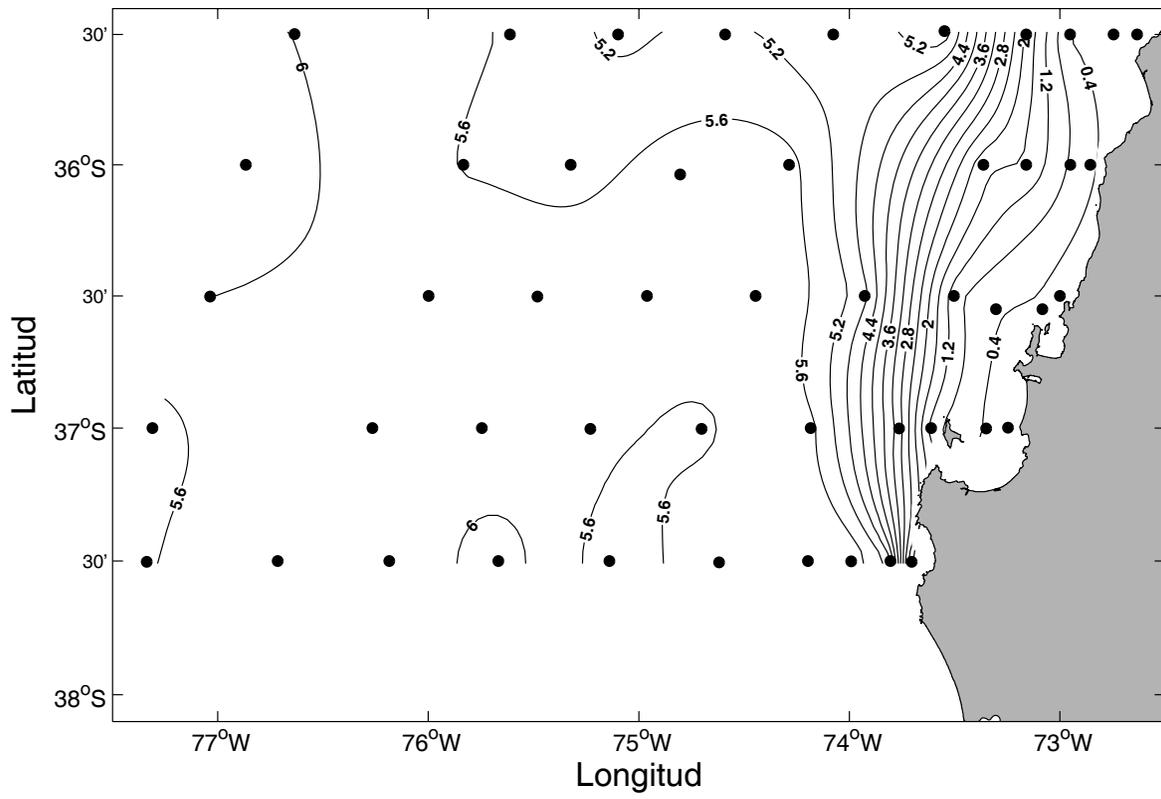
A 50 m de profundidad ( $\sim 50\text{ dB}$ ) la distribución horizontal de oxígeno presenta un importante gradiente cerca de la costa (Figura 3.8b). Los valores decrecen desde  $5.6\text{ mL L}^{-1}$  en la zona oceánica a valores  $<1\text{ mL L}^{-1}$  sobre la plataforma continental. Las isolíneas de oxígeno disuelto se orientan aproximadamente paralelas a la costa siguiendo la distribución observada en las otras variables. La isolínea de  $2\text{ mL L}^{-1}$ , al igual que la isohalina de 34.3 a 50 m de profundidad, delinea aproximadamente el borde de la plataforma continental. Lejos de la costa, la distribución de oxígeno a 50 m de profundidad presenta muy poca variación, con valores cercanos a  $5.6\text{ mL L}^{-1}$ , similares a los observados cerca de la superficie. Esto indicaría una capa superficial bien oxigenada mayor a 50 m en la región oceánica. Este resultado es consistente con la profundidad de la oxiclina en la zona oceánica mostrada en las secciones verticales (ver resultados más abajo).

A 100 m de profundidad ( $\sim 100\text{ dB}$ ), la zona de alto gradiente zonal se extiende desde el borde de la plataforma continental hasta los  $75^{\circ}\text{ W}$  o  $75^{\circ} 30'\text{ W}$  (Figura 3.8c). Cerca de la costa las concentraciones de oxígeno disuelto no superan  $1\text{ mL L}^{-1}$  mientras que en la parte oceánica éstas, en general, son superiores a  $5\text{ mL L}^{-1}$ . Sin embargo, existen dos lenguas de agua con valores  $<4.4\text{ mL L}^{-1}$  en la zona oceánica, una en la parte norte centrada a  $\sim 75^{\circ} 30'\text{ W}$  y otra en el extremo sur, menos intensa cerca de  $75^{\circ} 00'\text{ W}$  (Figura 3.8c). Como se argumenta más adelante, estas lenguas de aguas con bajo oxígeno están asociadas a procesos físicos que transportan aguas costeras de surgencia hacia el interior del océano (mar adentro).

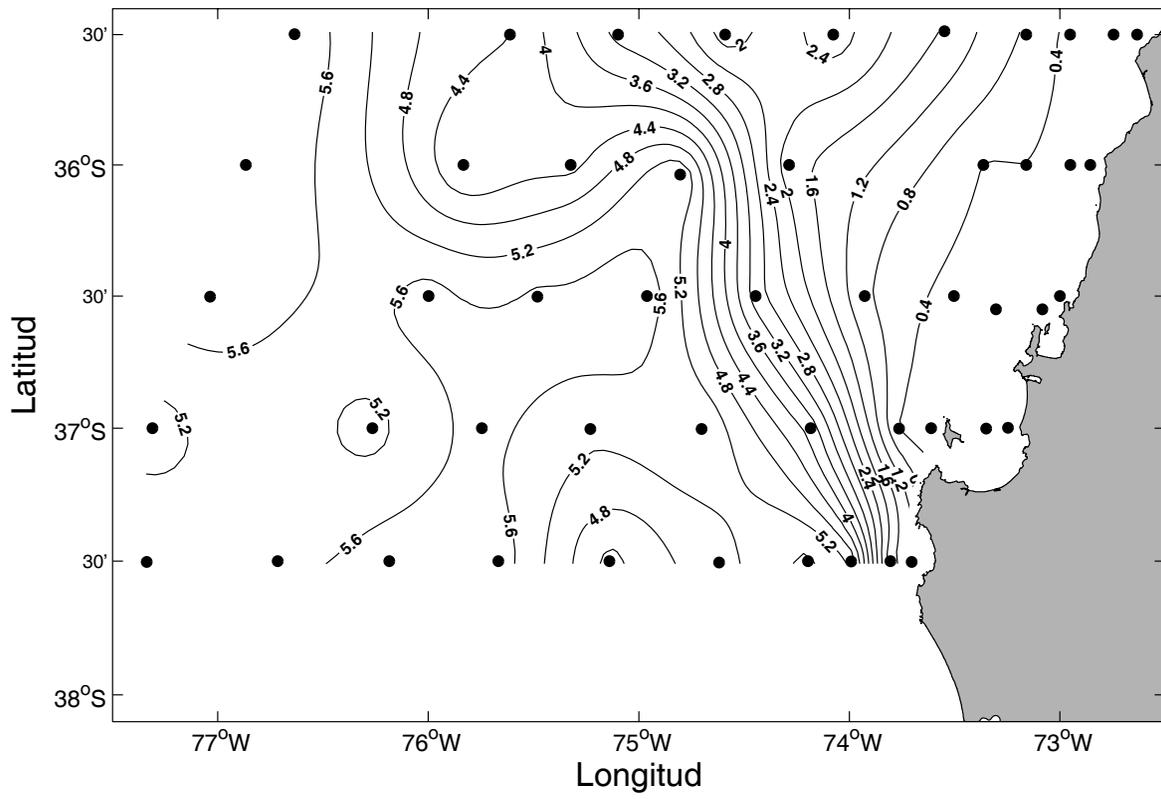
La distribución de oxígeno disuelto a 200 m de profundidad (aproximadamente 200 dB) muestra gran variabilidad y altos gradientes en la zona oceánica (Figura 3.8d), con valores que van desde  $\sim 3.2\text{ mL L}^{-1}$  hasta valores  $<1\text{ mL L}^{-1}$ . Cerca de la costa los valores son relativamente homogéneos ( $<1\text{ mL L}^{-1}$ ), indicando que el núcleo de la mínima de oxígeno comprende esta profundidad. En contraste, la variabilidad observada en la zona oceánica es indicativa de la presencia de la oxiclina. Este rasgo se puede observar con mayor detalle en las secciones verticales que se describen más adelante.



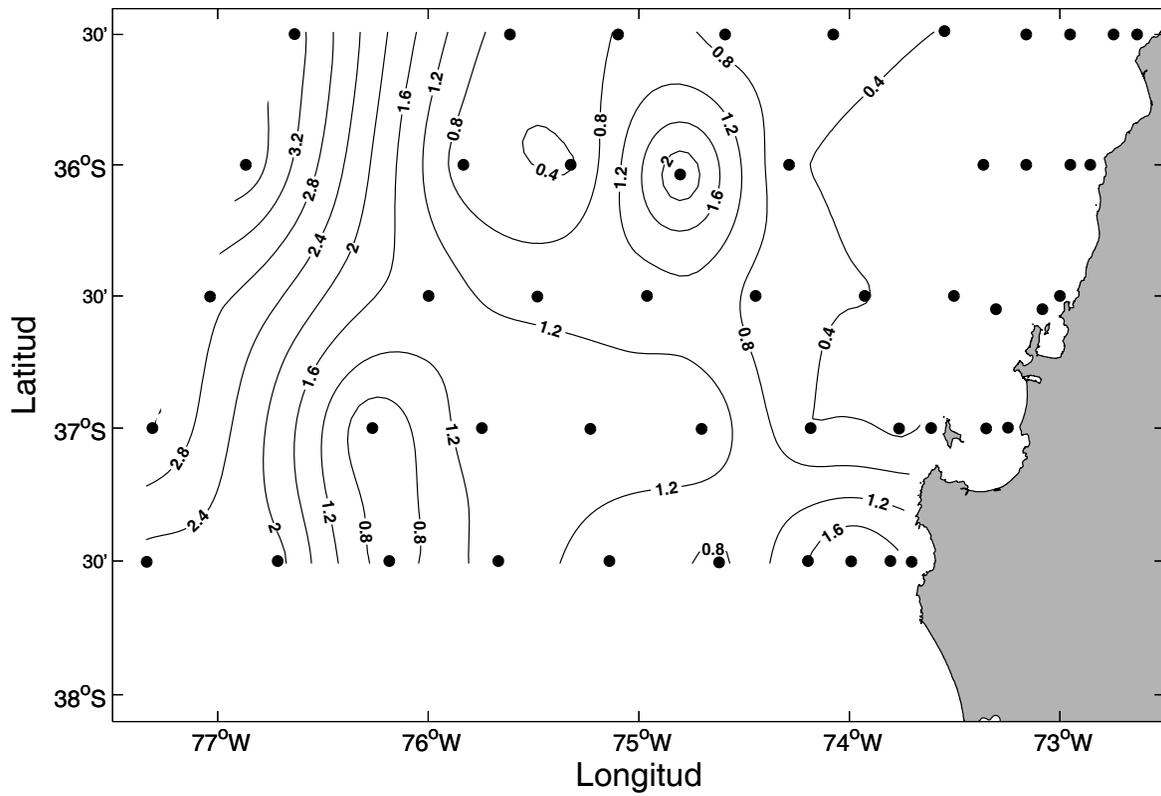
**Figura 3.8a.** Distribución horizontal de oxígeno disuelto (mL/L) a 5 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



**Figura 3.8b.** Distribución horizontal de oxígeno disuelto (mL/L) a 50 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



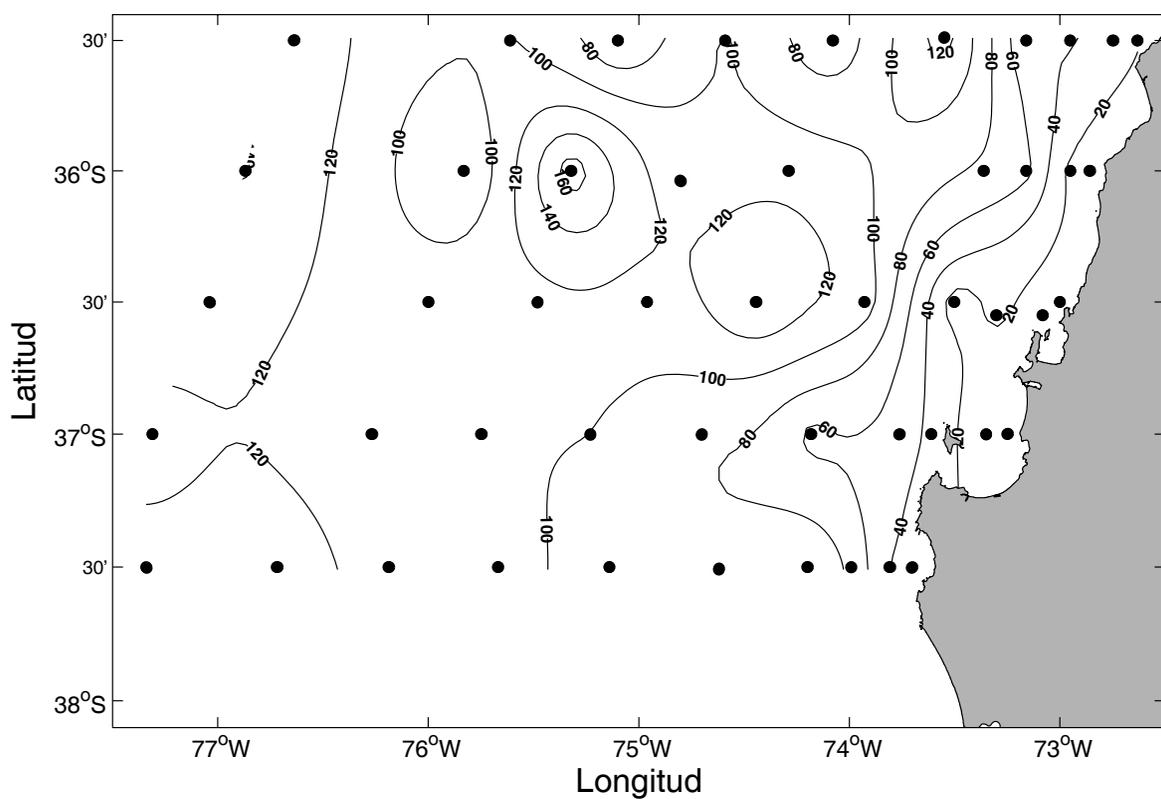
**Figura 3.8c.** Distribución horizontal de oxígeno disuelto (mL/L) a 100 dB, crucero MOBIOBIO 2005.



**Figura 3.8d.** Distribución horizontal de oxígeno disuelto (mL/L) a 200 dB, crucero MOBIOBIO 2005.

### 3.2.2. Distribución horizontal de la profundidad de la termoclina.

La Figura 3.9a muestra la profundidad de la isoterma de 11 °C, representativa de la base de la termoclina superior. Bajo esta isoterma el gradiente vertical de temperatura se reduce rápidamente (como se verá más abajo un pequeño “thermostat” suele aparecer entre las isotermas de 10 °C y 11 °C). Sin embargo, se debe distinguir este rasgo de la termoclina oceánica permanente, cuya base se ubica por debajo de los 400 m o 500 m de profundidad. En general, la isoterma de 11 °C se encuentra a mayor profundidad lejos de la costa. En la zona oceánica alcanza profundidades mayores a 100 m, mientras que en la plataforma continental en ocasiones es cercana a 20 m de profundidad (Figura 3.9). Desde la costa, su profundidad aumenta rápidamente hasta 120 m los primeros 90–100 km. Las isolíneas de igual profundidad se orientan aproximadamente paralelas a la costa, alcanzando un máximo relativo entre los 74° W variando con la latitud.



**Figura 3.9.** Distribución horizontal de la profundidad de la isoterma de 11°C, crucero MOBIOBIO 2005.

### 3.2.3. Secciones verticales de Temperatura, Salinidad y Oxígeno Disuelto.

Como se indicó en la sección anterior, durante el crucero de diciembre de 2005 se realizaron 5 transectas orientadas zonalmente y separadas aproximadamente medio grado de latitud.

- *Transecta 1 (35° 30' S)*

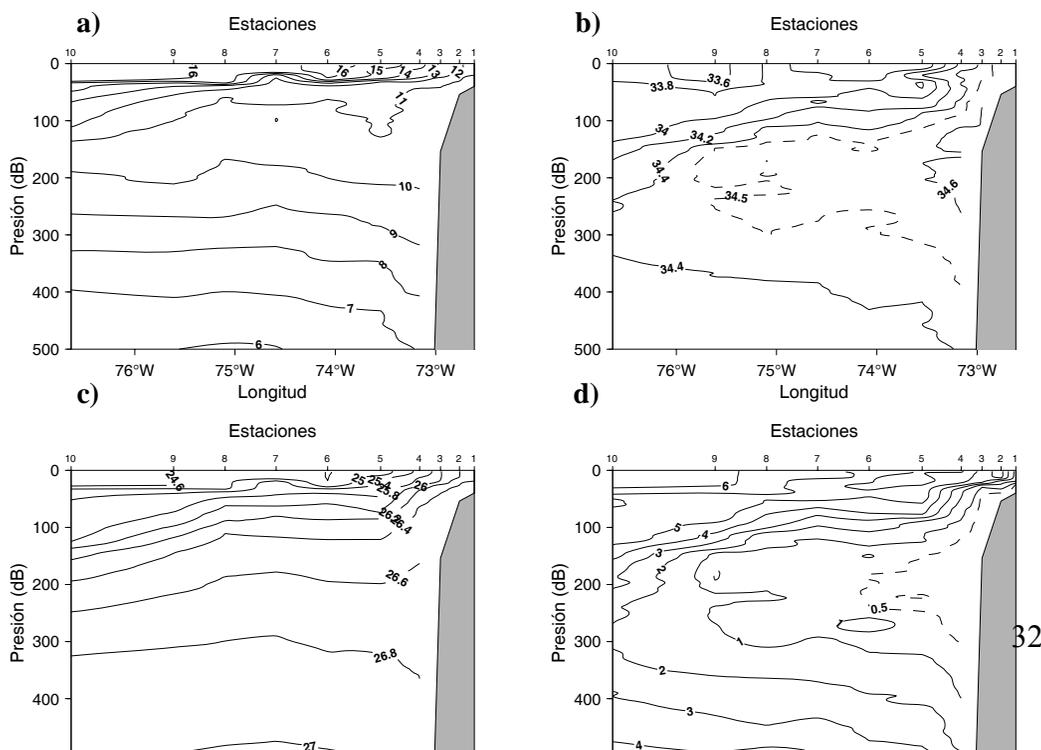
La Figura 3.10 muestra la distribución vertical, de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno disuelto a lo largo de una sección cercana a los 35° 30' S entre superficie y 500 m de profundidad. Las isolíneas de las distintas variables muestran una zona de alto gradiente sobre los 200 m de profundidad que se inclina hacia la superficie cerca de la costa. Sin embargo, la posición del máximo gradiente y su extensión vertical varía entre las distintas variables, concentrándose en los primeros 100 m.

La isoterma de 15 °C marca el límite superior de la termoclina en la zona más oceánica (Figura 3.10a). En la parte más costera, aguas de 12 °C llegan a superficie, mientras que aguas con esta temperatura se ubican típicamente bajo los 60 m de profundidad en la zona exterior. En general, las isotermas superiores a 11 °C se inclinan hacia la superficie cerca de la costa. Entre esta isoterma y la de 10 °C existe una pequeña región donde la temperatura varía con profundidad a una tasa menor (denominada frecuentemente “thermostad” en inglés). Este rasgo es característico a lo largo de la costa occidental de Sudamérica.

La distribución de salinidad presenta una haloclina que se ubica ligeramente por debajo de la termoclina, con valores entre 33.6 cerca de la superficie y 34.4 a mayor profundidad (Figura 3.10b). En la región oceánica, la isohalina de 34.4 se ubica bajo los 150 m. Hacia el oeste, esta isohalina se inclina hacia arriba hasta alcanzar la superficie junto a la costa. Entre 200 y 400 la transecta muestra una zona relativamente homogénea, con máximos valores de salinidad >34.4, pero no superan los 34.6 en la zona más cercana a la costa, en esta zona se observa la isohalina de 34.5 que llega a superficie en la zona costera presentando el ascenso de aguas más salinas en esta zona.

La distribución de densidad (Figura 3.10c) presenta, en general, rasgos similares a la distribución de temperatura, aunque en la región oceánica, la base de la picnoclina está ligeramente por debajo de la base de la termoclina, lo cual es consistente con la posición de la haloclina indicada anteriormente. La isopicna de 26.4 kg m<sup>-3</sup> es representativa de la base de la picnoclina en esta transecta y en general, en toda la zona de estudio, mientras que la isopicna de 25.8 kg m<sup>-3</sup> es representativa de la parte media de la termoclina en toda la región.

Como es usual a lo largo de la costa centro y norte de Chile la distribución de oxígeno se caracteriza por una marcado mínimo subsuperficial centrado durante este período entre 150-300 m (Figura 3.10d). La zona de mínima concentración de oxígeno es separada por dos zonas de grandes gradientes verticales (oxiclina). La oxiclina superior se encuentra ligeramente por debajo de la picnoclina y presenta los mayores gradientes. A través de esta región el oxígeno se reduce desde valores cercanos al valor de equilibrio con la atmósfera en superficie (>5 mL L<sup>-1</sup>), hasta valores <1 mL L<sup>-1</sup>, en menos de 100 m de profundidad. La isolínea de 0.5 mL L<sup>-1</sup> se observa a los 74°W entre los 200 y 300 m de profundidad, llegado esta isolínea casi a la superficie sobre la plataforma continental (Figura 3.10d)



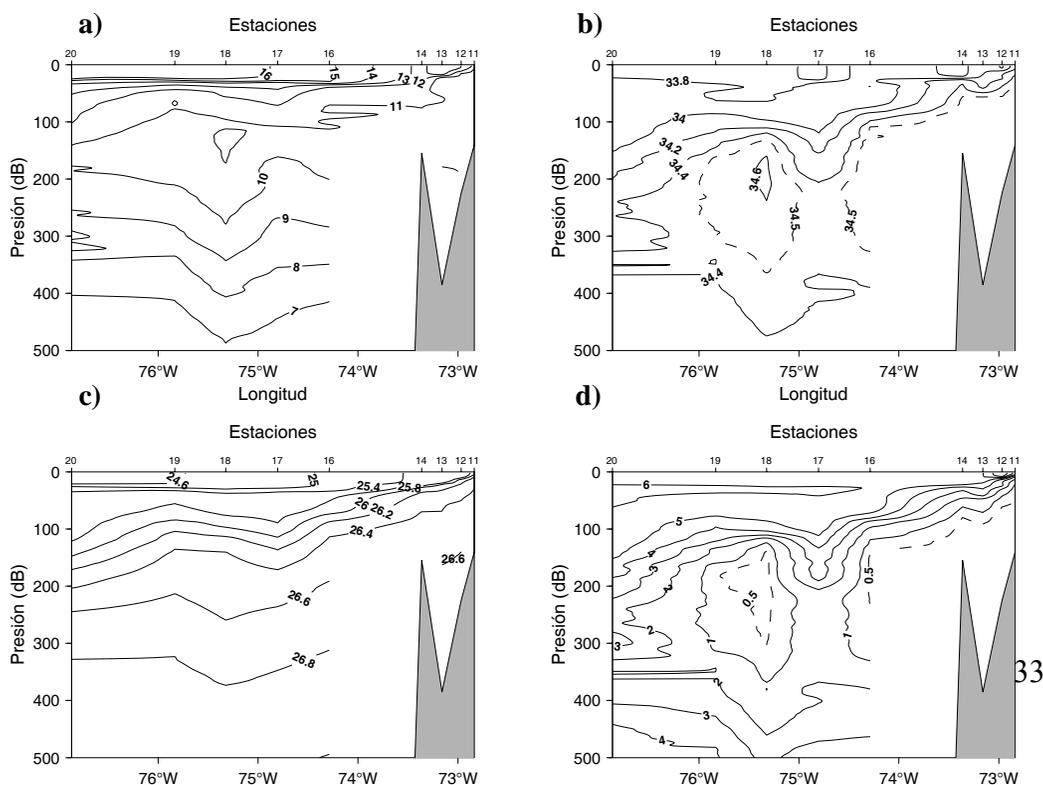
**Figura 3.10.** Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m<sup>3</sup>) y d) oxígeno disuelto (mL/L), transecta 1 (35°30' S), crucero MOBIOBIO 2005. Línea segmentada en figura “c” representa isohalina de 34.5 y línea segmentada en figura “d” representa isolínea de 0.5 mL L<sup>-1</sup>.

#### Transecta 2 (36° 00' S)

A lo largo de esta transecta, particularmente cerca de la costa, la inclinación hacia la superficie de las isolíneas de temperatura, salinidad, densidad y oxígeno es consistente con un período de surgencia (Figura 3.11). Al igual que la transecta ubicada al norte, la isoterma de 11 °C se extiende aproximadamente horizontal a lo largo de toda la sección, donde además, un pequeño “thermostat” entre 11 °C y 10 °C marca la base de la termoclina inferior, la cual se localiza a 120-130 m de profundidad en la zona oceánica (Figura 3.11a).

Sobre los 200 m, las distribuciones de salinidad (Figura 3.11b), densidad (Figura 3.11c) y oxígeno (Figura 3.11d) muestran rasgos similares a los descritos anteriormente en la transecta centrada a los 35°30' S. Sin embargo, a mayor profundidad, la distribución de temperatura y densidad muestra oscilaciones zonales, observándose oscilaciones en las isotermas <10°C. Estas muestran mínimos (mayor profundidad) principalmente a los 75° 20' W. Además, en esta transecta, a diferencia de la anterior, la distribución de salinidad y oxígeno insinúa un efecto de vórtice. La isohalina de 34.5 se observa entre los 150 y 350 m en la zona oceánica presentando un primer núcleo de agua salina y la misma isohalina presenta un segundo núcleo más costero con la isohalina de los 34.5 en aguas superficiales en la zona costera (Figura 3.11b). La zona de mínimo oxígeno se concentra al igual que en la transecta norte entre los 150 y 300 m, con un fuerte gradiente para la oxiclina superior de la mínima de oxígeno. Cabe destacar el máximo relativo (> 1 mL O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>) que se observa en la capa de mínimo oxígeno (estación 17, ~74°40' W). Este máximo relativo de oxígeno disuelto coincide con un mínimo de salinidad en el mismo rango de profundidad (200 – 300 m) y con el mínimo relativo antes mencionado en las isotermas <10°C.

La distribución de las distintas variables estaría asociada a la presencia de un vórtice de mesoescala que estaría en su parte occidental (al oeste de la estación 18), transportando aguas costeras de surgencia (con alta salinidad y bajo contenido de oxígeno) hacia el sur. Cambios en la profundidad de las isopícnas (y comúnmente de las isotermas) pueden ser usados para estimar cualitativamente la dirección relativa de los flujos. La inclinación de las isopícnas cerca de la superficie (profundidades <150 m) al este de la estación 16 es consistente con un flujo superficial hacia el norte. Mientras que la inclinación de las isopícnas e isotermas bajo los 200 m al oeste de la estación 18 indicarían la presencia de un flujo hacia el sur, el cual se extendería, al menos hasta 500 m de profundidad. La presencia de flujos contrapuestos, comúnmente asociados a vórtices de mesoescala en zonas de surgencia, daría lugar a la heterogénea distribución subsuperficial de oxígeno y salinidad mostradas en las Figuras 3.11b y d.

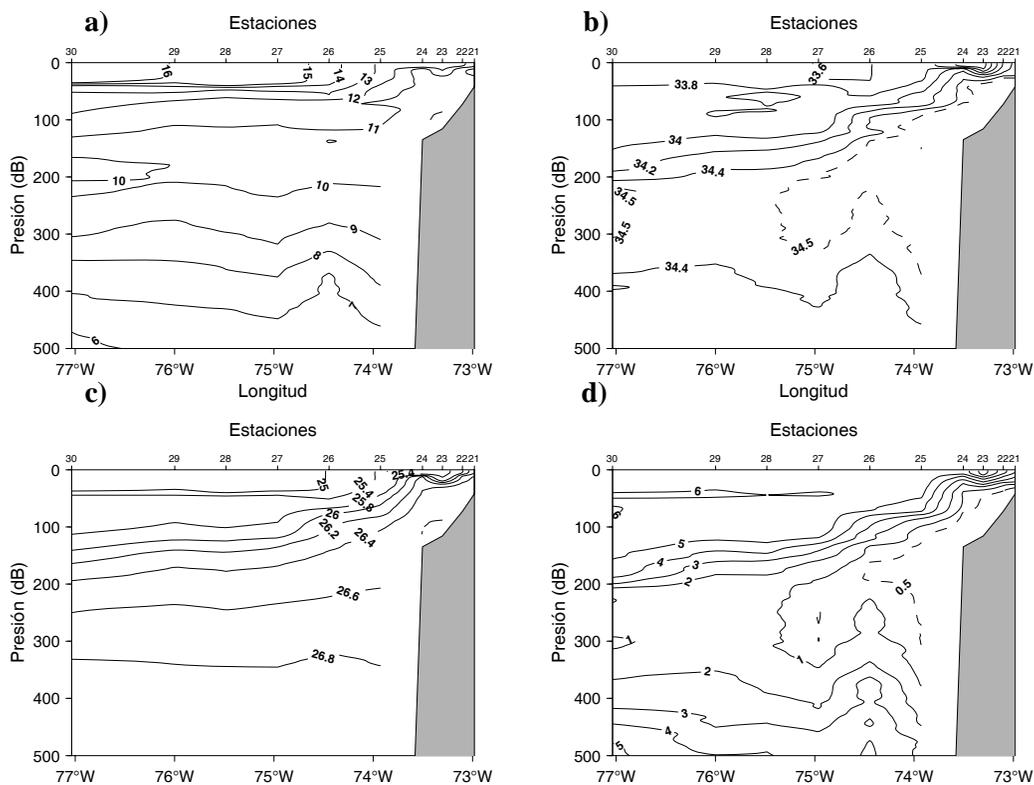


**Figura 3.11.** Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) y d) oxígeno disuelto ( $\text{mL}/\text{L}$ ), transecta 2 ( $36^{\circ}00' \text{ S}$ ), crucero MOBIOBIO 2005. Línea segmentada en figura “c” representa isohalina de 34.5 y línea segmentada en figura “d” representa isolínea de  $0.5 \text{ mL L}^{-1}$ .

- *Transecta 3 ( $36^{\circ} 30' \text{ S}$ )*

Varios de los rasgos descritos anteriormente en la transecta más al norte ( $35^{\circ} 30' \text{ S}$ ) se repiten, en general, en las distintas secciones. Sin embargo, es interesante destacar que existen algunas diferencias que reflejan una variabilidad de mesoescala. La inclinación hacia la superficie de las diversas isolíneas (cerca de la costa) dan cuenta, al igual que las secciones horizontales, del afloramiento de aguas subsuperficiales en toda la región, observándose un frente térmico superficial menos marcado sobre el borde de la plataforma continental (entre las estaciones 25 y 26, Figura 3.12a). Este estaría relacionado con la lengua de agua fría que se extiende hacia el norte desde Punta Lavapié (Figuras 3.5a)

En esta transecta, nuevamente se observa en las isotermas  $<10^{\circ}\text{C}$  una variación en dirección zonal, observándose mínimos (mayor profundidad) cerca de la costa y a los  $75^{\circ}00' \text{ W}$  (Figura 3.12a). El resto de las isohalinas (Figura 3.12b), densidad (Figura 3.12c) y oxígeno (Figura 3.12d) no presentan grandes variaciones de las características observadas en la transecta del norte ( $35^{\circ}30' \text{ S}$ )



**Figura 3.12.** Distribución vertical de a) temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), b) salinidad (psu), c) densidad ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ) y d) oxígeno disuelto ( $\text{mL}/\text{L}$ ), transecta 3 ( $36^{\circ}30' \text{ S}$ ), crucero MOBIOBIO 2005. Línea segmentada en figura “c” representa isohalina de 34.5 y línea segmentada en figura “d” representa isolínea de  $0.5 \text{ mL L}^{-1}$ .

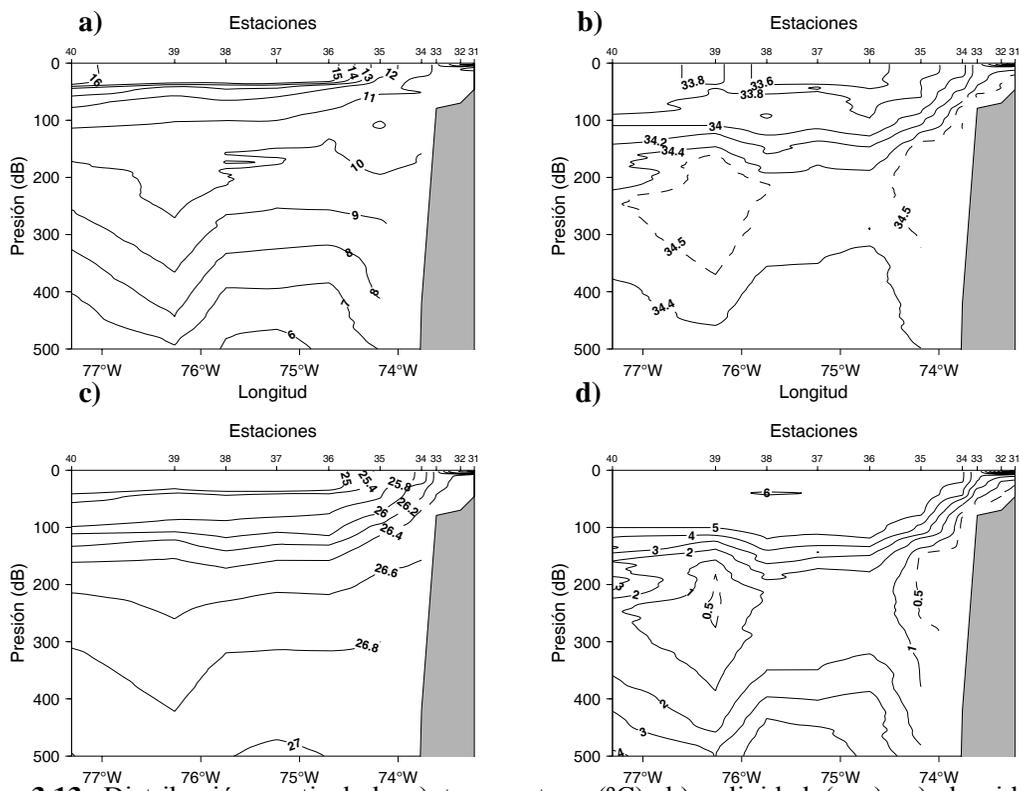
- *Transecta 4 ( $37^{\circ} 00' \text{ S}$ )*

Al igual que en las secciones anteriores (transectas 1, 2 y 3), en esta transecta también se observa un gradiente térmico horizontal en superficie sobre el talud continental (Figura 3.13a), existiendo un frente térmico cercano a los  $74^{\circ}30' \text{ W}$  (entre estaciones 35 y 36). Por otra parte, las isotermas fuera del talud, tienden a distribirse de manera aproximadamente horizontal, observándose una termoclina muy marcada a los 50 m. Nuevamente, las isotermas  $<10^{\circ}\text{C}$  y bajo los 200 m, presentan mínimos (mayor profundidad) cerca de la costa y en este caso a los  $76^{\circ}15' \text{ W}$  (estación 39)

Como en la transecta 2 (36°00'S) la salinidad presenta un máximo (> 34.5) con isohalinas que llegan a la superficie (34.0 – 34.5) en la costa y un máximo entre los 150 y 350 m en la zona oceánica. La superficie de la zona oceánica se encuentra representada por salinidades < 33.8 (Figura 3.13b).

En esta sección, las isopícnas (Figura 3.13c) se inclinan a la superficie a medida que se acercan a la costa, encontrándose la piconclina más profunda que la termoclina (~100 m). En esta sección, al igual que con las isotermas <10°C, las isopícnas >26.6 Kg/m<sup>3</sup> presentan una disminución (mayor profundidad) a los 76°15'W (estación 39)

Como se indicara anteriormente, en la descripción de la transecta centrada a 36°00' S, cambios importantes en la profundidad de las isopícnas (y comúnmente de las isotermas) observados en las transectas zonales, están dinámicamente relacionados a la presencia de flujos meridionales relativamente intensos. Estos flujos se extenderían hasta profundidades >500 m. La inclinación de las isopícnas (e isotermas) al oeste de la estación 39, indicaría la presencia de un flujo hacia el sur, mientras que al este de esta posición, entre la estación 39 y 38, el flujo sería hacia el norte. Tanto la distribución de salinidad como la de oxígeno muestra una importante variabilidad subsuperficial que sería consistente con la presencia de flujos intensos en direcciones opuestas. El flujo hacia el sur estaría advectando aguas subsuperficiales con bajas concentraciones de oxígeno (<0.5 mL L<sup>-1</sup>) y alta salinidad, mientras que el flujo hacia el norte transportaría aguas subsuperficiales más oxigenadas y de menor salinidad, creando importantes gradientes horizontales en la zona mínima de oxígeno, bajo los 150 m de profundidad. Al este de la estación 38, el flujo subsuperficial tendería hacia el sur mientras que la inclinación de las isopícnas más superficiales refleja la presencia de un importante flujo hacia el norte cerca de la superficie. El flujo subsuperficial hacia el sur al este de la estación 38 es consistente con un incremento de la salinidad entre 200 y 350 m de profundidad y una reducción del oxígeno entre estas profundidades. Este formaría parte de un rasgo permanente asociado con la presencia de la Corriente Subsuperficial Perú-Chile.



**Figura 3.13.** Distribución horizontal de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m<sup>3</sup>) y d) oxígeno disuelto (mL/L), transecta 4 (37°00' S), crucero MOBIOBIO 2005. Línea segmentada en figura “c” representa isohalina de 34.5 y línea segmentada en figura “d” representa isolínea de 0.5 mL L<sup>-1</sup>.

- *Transecta Sur (38° 00' S)*

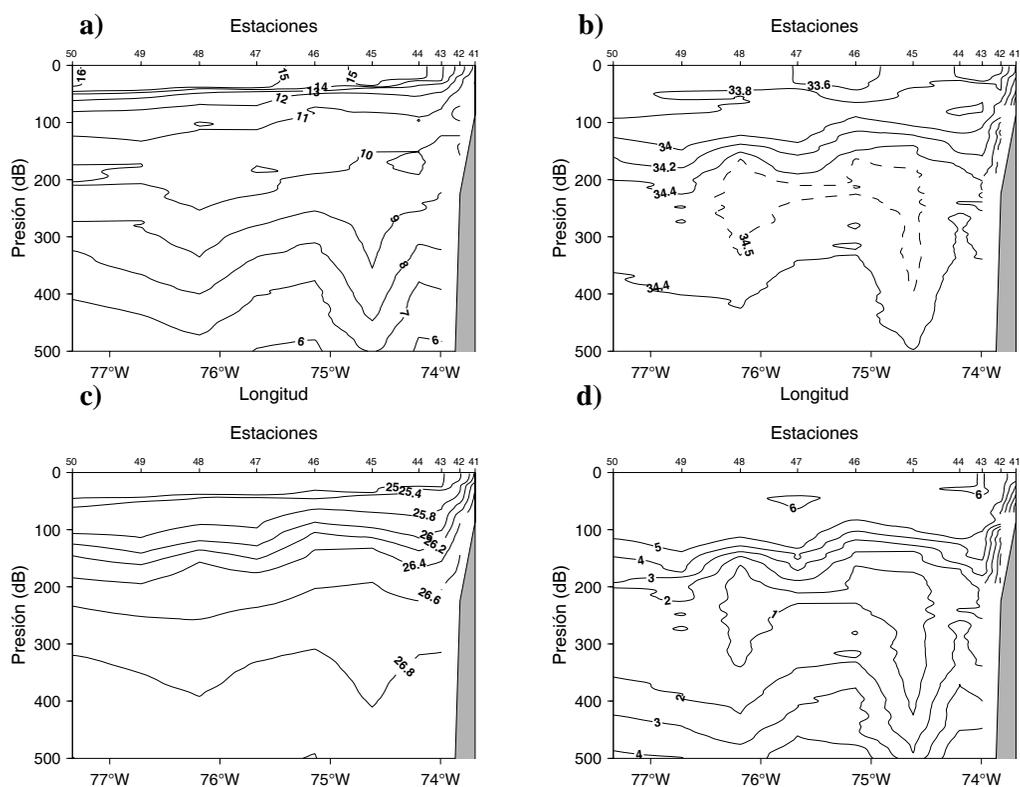
No existe un gran cambio en la distribución zonal de las diferentes variables al comparar esta sección con las anteriores, por lo que presenta también las características de un área de surgencia, presentando principalmente gradientes de temperatura y densidad cercanos a la superficie (Figura 3.14). La isoterma de 11°C asciende a la superficie en la zona costera, observándose un fuerte gradiente térmico a los 50 m entre 12°C y 16°C en la zona costera (Figura 3.14a). La isoterma de los 12°C marca la base de la termoclina cerca de los 50 m. Nuevamente bajo las isotermas <10°C presentaron disminuciones (mayores profundidades) bajo los 200 m en la zona cercana a talud (10 millas náuticas en esta sección), observando

además esta disminución a los 74°37'W (estación 45) y a los 76°11'W (estación 48). En esta sección, nuevamente se observa un pequeño “thermostat” entre 11 °C y 10 °C.

La haloclina se encuentra más profunda que la termoclina, donde la isohalina 34.0 atraviesa toda la sección llegando a la superficie en las estaciones más costeras (Figura 3.14b). Un núcleo con salinidades > 34.5 se encuentra entre los 150 y 400 m.

El campo de densidades varía entre 25.0 Kg/m<sup>3</sup> en la superficie de casi toda la extensión de la sección y 26.8 Kg/m<sup>3</sup> bajo los 300 m (Figura 3.14c). La isopicna de 26.0 Kg/m<sup>3</sup> varía desde los 125 m en la zona oceánica llegando a la superficie en la zona costera y marcando la piconclina en toda la sección. La densidad es homogénea en la zona costera y solo dentro de las primeras 30 millas náuticas se observan isopicnas en dirección a la superficie. Al igual que con el campo de temperaturas, las isopicnas >26.6 (Kg/m<sup>3</sup>) presentan una disminución (mayor profundidad) bajo los 200 m, centrándose estas disminuciones a los 74°37'W (estación 45) y a los 76°11'W (estación 48).

La zona de mínimo oxígeno se encuentra para esta sección bajo los 200 m con una oxiclina que varía de 2 a 5 mL O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> entre 200 y 125 m. Solo en las primeras 30 millas náuticas desde la costa las isolíneas de oxígeno se observan hacia la superficie (Figura 3.14d). Nuevamente, la distribución de salinidad como la de oxígeno muestra una importante variabilidad subsuperficial que sería consistente con la presencia de flujos en direcciones opuestas. El flujo hacia el sur estaría advectando aguas subsuperficiales al oeste de la estación 48 y un flujo hacia el norte transportaría aguas subsuperficiales más oxigenadas y de menor salinidad al este de la estación 47 y 45, creando importantes gradientes horizontales principalmente en la zona mínima de oxígeno, bajo los 150 m de profundidad.



**Figura 3.14.** Distribución vertical de a) temperatura (°C), b) salinidad (psu), c) densidad (Kg/m<sup>3</sup>) y d) oxígeno disuelto (mL/L), transecta 5 (37°30' S), crucero MOBIOBIO 2005. Línea segmentada en figura “c” representa isohalina de 34.5.

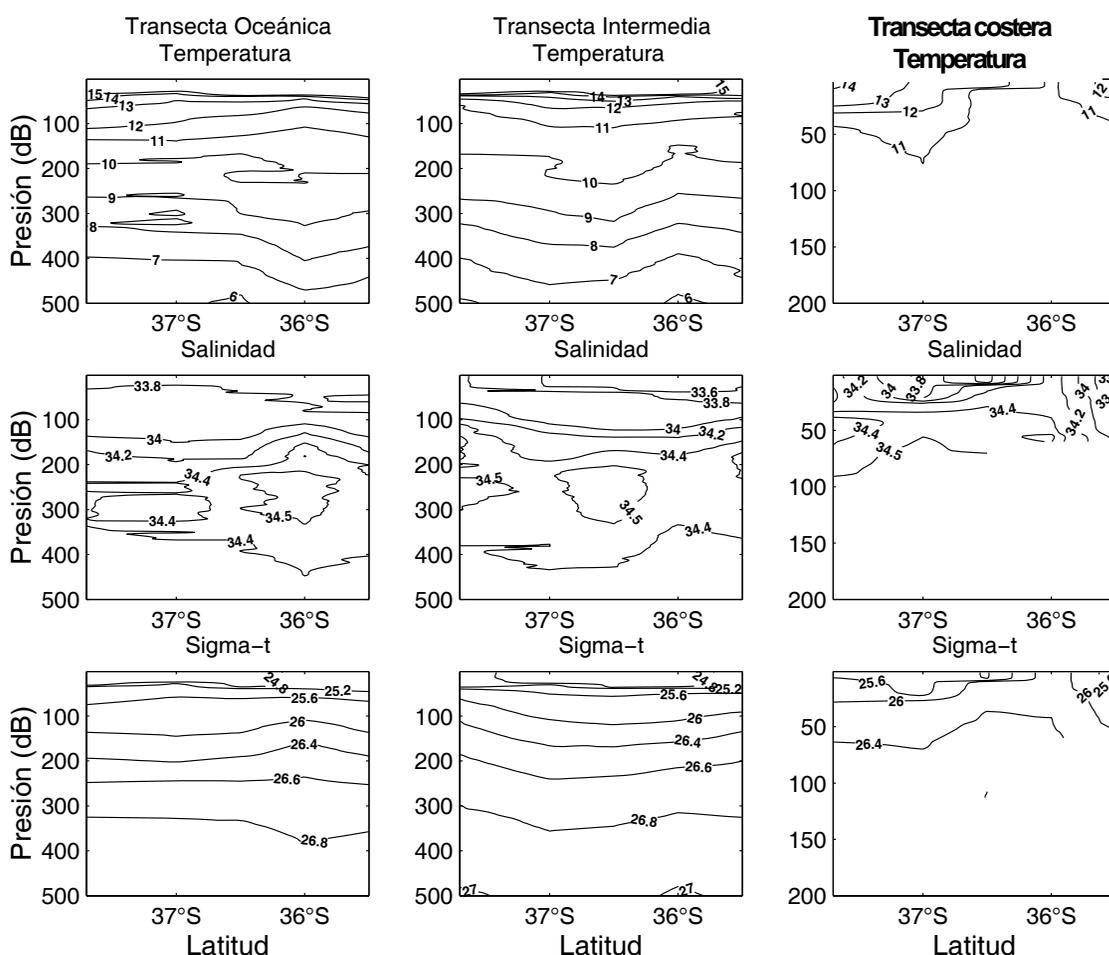
### 3.2.4. Transectas hidrográficas meridionales.

La distancia entre las diferentes transectas permite analizar la distribución de las distintas variables en una dirección meridional aún cuando estas presenten variabilidad de mesoescala significativa. La Figura 3.15 muestra la distribución de temperatura, salinidad y densidad en tres transectas meridionales centradas a 76°42' W (oceánica), 75° W (intermedia) y una transecta cercana al borde de la plataforma continental, siguiendo aproximadamente su contorno. En la región más oceánica las temperaturas superficiales se mantienen relativamente homogéneas en superficie hasta los 50 m tendiendo a aumentar hacia el norte entre los 50 y 200 m. Bajo los 200 m las isotermas tienen a profundizarse hacia el norte, siendo estos rasgos consistentes con los flujos subsuperficiales opuestos descritos anteriormente.

La salinidad sobre los 150 m es relativamente homogénea con valores <34. Entre 200 m y 300 m se localiza un núcleo con máximos valores de salinidad, valores >34.4. Ambas zonas están separadas por una suave haloclina, cuya profundidad varía entre 150 m y 300 m, alcanzando

mayor profundidad en la zona sur de la transecta, de los 37° S hacia el sur. A esta latitud, el núcleo de la zona de máxima salinidad presenta un mínimo relativo, con valores <34.4. La inclinación de las isotermas subsuperficiales en la parte sur de la transecta oceánica se refleja en el hundimiento de la isopícna de 26.8 kg m<sup>-3</sup> en ese lugar. Esta distribución de densidad estaría asociada con un flujo subsuperficial hacia el oeste. En la parte norte de la transecta, desde 36°30' °S hacia el norte aproximadamente, las isopícnas subsuperficiales también reflejarían un flujo relativamente débil hacia el oeste mientras que en la parte central las isopícnas tienden a profundizarse hacia el norte en todas las profundidades. Los flujos sugeridos por la inclinación de las isopícnas son consistentes con la distribución subsuperficial de salinidad. Es decir, los flujos hacia el oeste transportarían aguas salinas costeras hacia el interior del océano, mientras que el flujo hacia la costa transportaría aguas de menor salinidad.

Cabe enfatizar que la existencia y dirección de los distintos flujos mencionados son cualitativas y en cierto modo subjetivas, ya que la distribución de las isopícnas permite evaluar sólo las tendencias en la componente baroclínica del flujo. Un flujo barotrópico importante podría revertir completamente la dirección del flujo total. Sin embargo, el conocimiento del campo de masa, junto con las distribuciones de las distintas propiedades del agua, es una herramienta valiosa para una evaluación preliminar y cualitativa de los flujos. La transecta intermedia muestra rasgos similares a los descritos anteriormente para la transecta oceánica, aunque la inclinación de las isotermas e isopícnas son menores. La salinidad también muestra un rasgo similar, aunque en superficie se observan salinidades menores y el máximo salino es más intenso consistente con el gradiente costa océano observado en las diferentes secciones zonales. A diferencia de las transectas oceánicas, la transecta cercana a la plataforma continental presenta gran variabilidad, sin embargo, esta es difícil de interpretar, dado que los grandes gradientes zonales pueden introducir importantes variaciones según la estación elegida.



**Figura 3.15.** Distribución vertical de temperatura (°C), salinidad (psu) y densidad (Kg/m<sup>3</sup>) de transectas longitudinales: oceánica (76° 42' S), intermedia (75° 00' S) y costera. Crucero MOBIOBIO 2005.

### 3.2.5. Masas de Agua.

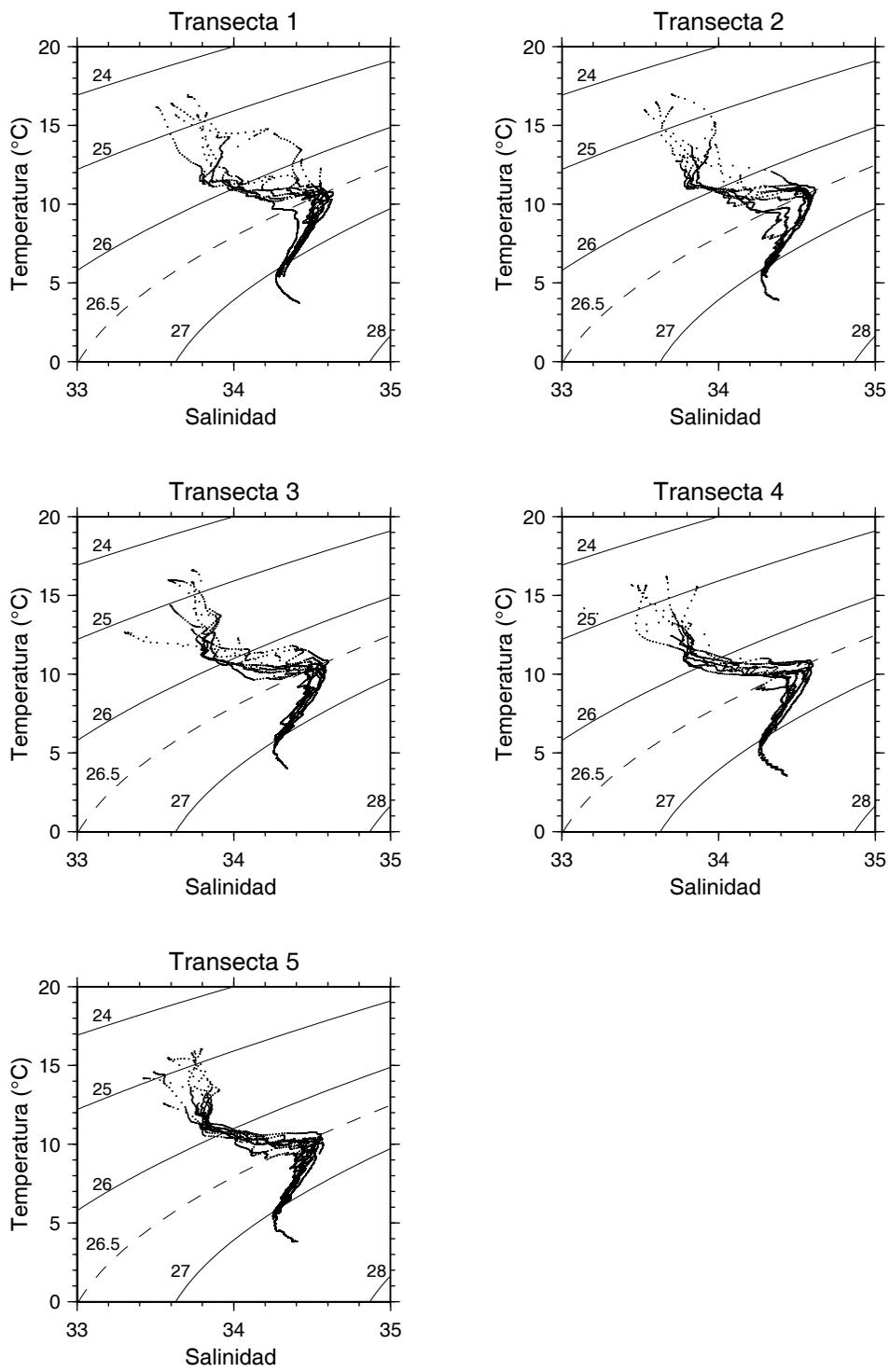
La distribución característica de salinidad y oxígeno en la zona de estudio permite reconocer fácilmente las aguas costeras de surgencia y las aguas subsuperficiales. Las secciones verticales mostraron un núcleo salino (>34.5) y de baja concentración de oxígeno (<0.5 mL O<sub>2</sub>

L<sup>-1</sup>) junto al talud y centrado entre 200 y 300 m de profundidad. Estas aguas usualmente se aproximan a superficie, extendiéndose hacia la costa junto al talud y la plataforma continental (Figuras 3.10a 3.14). Aguas con estas características están asociadas en la región a aguas de origen ecuatorial, específicamente a la Masa de Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS)

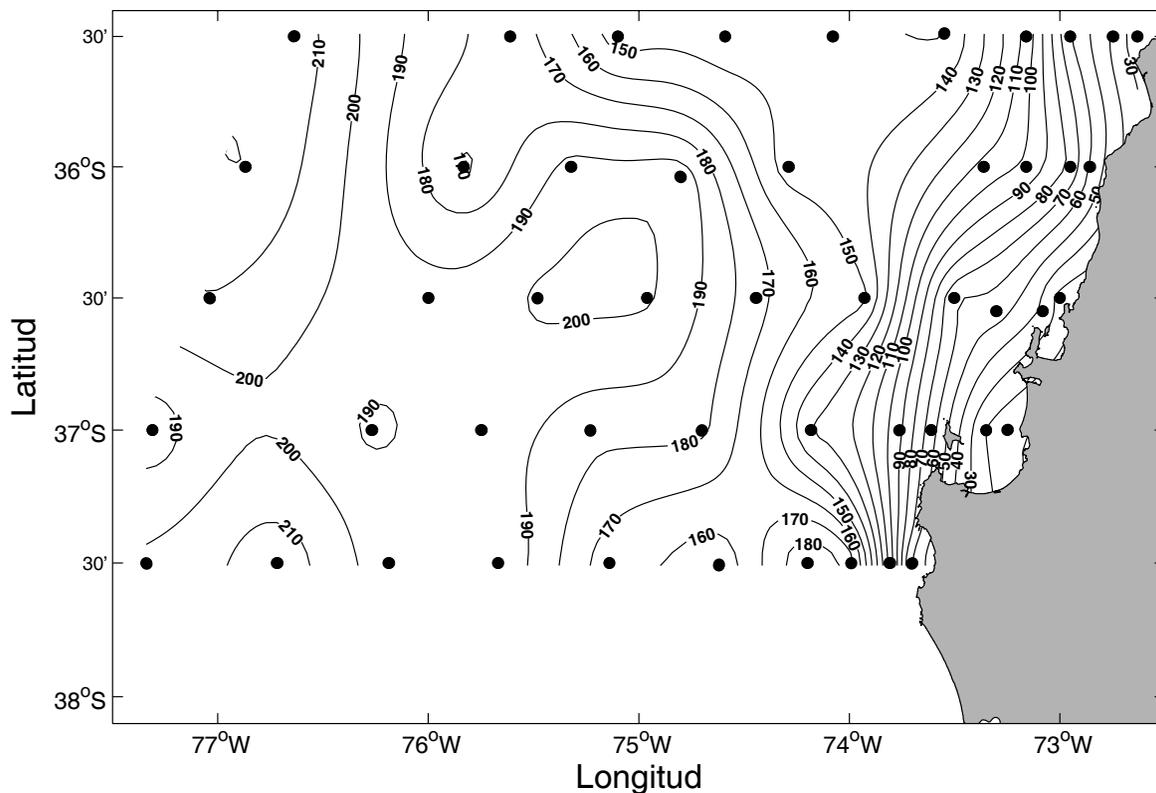
La mayor cantidad de estaciones no superó los 650 m de profundidad, salvo las 5 estaciones más oceánicas (200 millas náuticas) de cada una de las 5 transectas que sobrepasaron los 1000 m. Cerca de superficie, las salinidades en la región oceánica muestra valores ligeramente >33.6 mientras que cerca de la costa la salinidad aumenta hasta valores >34.2. Por otra parte, una lengua superficial de bajas salinidades (~33.6) .ingresa desde el sur cerca de la costa, pero fuera de la plataforma continental. En esta región, durante la época de surgencia, el agua fresca proveniente del sur se mezcla con agua más salina que llega a superficie cerca de la costa.

Para densidades >26 kg m<sup>-3</sup> (notar que esta isopicna está ubicada en la piconclina), la estructura de los diagramas T-S está claramente modelada por una reducción abrupta de la salinidad que cambia la densidad de 26 kg m<sup>-3</sup> a 26.5 kg m<sup>-3</sup> y acompañada sólo de una pequeña variación de la temperatura (Figura 3.16). Este rasgo es consistente con la presencia del thermostat entre las isotermas de 11°C y 10° C descrito en la sección anterior. La isopicna de 26.5 kg m<sup>-3</sup> se ubica en el núcleo del máximo salino y la ZMO. Esta isopicna está asociada, además, al núcleo del Agua Ecuatorial Subsuperficial que se distribuye a lo largo de la costa oeste de Sudamérica. Al incrementar la profundidad, el aumento de la densidad está asociado a una reducción de la temperatura y de la salinidad, hasta alcanzar valores ligeramente >27 kg m<sup>-3</sup>. La mayoría de las estaciones termina en un punto cercano al núcleo del Agua Intermedia Antártica (AIAA), con valores de salinidad y temperatura cercanos a 34.26 y 5 °C respectivamente, ubicado cerca de 600 m de profundidad. Las estaciones que superan los 600 m muestran luego un aumento de la salinidad con la profundidad, consistente con la posición del núcleo de AIAA en esta profundidad y al efecto del Agua Profunda del Pacífico, caracterizada por presentar mayores salinidades y menores temperaturas que el AIAA y ubicada a mayores profundidades.

Los puntos con densidades <26 kg m<sup>-3</sup>, ubicados sobre la termoclina, presentan gran variabilidad. Algunas curvas tienden a reducir la salinidad con el aumento de la temperatura (transecta 4), mientras que otras curvas presentan aumento de la temperatura manteniendo relativamente constante la salinidad (transecta 2 y 5). La presencia de aguas con bajo contenido de oxígeno y relativamente alta salinidad cerca de la superficie refleja la influencia de AESS. Durante el crucero, las aguas superficiales alcanzaron valores ligeramente >25.8 kg m<sup>-3</sup> cerca de la costa, isopicna que se ubica en medio de la piconclina y típicamente a 100 m de profundidad en la zona oceánica, estando asociada a la parte superior de la oxiclina y de la haloclina. Sin embargo, sobre la plataforma continental las aguas con densidad de 26.5 kg m<sup>-3</sup> se encuentran entre 20 y 30 m de profundidad (Figura 3.17). Como se señaló anteriormente, esta densidad es característica del núcleo del AESS.



**Figura 3.16.** Diagramas T-S para las distintas transectas realizadas durante el crucero MOBIOBIO 2005. Las líneas curvas al interior de cada diagrama representan curvas de igual sigma-t.



**Figura 3.17.** Profundidad de la isopicna de  $26.5 \text{ kg m}^{-3}$ . Esta isopicna representa el núcleo del Agua Ecuatorial Subsuperficial en la región.

### 3.2.6. Nutrientes.

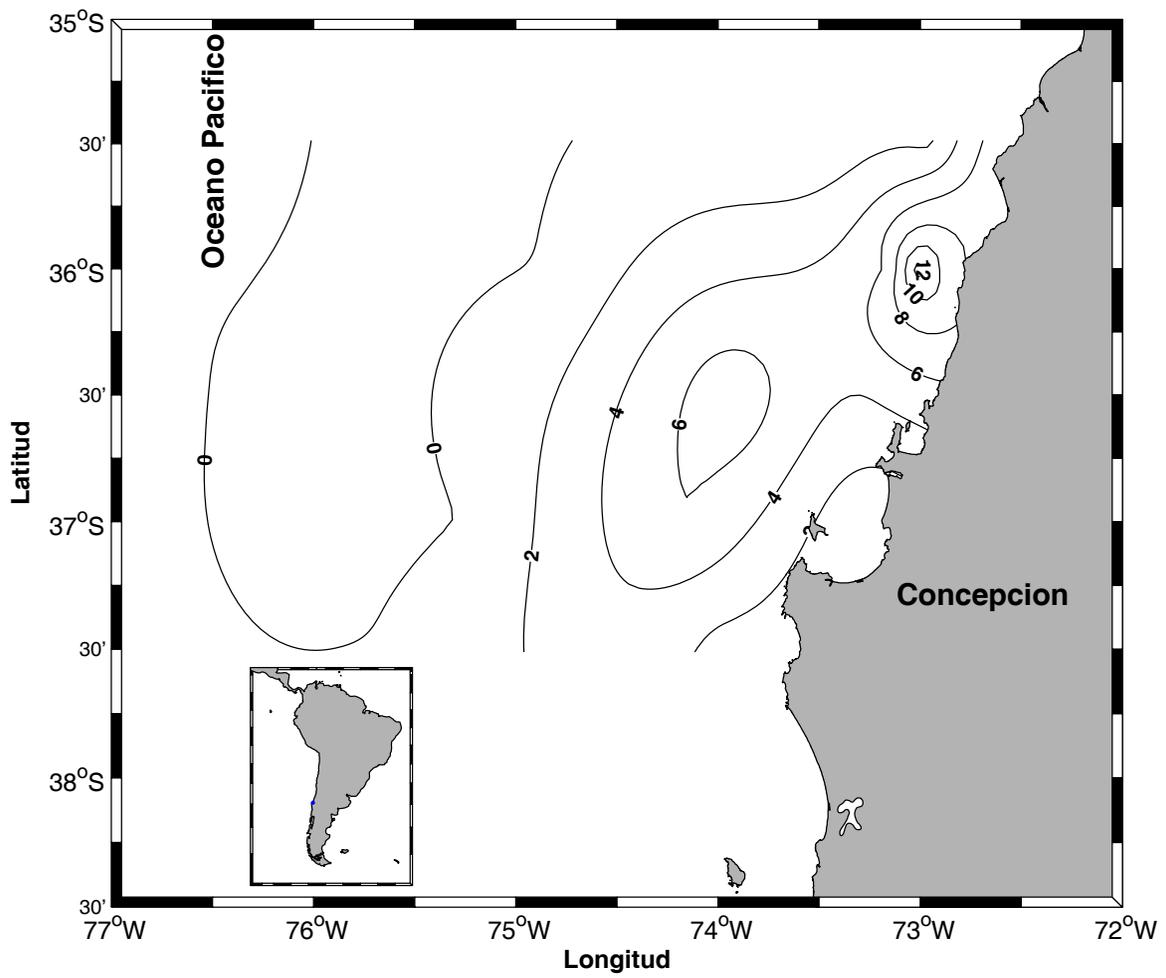
La distribución espacial superficial de nutrientes durante el crucero de primavera (diciembre 2005), se describe en esta sección (Figuras 3.18 a 3.21).

El nitrato presentó un núcleo de máximos valores en superficie en la zona costera, uno en el sector norte ( $36^\circ \text{ S}$ ) y otro más oceánico a los  $36^\circ 30' \text{ S}$  frente a la Bahía de Concepción (Figura 3.18). Los máximos valores alcanzan hasta  $12 \mu\text{M}$  en la zona costera, mientras que en la zona oceánica los valores son  $< 6 \mu\text{M}$  (Figura 3.18).

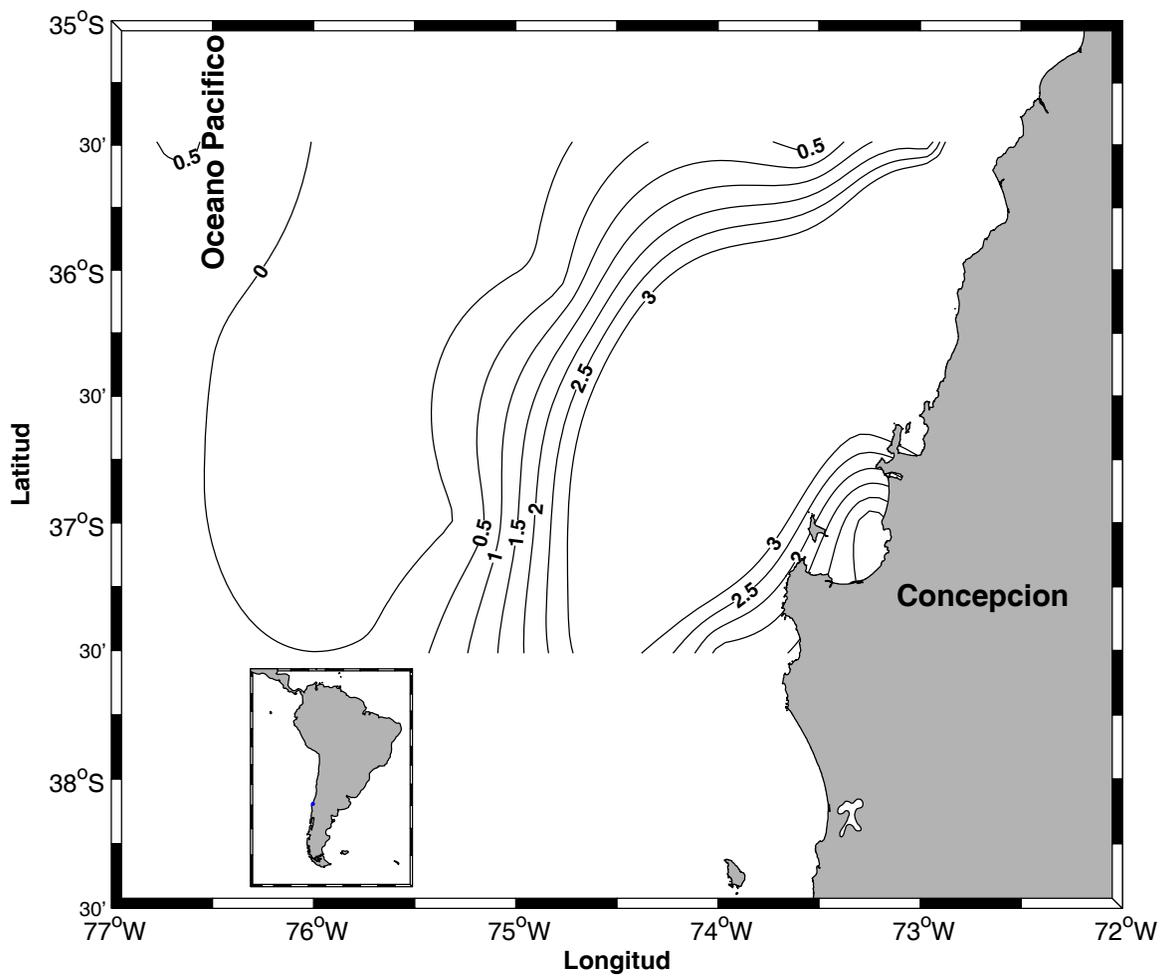
El nitrito presenta concentraciones bajas ( $< 3 \mu\text{M}$ ), los máximos valores se observan en la zona costera entre los  $35^\circ 30' \text{ S}$  y  $36^\circ 30' \text{ S}$  alejándose de la costa a esta latitud y manteniendo esta concentración en una zona más oceánica hasta los  $37^\circ 30' \text{ S}$  (Figura 3.19). En esta zona los valores disminuyen hacia la costa encontrando valores  $< 1 \mu\text{M}$  al interior del Golfo de Arauco. El resto de la zona oceánica presenta una disminución en la concentración de nitritos.

El fosfato, al igual que los nitratos presenta mayores concentraciones en la franja costera entre los  $35^\circ 30' \text{ S}$  y los  $36^\circ 00' \text{ S}$  ( $> 2 \mu\text{M}$ ) disminuyendo gradualmente hacia el suroeste alcanzando valores  $< 0.25 \mu\text{M}$  en la zona oceánica (Figura 3.20). En general, casi la totalidad de la zona oceánica presenta bajos valores para fosfatos siendo estos  $< 0.25 \mu\text{M}$ .

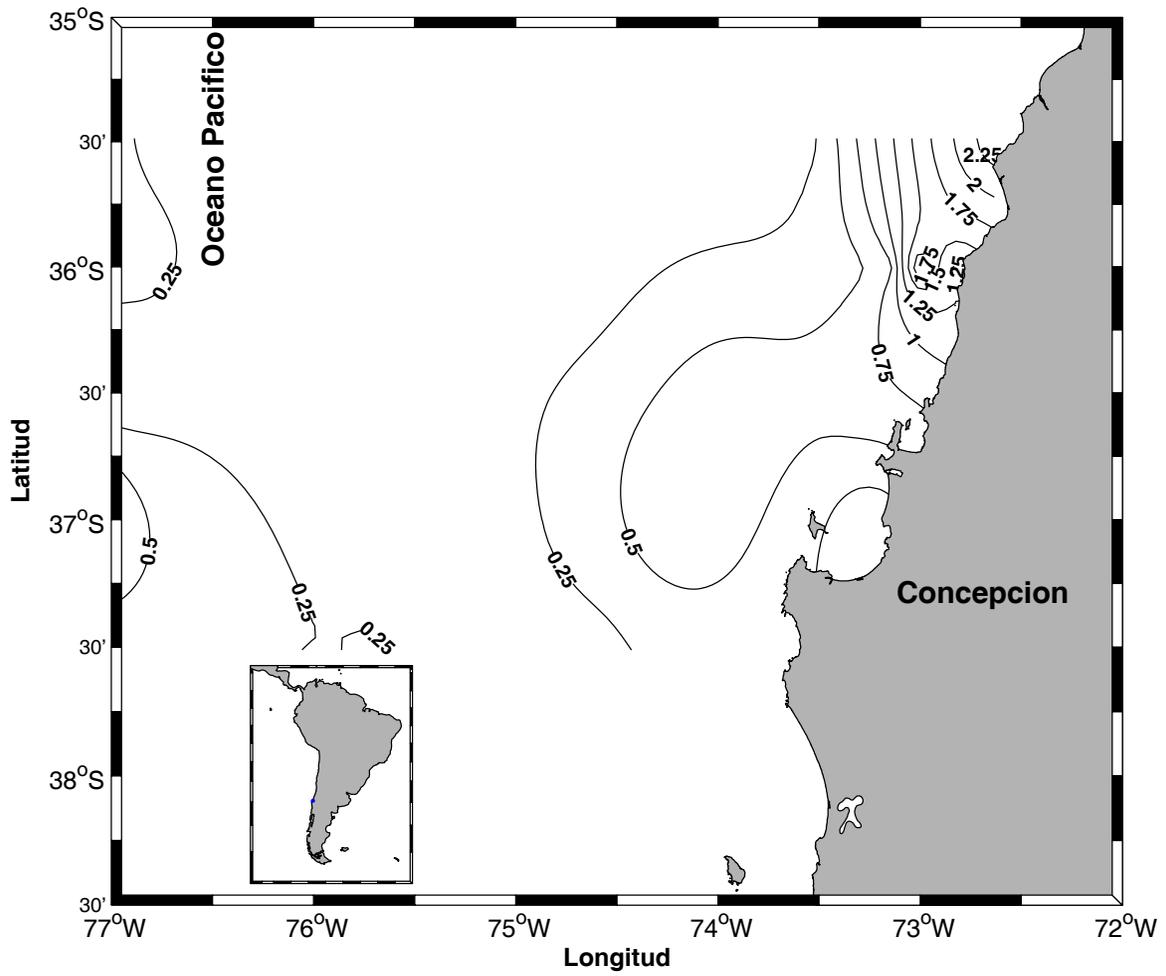
La mayor concentración de silicatos también se concentra en la zona costera y especialmente en el sector norte de la grilla de muestreo ( $35^\circ 30' \text{ S} - 36^\circ 00' \text{ S}$ ) observando valores de  $12 \mu\text{M}$  en este sector (Figura 3.21). Para esta sección superficial también existe una disminución en la concentración de silicatos hacia el suroeste de la grilla, observando valores  $> 6 \mu\text{M}$  frente a la Bahía de Concepción y hacia el norte de esta. La zona oceánica esta representada casi en su totalidad por valores  $< 2 \mu\text{M}$



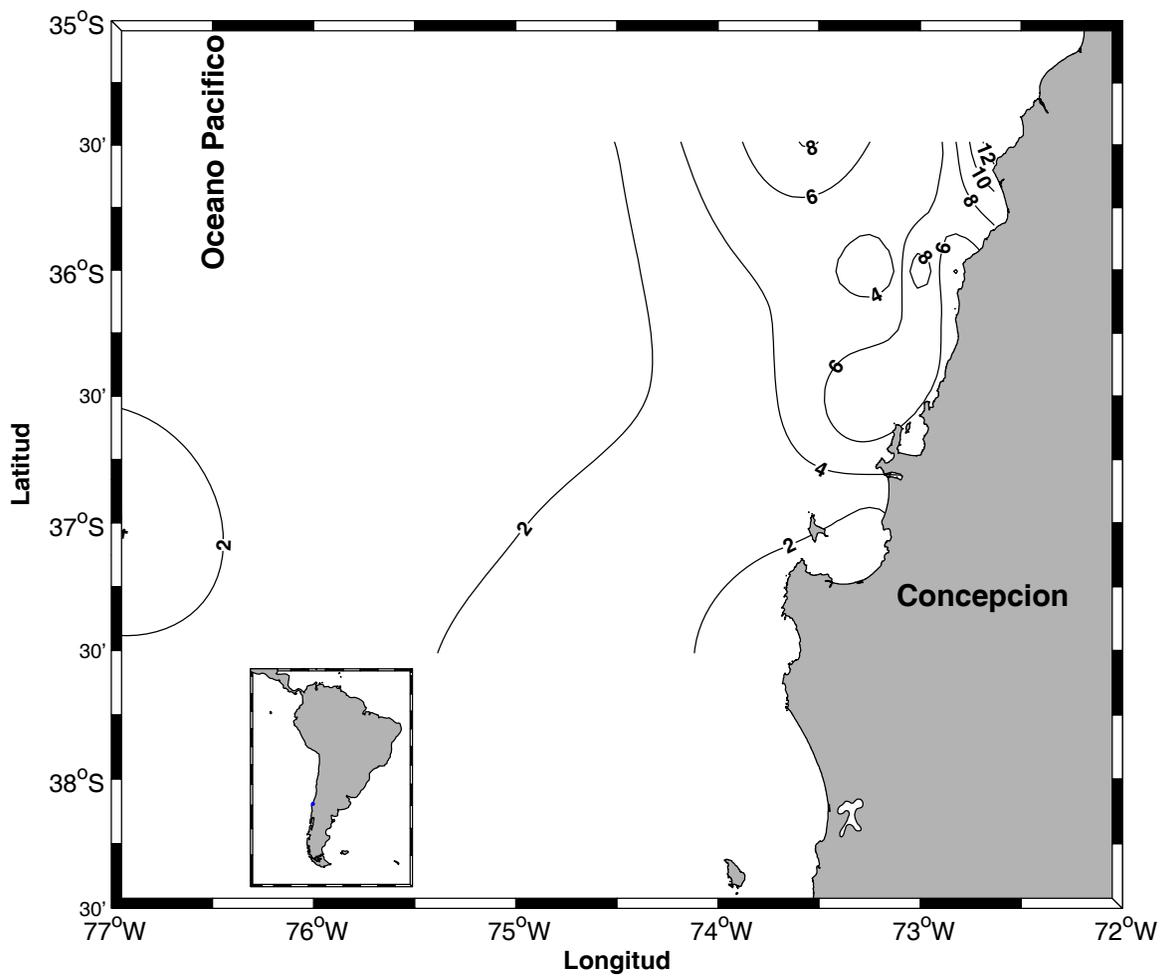
**Figura 3.18.** Distribución espacial de la concentración de nitrato (uM) a nivel superficial, frente a la VIII Región, durante el crucero MOBIO-BIO II 2005.



**Figura 3.19.** Distribución espacial de la concentración de nitrito (uM) a nivel superficial, frente a la VIII Región, durante el crucero MOBIO-BIO II 2005.



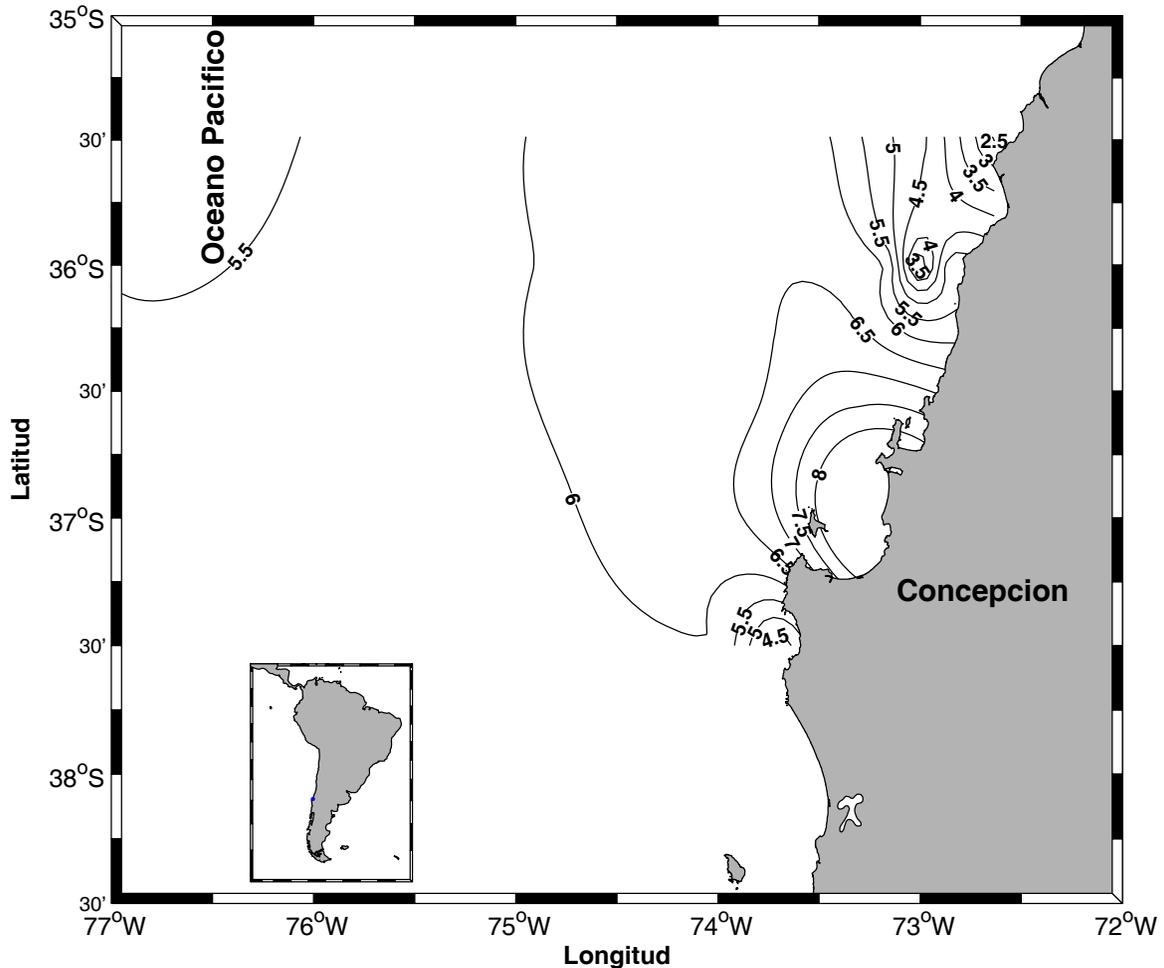
**Figura 3.20.** Distribución espacial de la concentración de fosfato (uM) a nivel superficial, frente a la VIII Región, durante el crucero MOBIO-BIO II 2005.



**Figura 3.21.** Distribución espacial de la concentración de silicato (uM) a nivel superficial, frente a la VIII Región, durante el crucero MOBIO-BIO II 2005.

### 3.2.7. Oxígeno Disuelto.

Las mediciones de oxígeno mediante el método Winkler permiten verificar la consistencia de la información obtenida por el sensor de oxígeno del equipo CTDO-F (Figura 3.8). La Figura 3.22 ilustra la distribución espacial de oxígeno a nivel superficial. En general, los datos son consistentes con la distribución espacial de oxígeno del CTDO-F. A nivel superficial, existen núcleos de menor concentración de oxígeno en la zona costera asociados a los focos de surgencia, uno frente a los 35°30'S (zona norte) con concentraciones <3 mL L-1 y un segundo foco al sur de Punta Lavapié (37°30'), con concentraciones <4.5 mL L-1 (Figura 3.22). Fuera de la plataforma continental, en la zona oceánica, la concentración de oxígeno superficial se mantiene cercana a los 6 mL L-1.



**Figura 3.22.** Distribución espacial de la concentración de oxígeno disuelto ( $\text{mL O}_2 \text{L}^{-1}$ ) a nivel superficial, frente a la VIII Región, durante el crucero MOBIO-BIO II 2005.

### 3.2.8. Carbono Orgánico.

Desde las muestras de agua se obtuvieron mediciones Carbono Orgánico Total (COT), el cual incluye carbono orgánico disuelto (COD) y carbono orgánico particulado (COP). Estas mediciones, obtenidas sobre la transecta meridional de los 35° 30' S (transecta 1), permiten comparar la zona costera con la oceánica en la zona de producción de materia orgánica (< 20 m). Los valores encontrados se muestran en la Tabla 3.2, revelando altos valores (>100  $\mu\text{M}$ ) en superficie para la zona costera y subsuperficial para la zona oceánica.

**Tabla 3.2.** Carbono orgánico total ( $\mu\text{M}$ ) medidos en la zona costera y oceánica sobre la transecta de los 35° 30' S durante el crucero MOBIO-BIO II 2005

Profundidad (m)	Zona Costera		Zona Oceánica	
	Promedio	D.S.	Promedio	D.S.
0	102.5	---	98.8	4.9
10	71.3	4.1	164.6	4.2
20	76.5	3.8	100.2	3.7

### 3.2.9. Biomasa Fitoplancton.

Durante el crucero de primavera 2005 frente a Concepción (~35 - 38°S) se evaluó la distribución de mesoescala de la biomasa del fitoplancton. La biomasa de fitoplancton, representada en este caso por la estimación de clorofila-a (elemento común en autótrofos), fue

evaluada para el total de los componentes (pico-, nano-, y micro-plancton), para las dos fracciones de autótrofos de menor tamaño (nano- y pico-plancton:  $<20 \mu\text{m}$ ), y para la fracción menor (picoplancton:  $<3 \mu\text{m}$ ). La representación de la clorofila-a en el nanoplancton puede ser obtenida por diferencia entre estas dos fracciones ( $20 - 3 \mu\text{m}$ ) mientras que la fracción microplanctónica por sí sola queda representada por la clorofila-a total menos la fracción  $<20 \mu\text{m}$ . Las estimaciones de clorofila-a total y fraccionada se realizaron en todas las estaciones en la profundidad más superficial de muestreo (0 m), excepto en aquellas estaciones en las que no se pudo realizar muestreos biológicos (transecta a  $38^{\circ}00'S$  completa). En las estaciones bio-oceanográficas se realizaron muestreos a 7 niveles, entre la superficie y los 100 m de profundidad; este muestreo fue incompleto en varias de las transectas por mal tiempo.

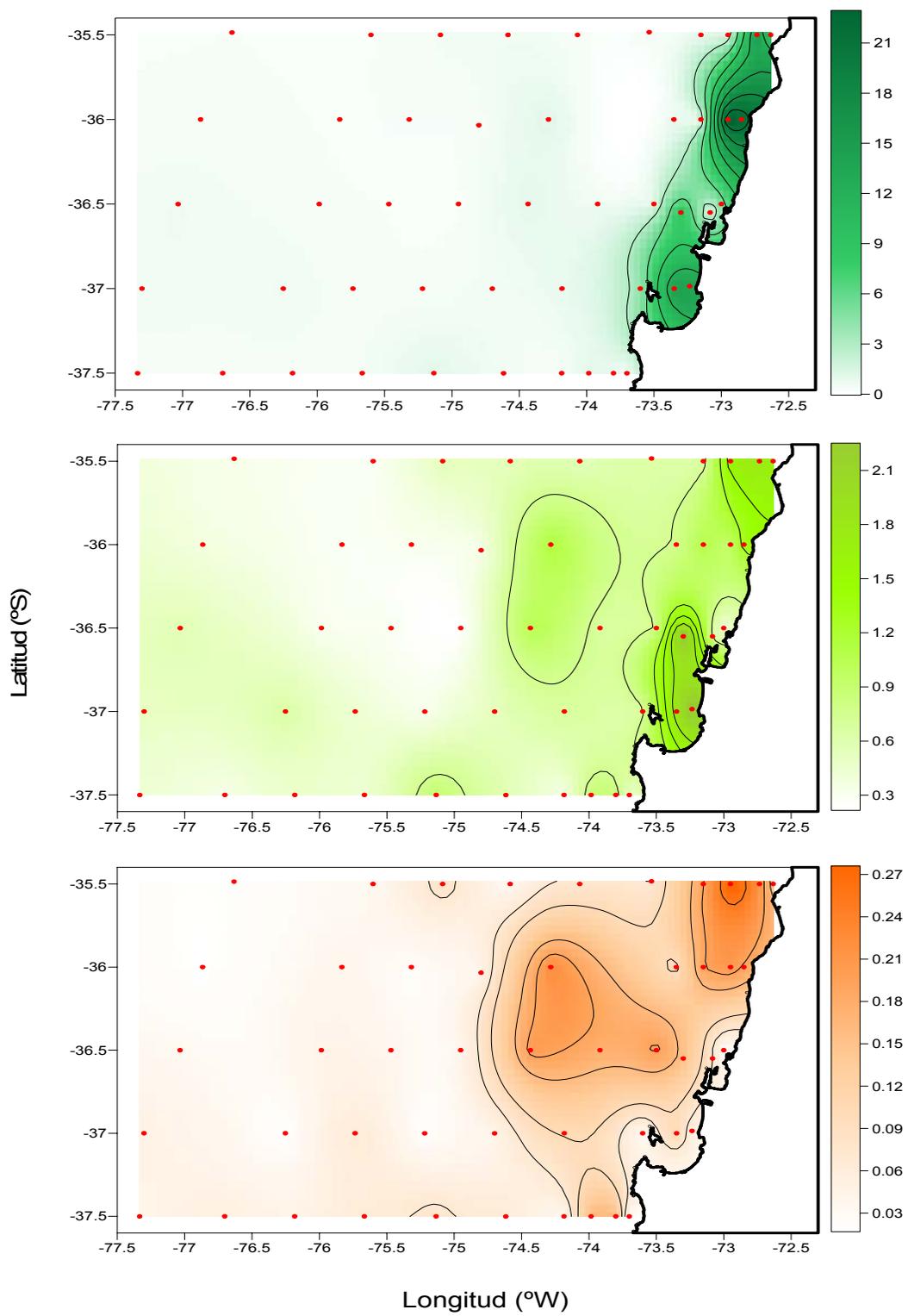
La distribución superficial de clorofila-a fue heterogénea en el área de estudio (Figura 3.23). Las máximas concentraciones de clorofila-a total ( $>10 \text{ mg m}^{-3}$ ) fueron encontradas en la zona más costera al interior del golfo de Arauco y sobre la terraza del Itata pero concentraciones altas ( $>3 \text{ mg m}^{-3}$ ) ocurrieron en toda la franja costera del área de estudio, excepto en el límite sur de ésta (Figura 3.23A). En la zona oceánica adyacente, sin embargo, las concentraciones fueron uniformemente bajas ( $<1 \text{ mg m}^{-3}$ ). El rango de variación de la concentración superficial de clorofila-a total durante este crucero fue de  $0,3 - 23,7 \text{ mg m}^{-3}$ , con un promedio  $\pm$  desviación estándar de  $2,9 \pm 5,6 \text{ mg m}^{-3}$ .

En general, la comparación entre las concentraciones superficiales de clorofila-a total y las fracciones indican que la mayor proporción ( $>50\%$ ) estuvo dominada por la fracción microplanctónica ( $>20 \mu\text{m}$ ) en la zona de estudio, especialmente en la zona costera ( $>80\%$ ). La fracción  $<20 \mu\text{m}$  fluctuó entre  $0,2$  y  $2,3 \text{ mg m}^{-3}$ , con promedio de  $0,7 \pm 0,5 \text{ mg m}^{-3}$  (Figura 3.23B) mientras que la fracción menor ( $<3 \mu\text{m}$ ) fue comparativamente muy reducida en concentración:  $0,02 - 0,3 \text{ mg m}^{-3}$ , con promedio de  $0,09 \pm 0,07 \text{ mg m}^{-3}$  (Figura 3.23C). La fracción  $<20 \mu\text{m}$  siguió una distribución superficial similar a la de la clorofila-a total, con máximos relativos en la zona más costera, pero además se hizo más comparativamente más dominante en la zona oceánica ( $>50\%$ ), en especial la fracción nanoplanctónica ( $<20 - 3 \mu\text{m}$ ). El picoplancton ( $<3 \mu\text{m}$ ) presentó una distribución con máximos relativos en algunos puntos de la zona costera (extremo norte) y más hacia la zona oceánica (inmediatamente adyacente a la terraza del Itata).

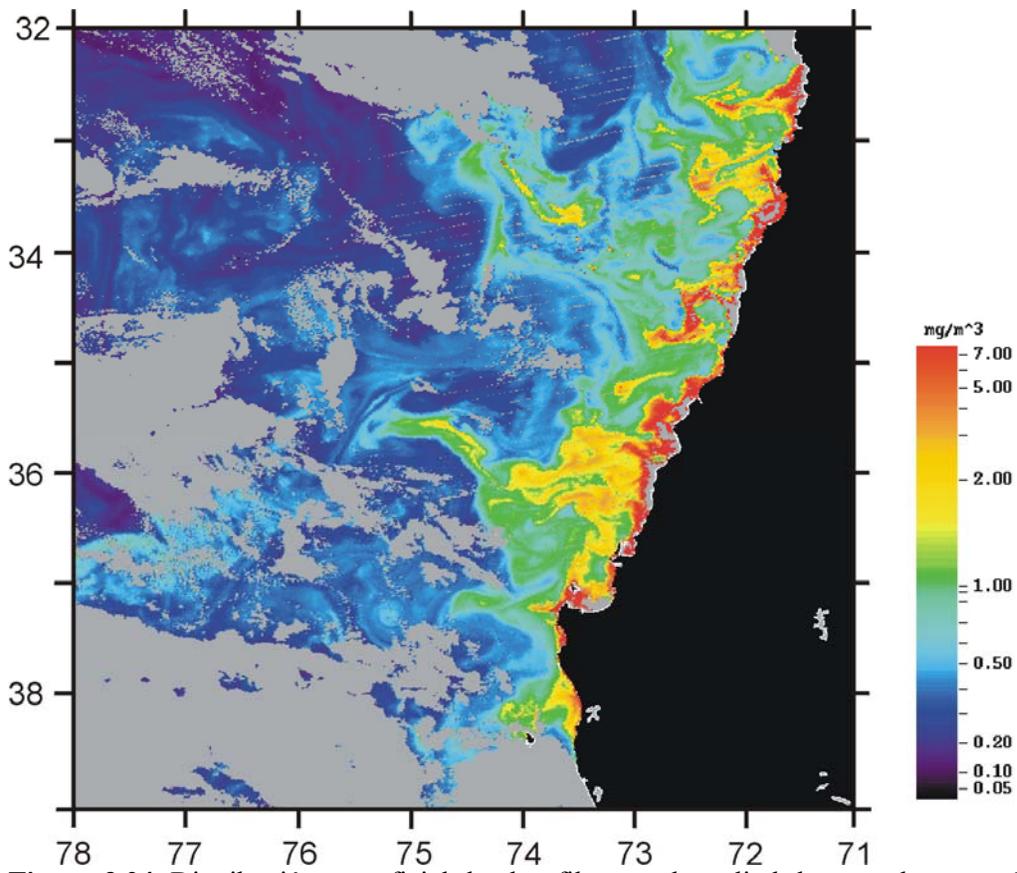
La imagen satelital de color (Figura 3.24) revela parte importante de los detalles anteriores respecto de la clorofila-a total, con mayores concentraciones en toda la zona costera pero además revela la extensión mar afuera (100 - 150 km desde la costa) de concentraciones relativamente altas (plumas) frente a la terraza del Itata y la formación de un filamento frente a la desembocadura del Itata. Los perfiles de clorofila-a fueron bastantes incompletos (18 en total); el rango de valores para clorofila-a total integrada entre los datos disponibles fluctuó entre  $13$  y  $174 \text{ mg m}^{-2}$ , con valores máximos concentrados en la zona más costera en el Golfo de Arauco hasta la zona frente al río Itata.

La distribución vertical (0 - 100 m o profundidad máxima en la zona costera) de la clorofila-a (total y  $<20 \mu\text{m}$ ) está representada en la Figura 3.25 para 3 transectas paralelas a la costa: costera, plataforma/quiebre plataforma, y oceánica. Los máximos valores de clorofila-a total estuvieron ubicados en superficie y en la zona más costera, con algunos máximos en la zona intermedia en la transecta del borde de la plataforma (estaciones 23 y 33). Los valores mínimos se ubicaron bajo los 20 m en la zona más costera y bajo los 40 - 50 m en las zonas mar afuera. La fracción  $<20 \mu\text{m}$  fue predominante en toda la transecta oceánica y en la zona costera al sur de Punta Lavapié.

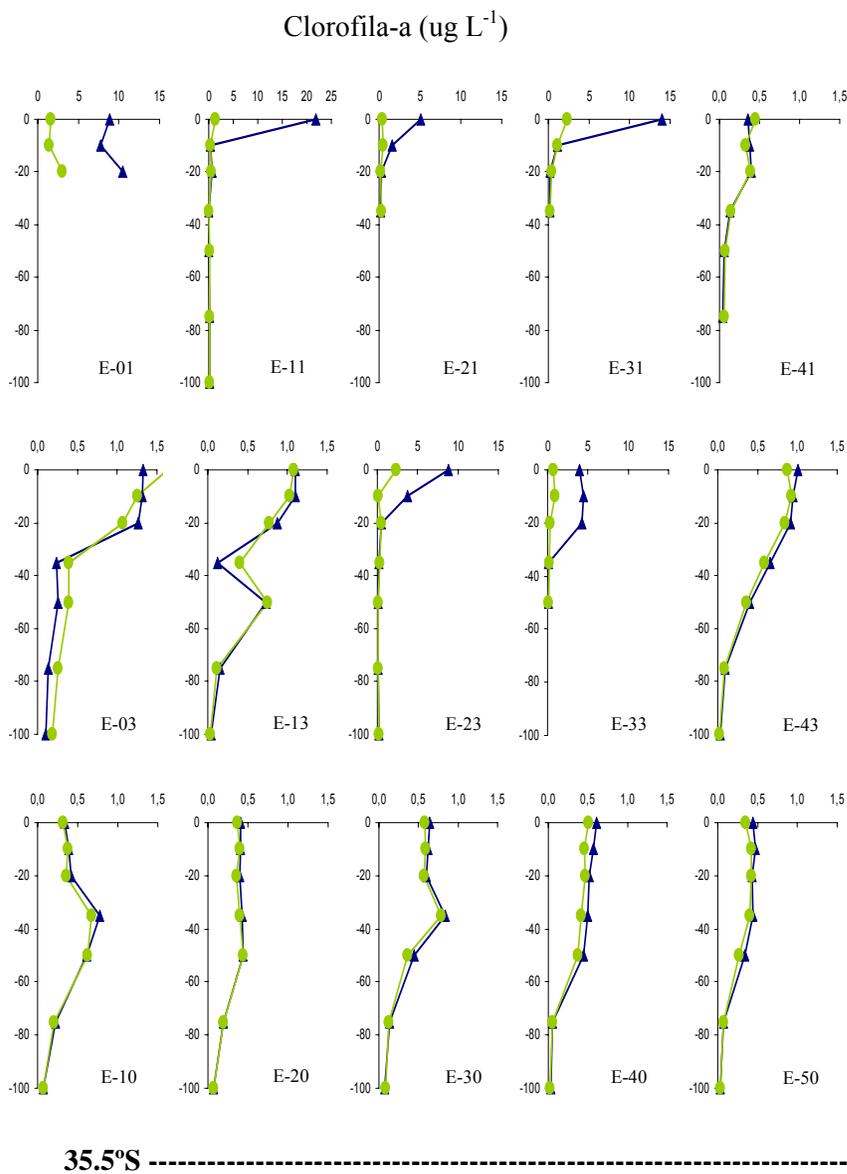
Los valores de clorofila-a total superficial estuvieron estrechamente relacionados a las distribuciones superficiales de temperatura y salinidad en la zona costera (Figura 3.5a y 3.6a), con máximos en aguas más frías ( $<12,5^{\circ}\text{C}$ ) y más salinas ( $>33,8$  ups). Esta observación quedó confirmada con análisis de correlación (Pearson,  $r$ ), que indicó valores de  $-0,53$  para temperatura ( $p<0,001$ ) y  $+0,30$  para salinidad ( $p<0,04$ ); las fracciones de clorofila-a  $<20$  y  $<3 \mu\text{m}$  superficiales también mostraron una asociación muy similar a la total respecto de la temperatura ( $-0,61$  y  $-0,44$ , respectivamente;  $p<0,01$ ) y salinidad superficiales ( $+0,26$  y  $+0,31$ , respectivamente;  $p<0,07$ ).



**Figura 3.23.** Distribución superficial de clorofila-a durante el crucero FIP 2005 de primavera (Noviembre - Diciembre 2005). Panel superior: clorofila-a total; panel intermedio: clorofila-a fracción <20 µm; panel inferior: clorofila-a fracción <3 µm. Notar la diferente escala de colores entre las figuras A, B, y C.



**Figura 3.24.** Distribución superficial de clorofila-a total satelital durante el crucero MOBIO-BIO II, 2005 de primavera. Imagen obtenida de SeaWiFS para el día 08 de diciembre de 2005.



**Figura 3.25.** Distribución vertical de clorofila-a durante el crucero MOBIO-BIO II, 2005: transectas longitudinales para clorofila-a total (líneas y triángulos azules) y la fracción  $<20 \mu\text{m}$  (líneas y círculos verdes). Panel superiores: transecta costera; panel intermedio: transecta plataforma/borde plataforma; y panel inferior: transecta oceánica.

### 3.2.10. Mesozooplancton y macroplancton.

El análisis de la biomasa del zooplancton total, integrada en la columna de agua de los primeros 200 m, fluctuó en el rango de 48.4 a 7893.3 mg C m<sup>-2</sup>, con un promedio de 1893 mg C m<sup>-2</sup> y un coeficiente de variación de 48.4%.

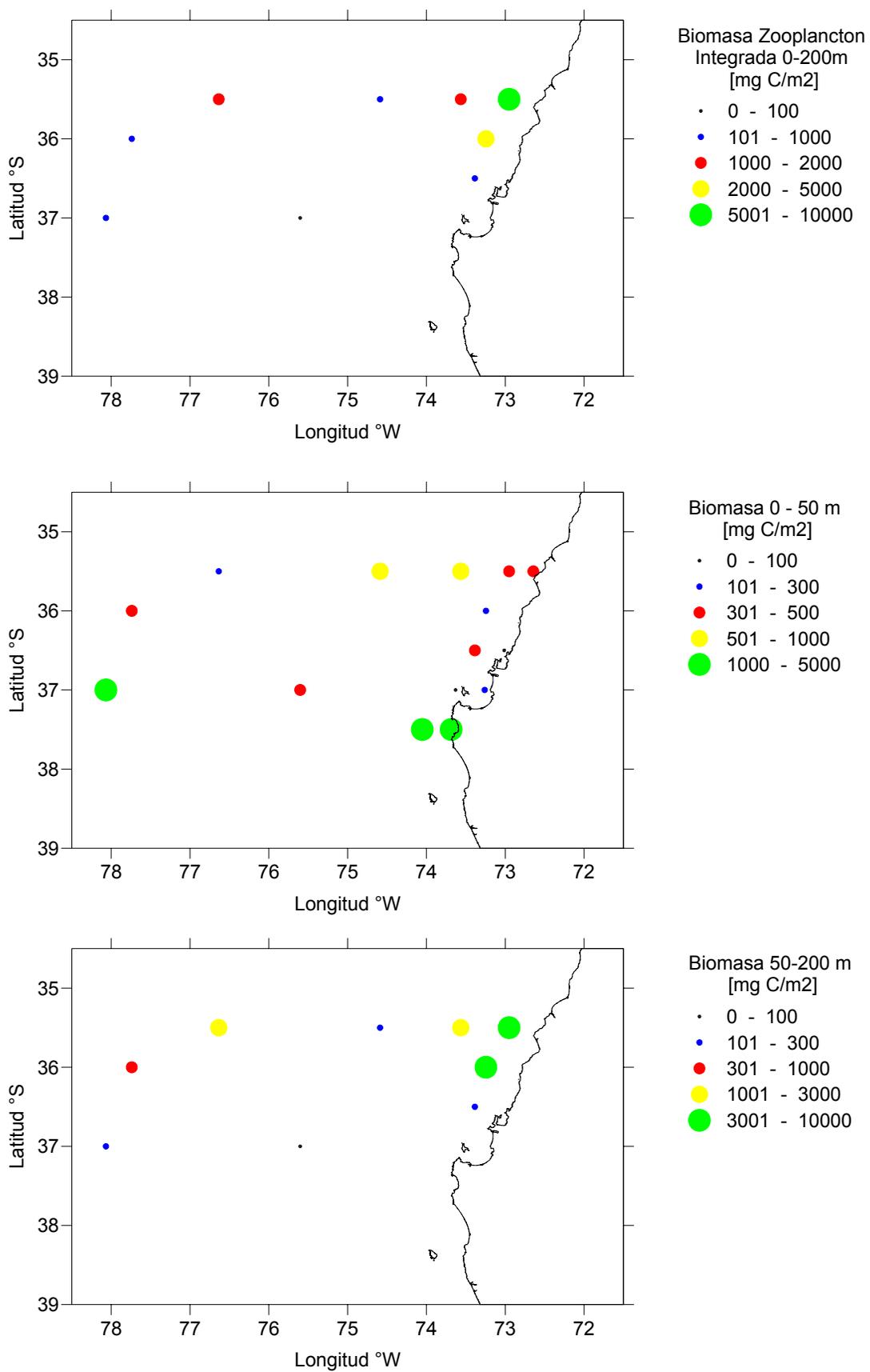
La distribución espacial de la biomasa del zooplancton permitió observar una agregación principal frente al sector norte de la región, dentro de la franja costera (primeras 20 mn), y una agregación menor en el mismo sector norte pero en aguas oceánicas (Fig. 3.26). Mientras que el estudio de distintos estratos del zooplancton muestra que la acumulación del zooplancton ocurre esencialmente en la capa de 0-50 m, aunque en la zona costera a profundidades mayores de 50 m también se observa una biomasa importante, principalmente en las estaciones cercanas a la desembocadura del Río Itata, con valores cercanos a los 5 g C m<sup>-2</sup>.

El estudio de la composición del mesozooplancton y macrozooplancton para la situación de primavera 2005, se realizó sobre las muestras integradas (0-200 m) de la columna de agua. Las especies dominantes del meso- y macro-zooplancton y estuvieron representadas por copépodos y el eufáusido *Euphausia mucronata*, aunque en ocasiones el grupo Polichaeta fue también muy abundante. Las abundancias promedios de las especies más abundantes en términos numéricos se listan en la Tabla 3.3. En esta Tabla 3.3. sobresale el copépodo endémico de la Corriente de Humboldt de tamaño mediano (ca. 2.5 mm longitud) *Calanus chilensis* y la especie cosmopolita de tamaño pequeño (ca. 1.2 mm longitud) *Paracalanus parvus*. El copépodo *Rhyncalanus nasutus* y el eufáusido *Euphausia mucronata*, merecen especial atención porque a pesar de presentar menores abundancias, sus tamaños corporales son mayores, 5.5 mm y 30 mm aproximadamente para *R. nasutus* y *E. mucronata*, respectivamente.

En general las especies observadas constituyen componentes comunes del zooplancton de la costa Chilena, asociado a condiciones de surgencia (Escribano et al., 2003).

**Tabla 3.3.** Principales taxa del mesozooplancton y macrozooplancton encontrados durante la primavera de 2005 frente a la zona de Concepción en la capa de 0-200 m.

Taxa	Abundancia (individuos m <sup>-3</sup> )
<i>Calanus chilensis</i>	90.5
<i>Paracalanus parvus</i>	62.8
<i>Oithona</i> spp	24.2
<i>Rhyncalanus nasutus</i>	13.6
<i>Oncaea conifera</i>	8.9
Polichaeta	8.2
<i>Corycaeus typicus</i>	7.4
<i>Pleuromamma gracilis</i>	4.9
<i>Euphausia mucronata</i>	4.9
Thaliacea	4.9
Cladocera	4.3
<i>Acartia tonsa</i>	4.0
Siphonofora	3.9
Appendicularia	3.5
Chaetognata	2.7
<i>Centropages brachiatus</i>	2.7
Larvas de crustácea	1.8

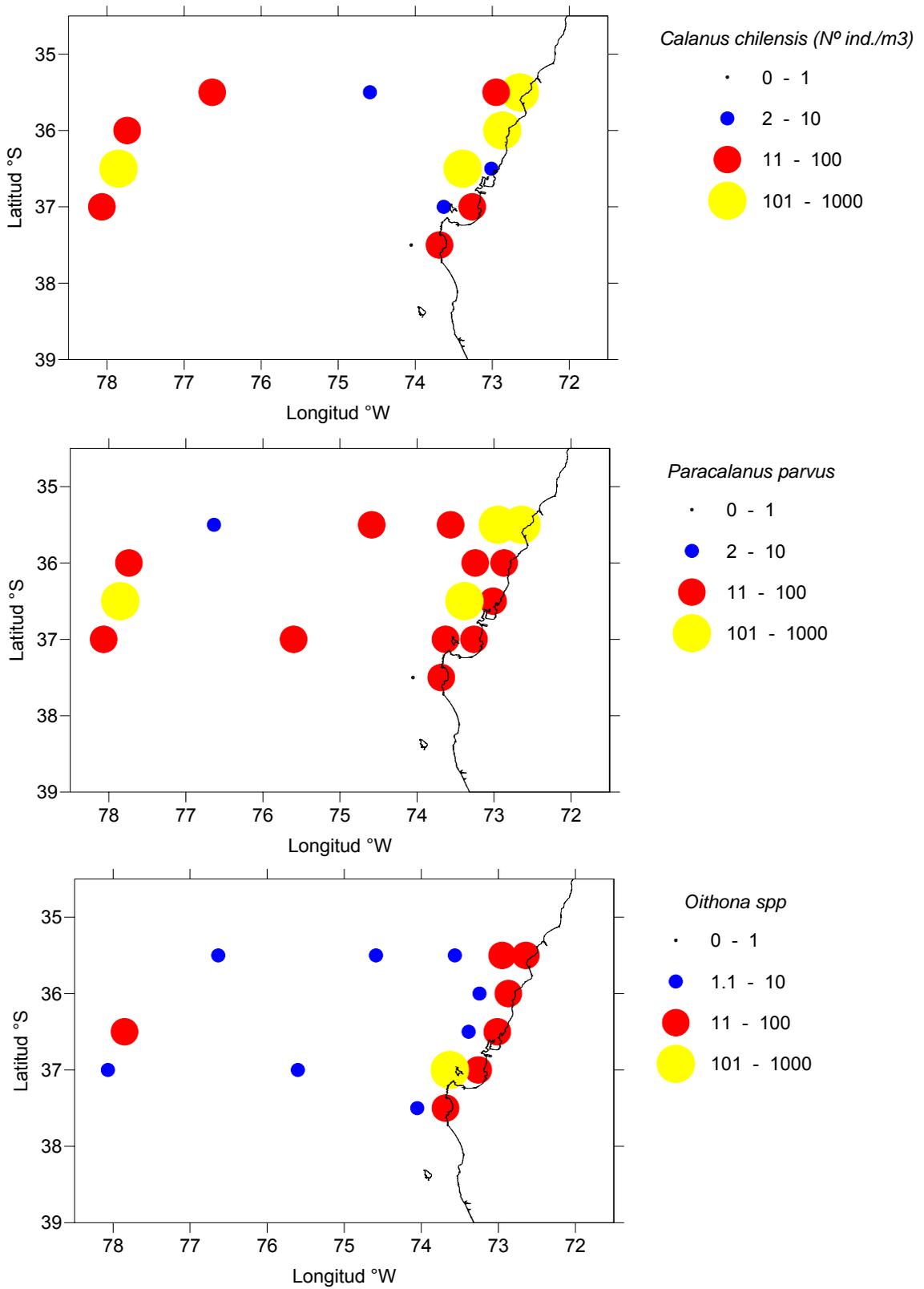


**Figura 3.26.** Distribución espacial de la biomasa del zooplancton, expresada en mg C, integrada para 3 estratos: 0-200 m (panel superior), 0-50 m (panel medio), y 50-200 m (panel inferior), durante la primavera de 2005 frente a la zona de Concepción.

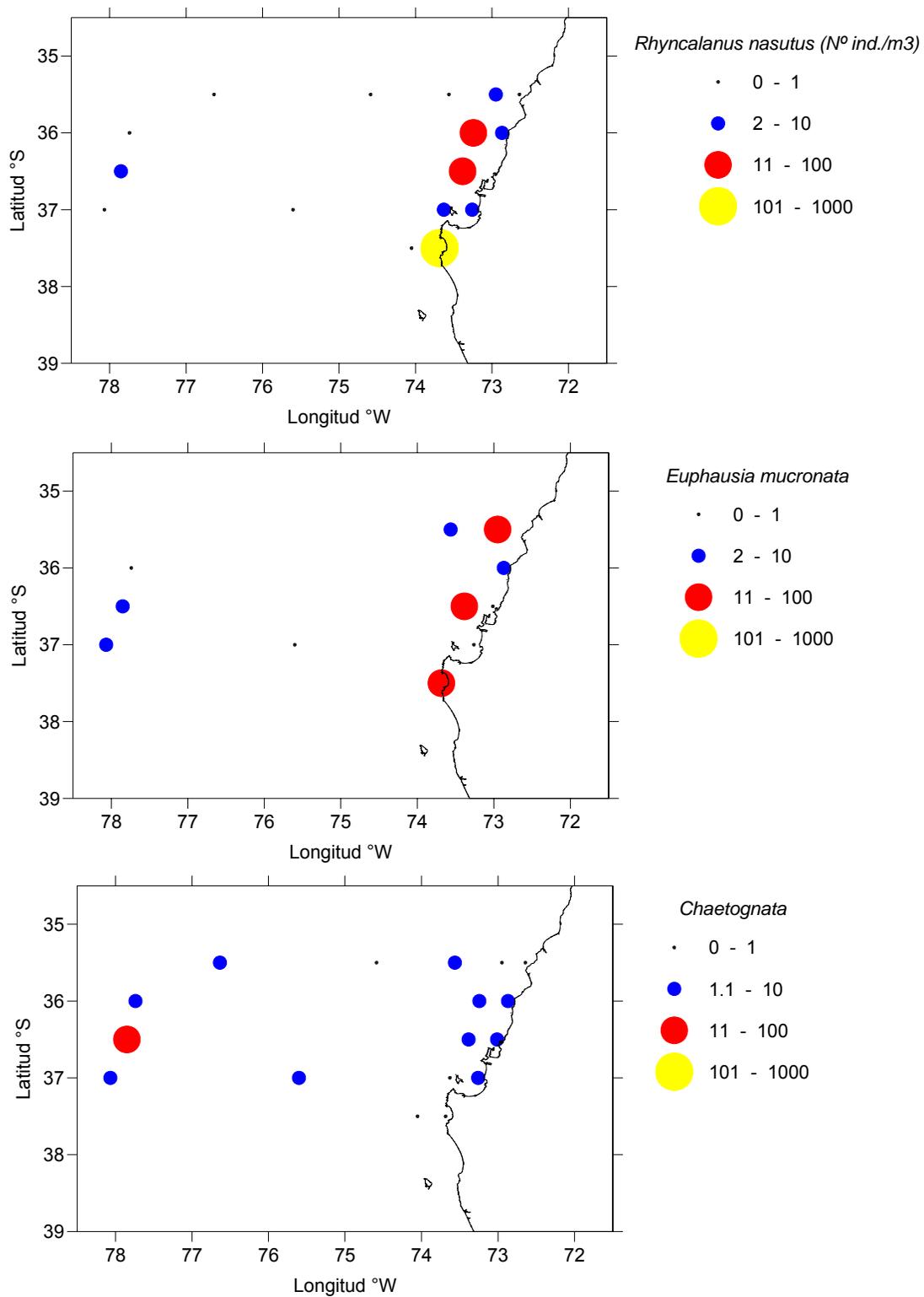
De las demás taxa listados en Tabla 3.3, se deben destacar los copépodos ciclopoidea *Oithona* spp.. Este grupo está compuesto por al menos 3 especies, entre las cuales se destaca *Oithona similis*, que es una especie cosmopolita y con una distribución mas bien oceánica, y *Oithona nana* de menor tamaño y que tiende a distribuirse en la zona más costera. En general, *Oithona* es un copépodo de muy pequeño tamaño (<1 mm longitud corporal). El copépodo *Pleurommama gracilis* posee también una distribución más oceánica, mientras que *Oncaea conifera* y *Corycaeus typicus* son especies mas bien estuarinas. Merecen también mención los taxa Siphonofora y Chaetognata, los cuales son depredadores sobre copépodos y estadios tempranos de peces y crustáceos. No obstante no mostraron altas abundancias durante este período.

En un carácter mas global, se puede concluir que gran parte de la biomasa total de zooplancton está conformada esencialmente por *Calanus chilensis*, *Paracalanus parvus*, *Euphausia mucronata* y *Rhyncalanus nasutus*.

El estudio de la distribución espacial (0-200 m) de los principales permitió revelar dos agregaciones mayores, una costera, asociada a la pluma de surgencia y una agregación muy oceánica. Este patrón se destaca para las 3 especies numéricamente dominantes, *Calanus chilensis*, *Paracalanus parvus* y *Oithona similis* (Fig. 3.27A), Mientras que los componentes de mayor tamaño, *Rhyncalanus nasutus* y *Euphausia mucronata*, tienden a agregarse en la zona costera bajo influencia mas directa de la surgencia (<20 mn). Depredadores como Chaetognata presenta una distribución en ausencia de un patrón definido (Fig. 3.27B).



**Figura 3.27A.** Distribución espacial de componentes dominantes del zooplancton durante la primavera de 2005 en la VIII Región frente a Concepción, en la capa de 0-200 m. Valores expresados en individuos  $m^{-3}$ .



**Figura 3.27B.** Distribución espacial de componentes dominantes del zooplancton durante la primavera de 2005 en la VIII Región frente a Concepción, en la capa de 0-200 m. Valores expresados en individuos m<sup>-3</sup>.

Para examinar la influencia de condiciones oceanográficas sobre la distribución espacial de las especies se utilizó una regresión múltiple paso-a-paso, que permite interactivamente incluir o remover el efecto de variables independientes sobre una variable dependiente. Este análisis se practicó sobre las abundancias log-transformada de las especies.

Las especies numéricamente dominantes *C. chilensis* y *P. parvus* se encuentran estrechamente correlacionas y las variables que contribuyeron significativamente a la varianza son la temperatura y la profundidad de la zona de mínimo de oxígeno (definida a un valor de 1 m O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>). En ambos casos la correlación fue negativa, indicando que los máximos de abundancia de estas especies se asociaron a los focos de agua fría de la surgencia y donde la zona de mínimo oxígeno se hace más somera. Las especies *Oithona* spp mostraron una distribución completamente independiente a variables oceanográficas y a otras especies, mientras que *E. mucronata* y *R. nasutus* covariaron significativamente y también mostraron una asociación a aguas de menor temperatura (Tabla 3.4.). También debe destacarse la asociación positiva con la salinidad superficial (2-10 m) observada en algunas de las especies dominantes.

**Tabla 3.4.** Regresión múltiple paso-a-paso para determinar la asociación entre variables ambientales y taxa del zooplancton encontrados en la capa de 0-200 m, durante la primavera de 2005 frente a Concepción. TSM (temperatura superficial del mar), ZMO (profundidad de la zona de mínimo de oxígeno). Valores de TSM y salinidad corresponden a la capa de 1-3 m.

TAXA	Factor	F	P
<i>C. chilensis</i>	TSM OMZ <i>P. parvus</i>	11.05	<0.001
<i>P. parvus</i>	TSM Salinidad OMZ <i>C. chilensis</i>	5.84	<0.01
<i>Oithona</i> spp.	Ninguna	<1	>0.05
<i>E. mucronata</i>	<i>R. nasutus</i>	22.25	<0.001
<i>R. nasutus</i>	TSM Salinidad <i>E. mucronata</i>	10.67	<0.001

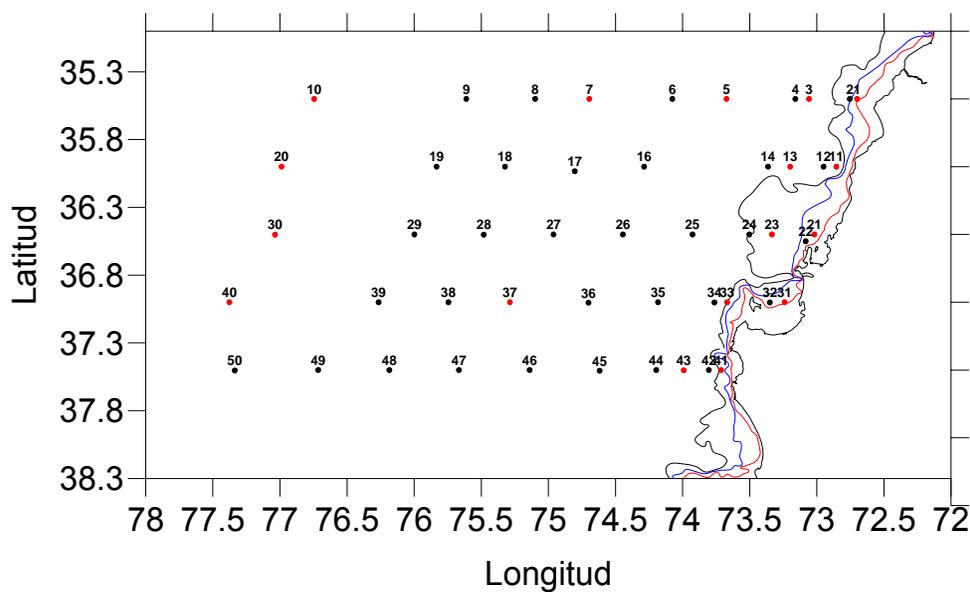
### 3.2.11. Ictioplancton.

En un total de 17 estaciones se colectó muestras de ictioplancton durante el crucero de Diciembre del 2005, 10 de las cuales estuvieron ubicadas dentro de las 60 primeras millas náuticas desde la costa, 4 en la transecta más alejada de ésta y el resto en la zona intermedia (Figura 3.28).

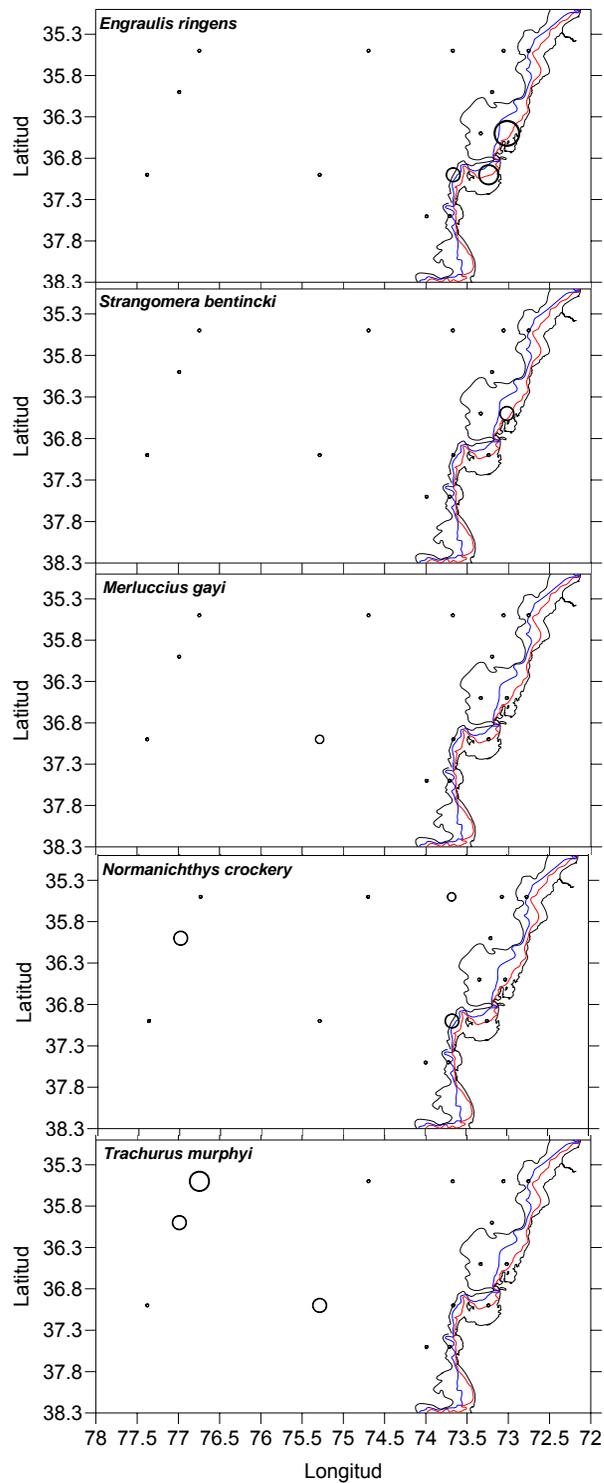
En el estrato superior (0-50m) y cercano a la costa ocurrieron las mayores abundancias de huevos de anchoveta y sardina común (Figuras 3.29 y 3.30). Los huevos de merluza común se ubicaron a media distancia de la costa y los de mote ocurrieron tanto en la costa como alejados de ella y en ambos estratos. En contraste, las mayores abundancias de huevos de jurel ocurrieron siempre en el sector más alejado a la costa.

Las larvas de anchoveta, sardina común, merluza común y mote ocurrieron en mayor abundancia en el estrato superior y cercanos a la costa (Figuras 3.31 y 3.32). Algunas larvas de mote, sin embargo, ocurrieron también fuera de la costa en ambos estratos. Las larvas de jurel presentaron una distribución similar a la presentada por sus huevos, es decir, se mantuvieron en mayor abundancia en las estaciones más alejadas de la costa en ambos estratos.

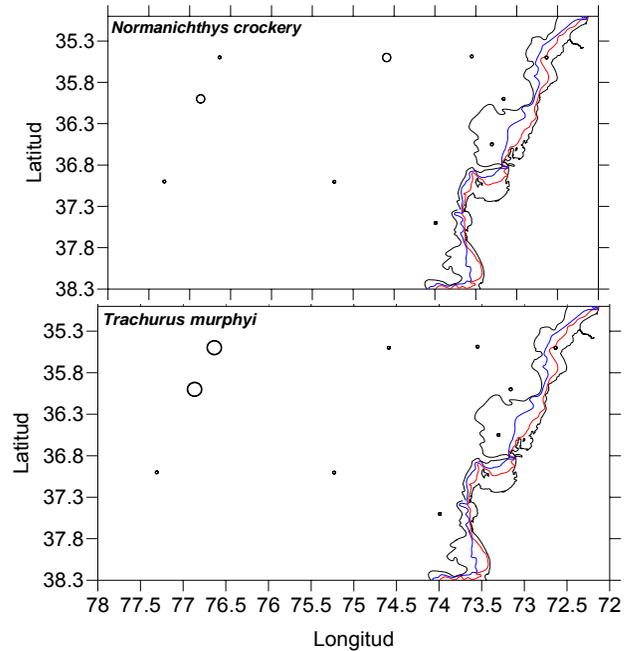
La distribución de huevos y larvas de anchoveta y sardina común coincide con la ubicación de sus zonas de desove en la franja costera sobre la plataforma continental. La ubicación de huevos y larvas de mote, más extendida que la de anchoveta y sardina común, difiere a la esperada considerando que comparten el habitat costero y periodos reproductivos con las dos especies precedentes. Las mayores abundancias de larvas de mote, sin embargo, ocurrieron igualmente en la zona costera por lo que la presencia de algunos huevos y larvas alejadas de la costa es posible que haya sido el resultado de advección horizontal. La presencia de huevos de merluza común a media distancia de la costa y la mayor abundancia de sus larvas en la zona costera concuerda la hipótesis sobre el desove de esta especie en el quiebre de la plataforma continental o más afuera y el posterior transporte subsuperficial de huevos y larvas hacia la costa durante primavera. Sin embargo, esta hipótesis no concordaría con la ausencia de huevos y larvas en el estrato 50-200 m, a menos que transporte hacia la costa haya ocurrido, por ejemplo, en la sección más profunda de este estrato de 0-50 m. Finalmente, la presencia de huevos y larvas de jurel en el sector más alejado de la costa concordaría con los límites más cercanos al continente de su zona de desove que ocurre justamente alrededor del mes de noviembre.



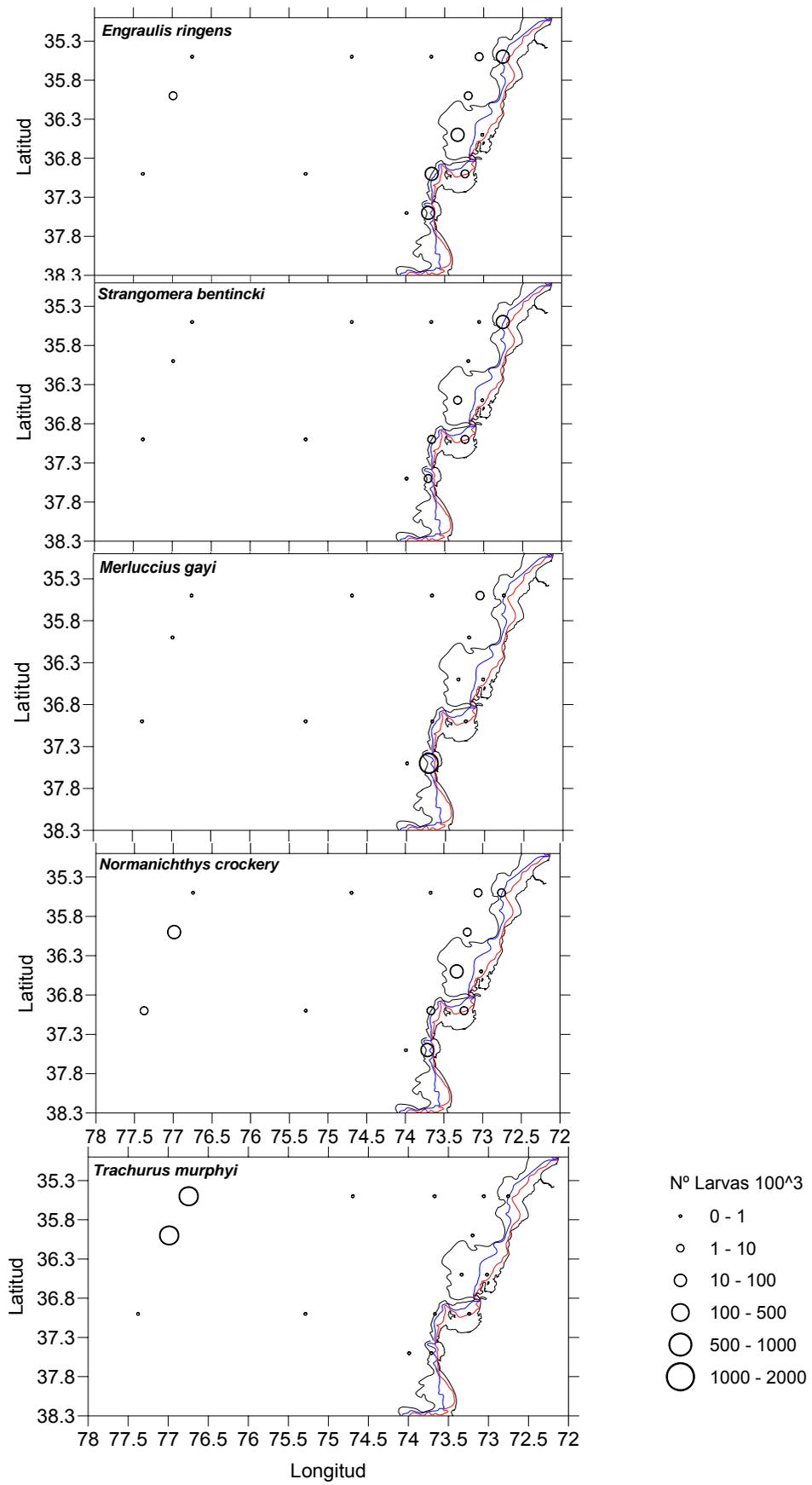
**Figura 3.28.** Estaciones oceanográficas muestreadas durante el crucero de diciembre 2005 (Circulo rojo: Estaciones con red Tucker Trawl (n: 17)).



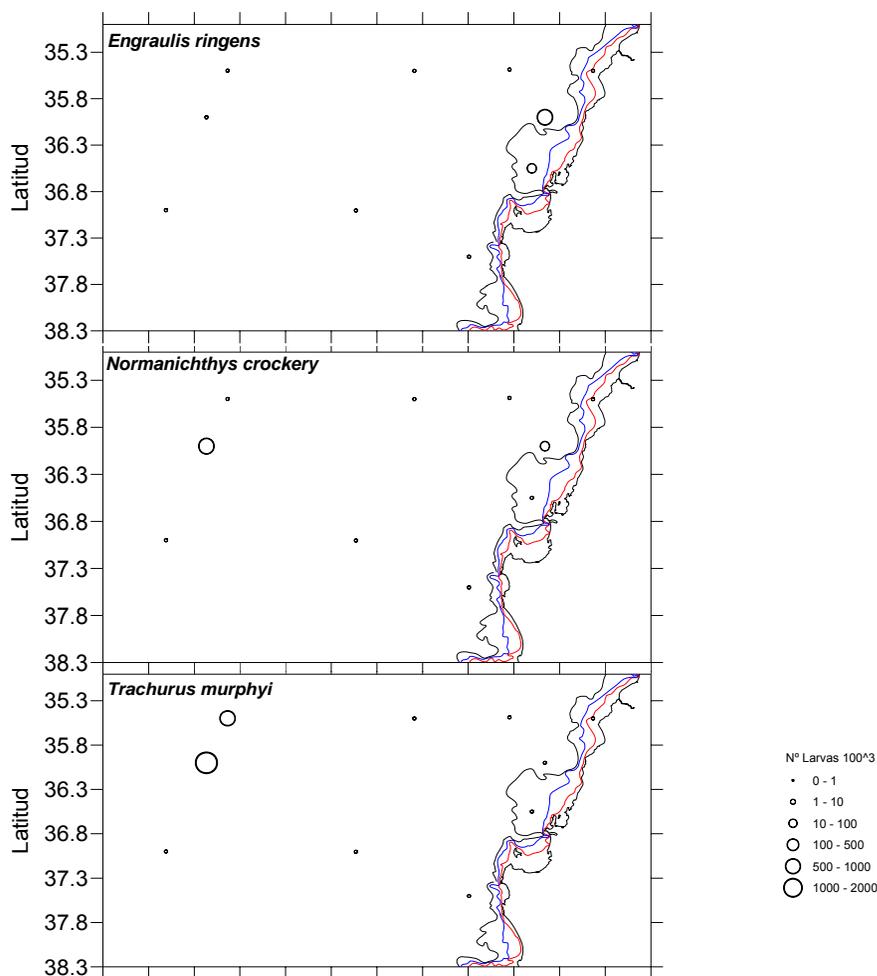
**Figura 3.29.** Distribución espacial de huevos correspondiente al estrato 50-0m, durante diciembre 2005.



**Figura 3.30.** Distribución de huevos de peces correspondiente al estrato 200-50m, durante diciembre 2005.



**Figura 3.31.** Distribución de larvas de peces correspondiente al estrato 50-0m, durante diciembre 2005.



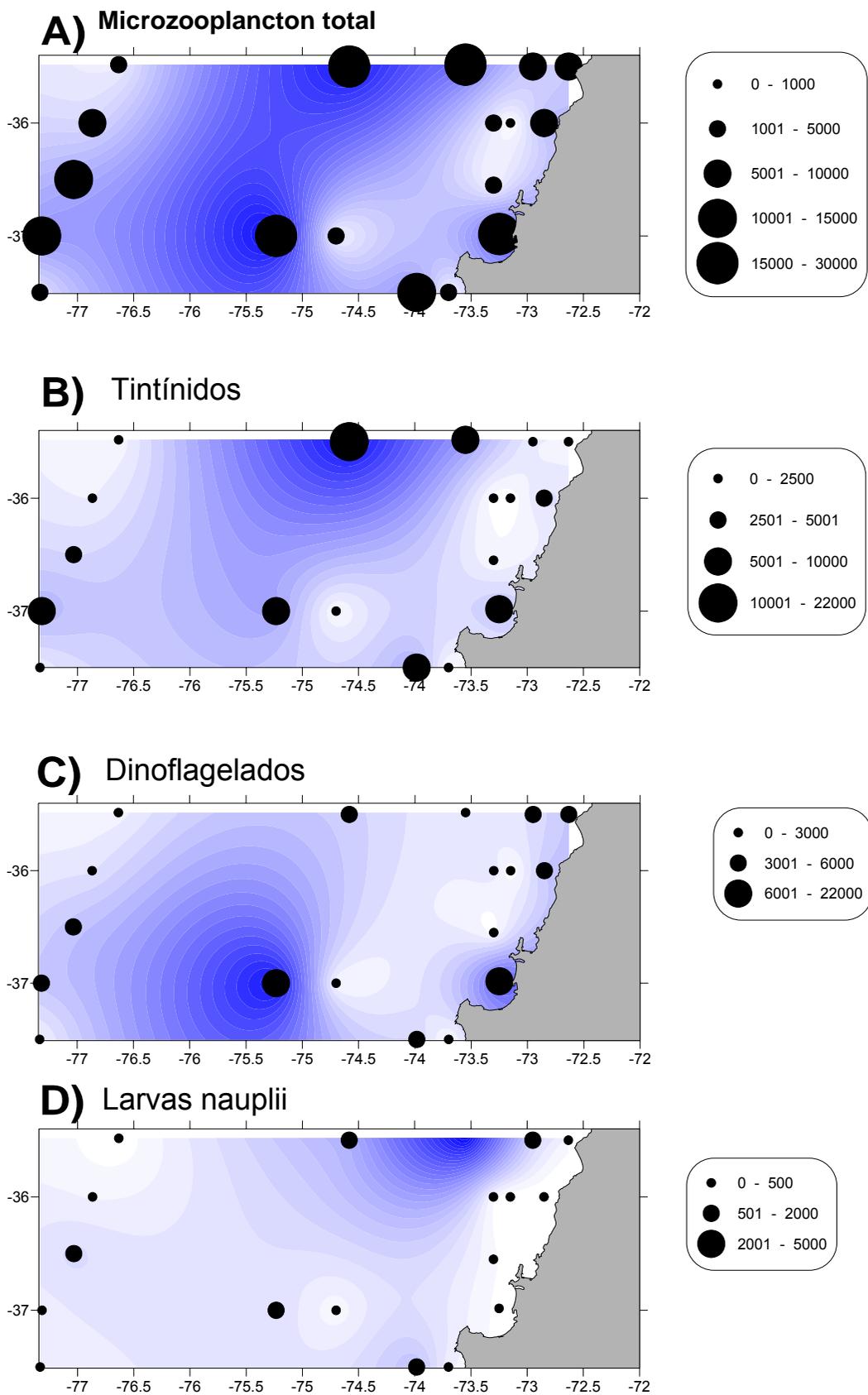
**Figura 3.32.** Distribución de larvas de peces correspondiente al estrato 200-50m, durante diciembre 2005.

### 3.2.12. Microplancton.

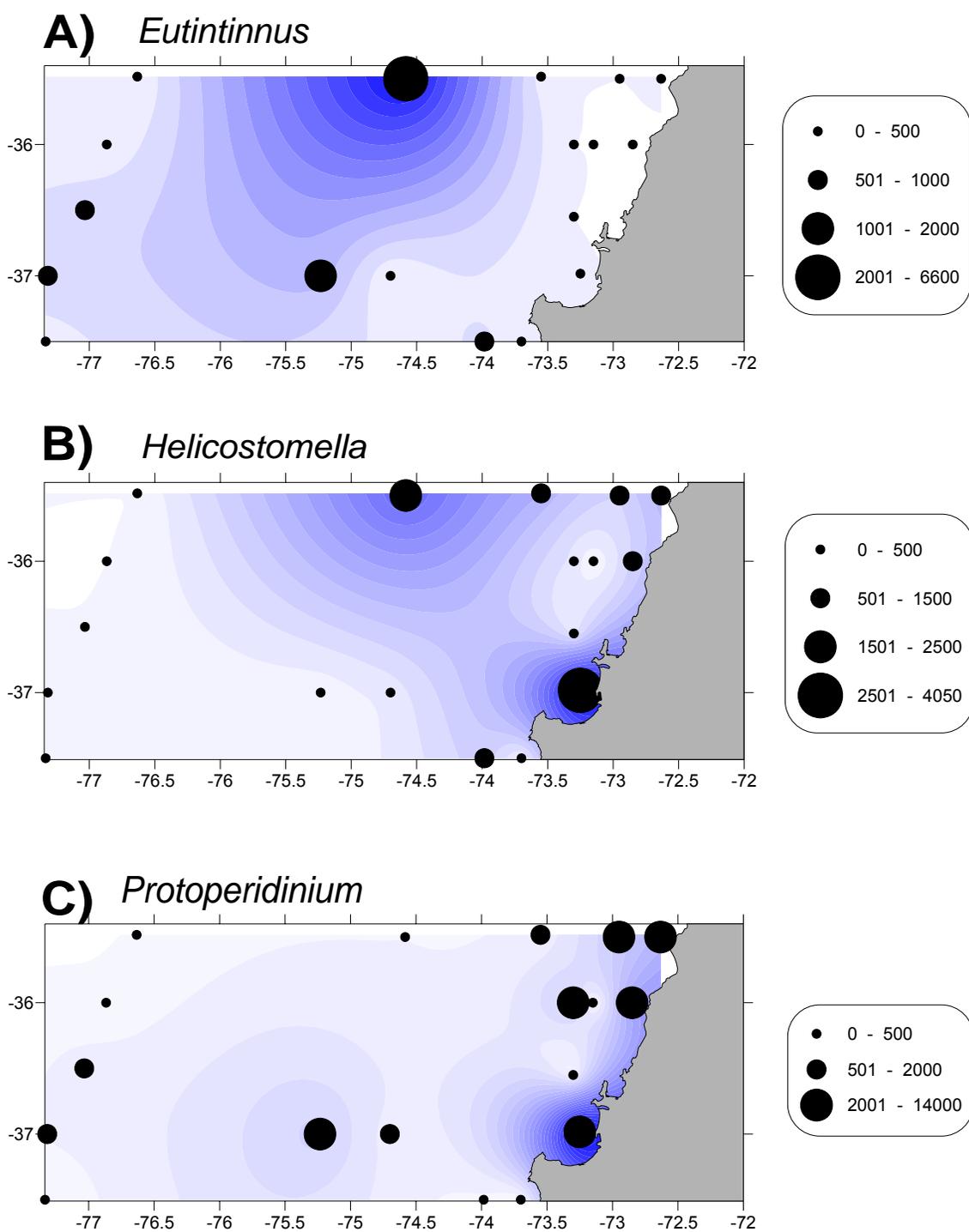
El microzooplancton total estuvo principalmente representado por tintínidos, dinoflagelados y larvas nauplii y registró un promedio de individuos totales de  $9.7 \times 10^6$  ind.  $m^{-2}$ , integrado en la columna de agua de la grilla de estaciones frente a Concepción llevada a cabo entre el 7 y 16 de diciembre de 2005. Las abundancias integradas de tintínidos y dinoflagelados fueron similares (ca.  $4.4 \times 10^6$  ind.  $m^{-2}$ ), mientras las de larvas nauplii fueron un orden de magnitud menores ( $8 \times 10^5$  ind.  $m^{-2}$ ) (Figura 3.33A). Los tres grupos se distribuyeron a través de toda la grilla, sin una predominancia marcada hacia la costa u océano (Figura 3.33B-D).

Los géneros más abundantes de tintínidos fueron *Eutintinnus* y *Heliscostomella* con valores de  $6 \times 10^5$  ind.  $m^{-2}$  (Figura 3.34 A y B), mientras que los dinoflagelado del género *Protoperidinium* presentaron valores promedio de abundancia de  $1.8 \times 10^6$  ind.  $m^{-2}$  (Figura 3.34C). Los dinoflagelados fueron más abundantes es las estaciones costeras y con mayor riqueza de especies en la zona oceánica. Los tintínidos se distribuyeron a través de toda la grilla.

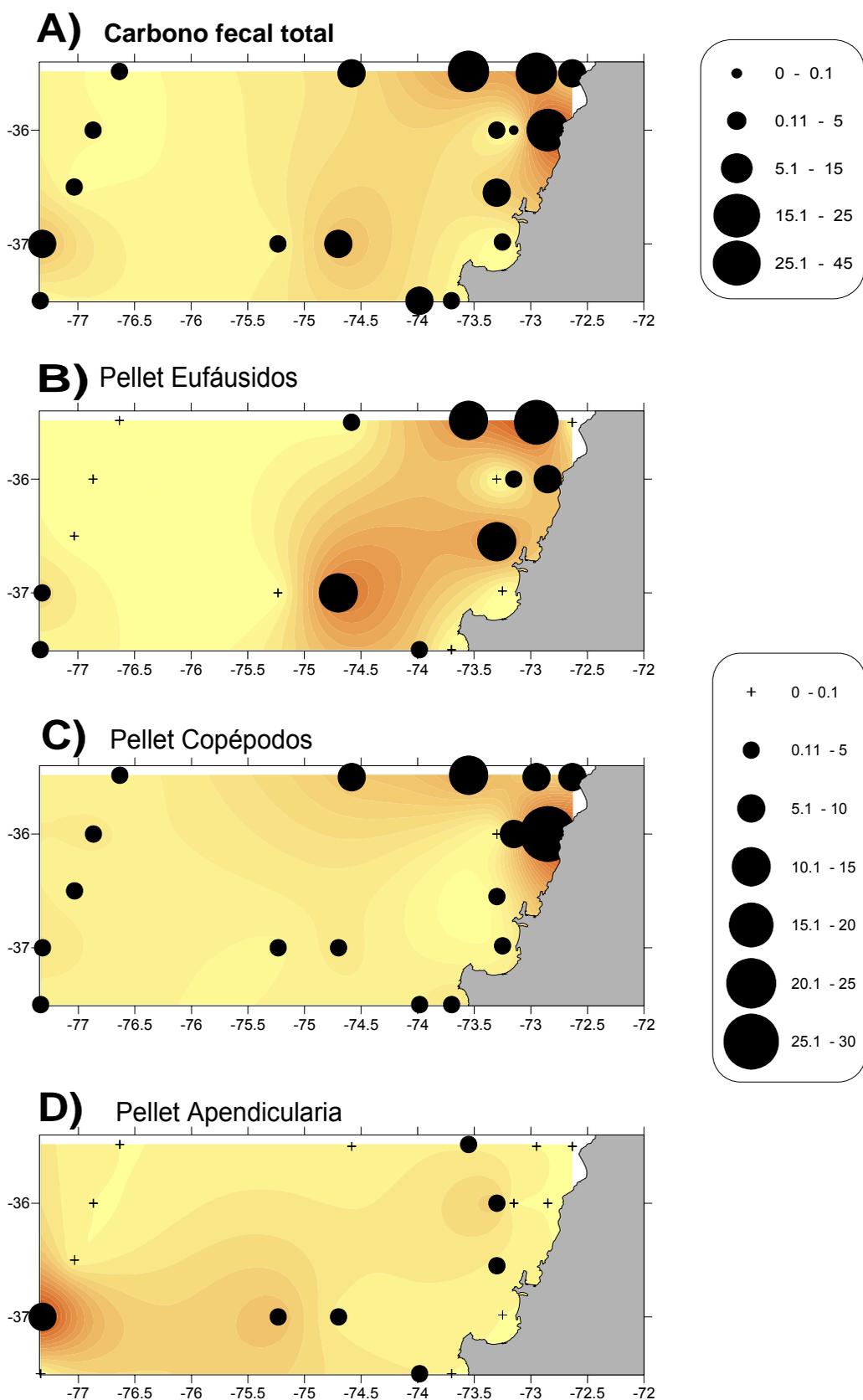
El carbono de pellet fecales presentó un patrón de distribución espacial con mayores concentraciones hacia las estaciones más costeras (Figura 3.35A). La biomasa de pellet fecales de eufáusidos y copépodos presentó, en promedio, una mayor cantidad de carbono ( $\sim 4$  mg  $m^{-2}$ ) que la de pellet de apendicularias ( $\sim 1$  mg  $m^{-2}$ ) en la columna de agua integrada de la grilla de muestreo (Figs. 3.35B-D).



**Figura 3.33.** (A) Abundancia de microzooplancton total ( $\text{cel m}^{-2} \times 1000$ ) integrado hasta en fondo (costa) o hasta un máximo de 200 m de profundidad en la zona oceánica. Los paneles B), C) y D) indican la abundancia de tintínidos, dinoflagelados y larvas nauplii, respectivamente, en la grilla realizada frente a Concepción entre el 7 y 16 de diciembre de 2005.



**Figura 3.34.** Abundancia de los géneros dominantes de tintínidos y dinoflagelados ( $\text{cel m}^{-2} \times 1000$ ) integrado hasta en fondo (costa) o hasta un máximo de 200 m de profundidad en la zona oceánica. Los paneles A), B) y C) indican la abundancia de *Eutintinnus*, *Helicostomella* y *Protoperidinium*, respectivamente, en la grilla realizada frente a Concepción entre el 7 y 16 de diciembre de 2005.



**Figura 3.35.** Carbono de pellet de zooplancton ( $\text{mg m}^{-2}$ ) integrado hasta en fondo (costa) o hasta un máximo de 200 m de profundidad en la zona oceánica. Los paneles A), B), C) y D) indican el carbono de pellet fecales totales, y de eufáusidos, copépodos y apendicularias, respectivamente, en la grilla realizada frente a Concepción entre el 7 y 16 de diciembre de 2005.

### 3.2.13. Nanoplancton

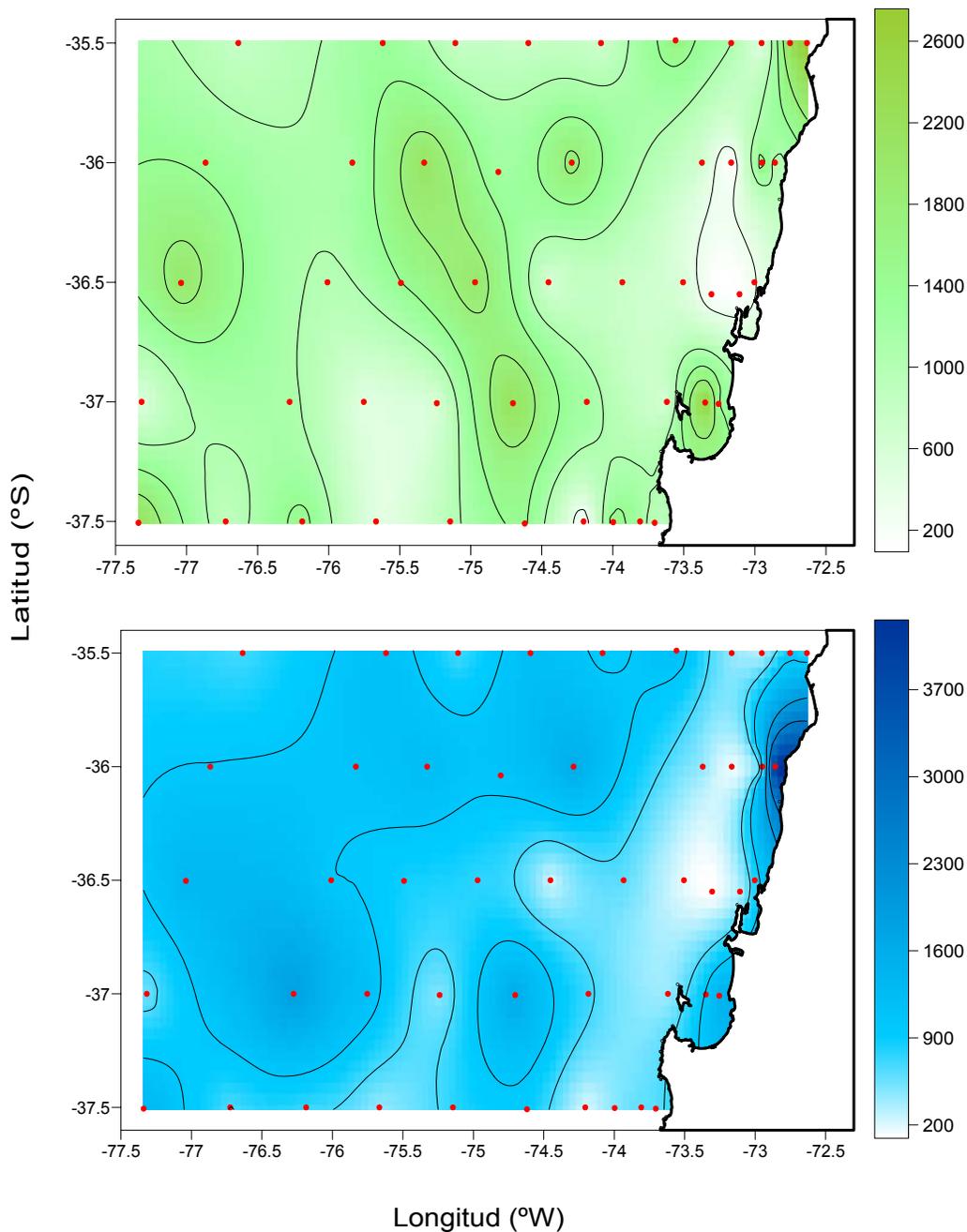
La fracción nanoplanctónica autótrofa (Figura 3.36A) y heterótrofa (Figura 3.36B) fue evaluada durante el crucero de primavera 2005 frente a Concepción ( $\sim 35 - 38^\circ\text{S}$ ). Esta fracción estuvo representada principalmente por nanoflagelados que, a nivel superficial, alcanzó  $>90\%$  como promedio; otros grupos ocasionalmente importantes fueron las nano-diatomeas y los nano-dinoflagelados.

La distribución superficial de la abundancia del nanoplancton autótrofo fue heterogénea, con focos de mayor abundancia ( $>2 \times 10^3 \text{ células mL}^{-1}$ ) tanto en la costa como mar afuera y franjas intermedias de menores abundancias. Un patrón similar siguió la distribución superficial de la

abundancia del nanoplankton heterótrofo. Los valores de abundancia superficial estuvieron en el rango de  $0,06 - 2,8 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$  para nanoflagelados autótrofos (promedio  $\pm$  DS:  $1,1 \pm 0,7 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) y de  $0,09 - 4,5 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$  para nanoflagelados heterótrofos (promedio  $\pm$  DS:  $0,9 \pm 0,7 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ).

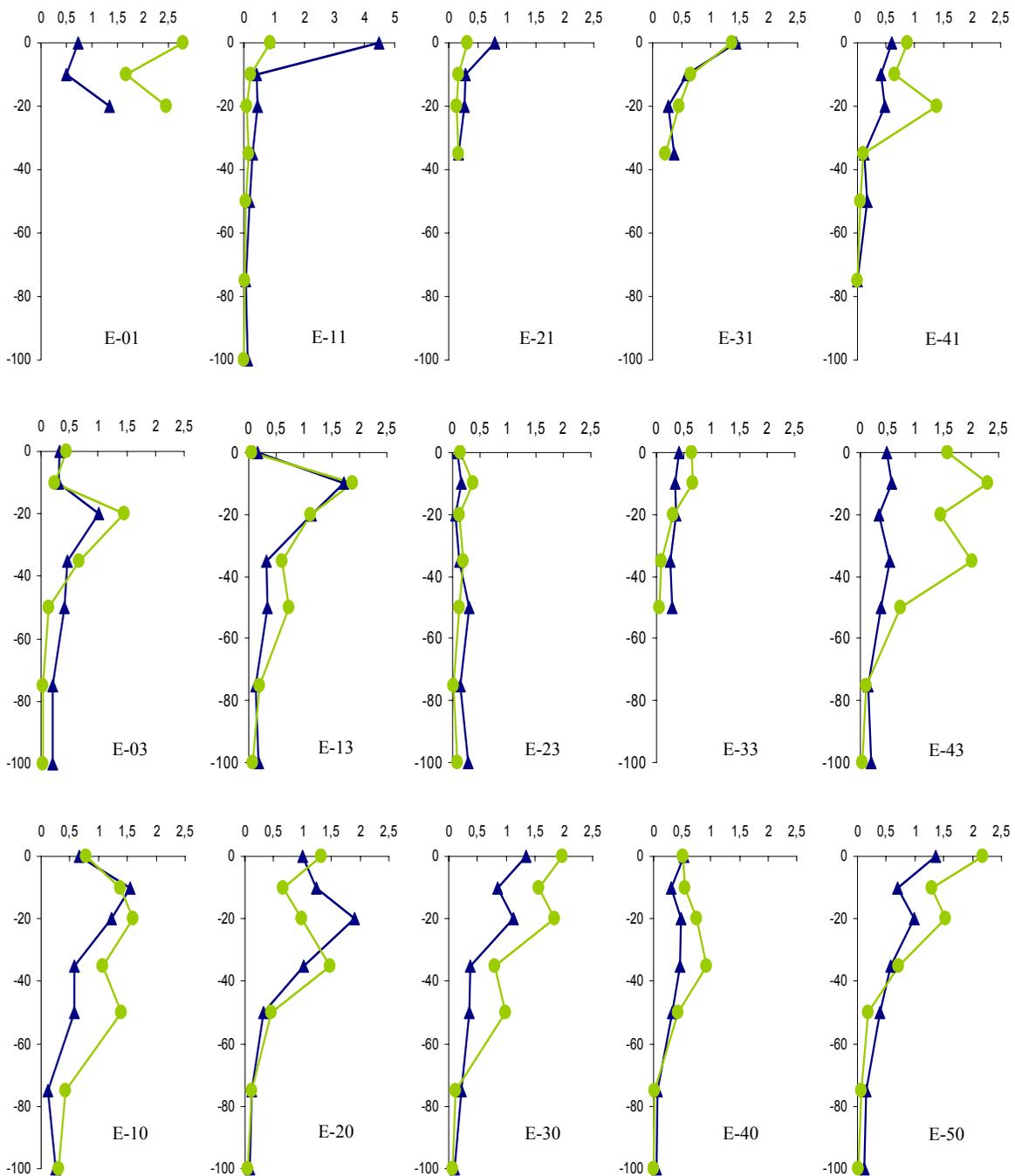
En la distribución vertical de la abundancia del nanoplankton (0 - 100 m o profundidad máxima en la zona costera), se muestrearon un total de 18 estaciones solamente. Estos datos están presentados en 3 transectas longitudinales a la costa (Figura 3.37). Los valores máximos ( $>1 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) ocurrieron tanto en zonas costeras como oceánicas en ambos grupos, autótrofos y heterótrofos, en superficie o subsuperficie; además, no hubo diferencias latitudinales marcadas y los valores mínimos ocurrieron generalmente bajo los 50 m. Los valores de abundancia en la columna de agua fluctuaron en el rango de  $0,004 - 2,8 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$  para autótrofos y de  $0,008 - 4,5 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$  para heterótrofos.

Las variaciones en la abundancia superficial de nanoplankton en relación a la variabilidad oceanográfica (temperatura y salinidad superficiales) no fue evidente (correlación de Pearson,  $r < 0,1$ ). Tampoco hubo correlación significativa entre la fracción de clorofila-a  $<20 \mu\text{m}$  y la abundancia del nanoplankton autótrofo ( $p = 0,35$ ) a nivel superficial.



**Figura 3.36.** Distribución superficial de nanoplankton ( $10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) durante el crucero MOBIO-BIO II (Diciembre 2005). Panel superior: A) nanoflagelados autótrofos; panel inferior: B) nanoplankton heterótrofo.

Abundancia Nanoplankton ( $10^3$  cells  $\text{mL}^{-1}$ )



35.5°S -----37.5°S

**Figura 3.37.** Distribución vertical de nanoplancton ( $10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) durante el crucero MOBIO-BIO II (Diciembre 2005): transectas longitudinales para abundancia de autótrofos (línea y círculo verdes) y heterótrofos (línea y triángulo azules). Panel superior: transecta costera; panel intermedio: transecta plataforma/borde plataforma; y panel inferior: transecta oceánica.

### 3.2.14. Picoplancton.

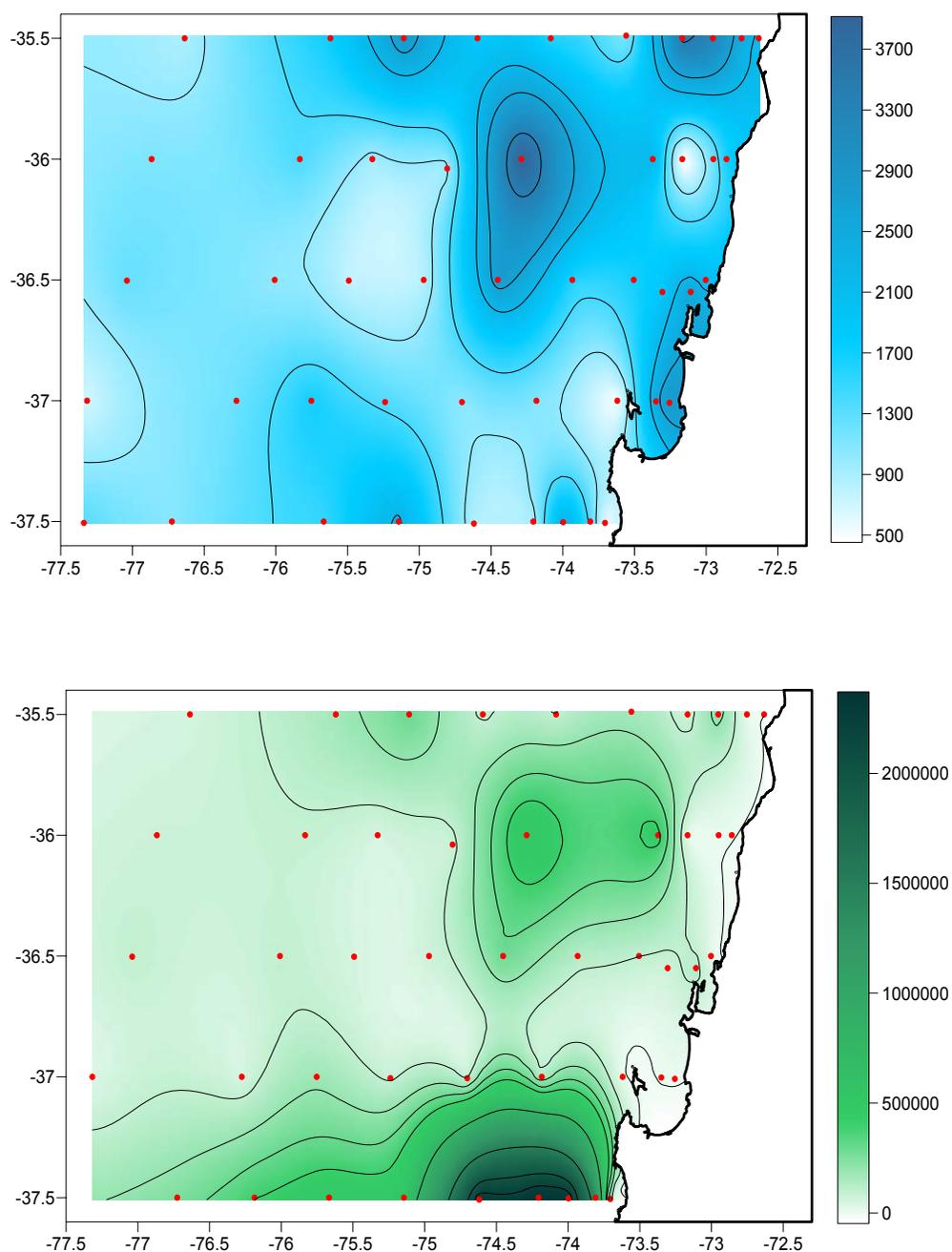
La abundancia de la fracción picoplanctónica, representada por los componentes autótrofos (pico-fitoplancton, incluyendo principalmente cianobacterias y pico-eucariontes) y heterótrofos (bacterioplancton) fue evaluada durante el crucero de primavera 2005 frente a Concepción ( $\sim 35 - 38^\circ\text{S}$ ).

La distribución superficial de la abundancia del pico-fitoplancton, predominantemente conformado por cianobacterias, fue heterogénea (Figura 3.38A), con valores máximos ( $>300 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) distribuidos en algunos casos en concordancia con el máximo en la distribución superficial de clorofila-a en la fracción picoplanctónica en la zona de adyacente a la terraza del Itata pero en otros casos no hubo coincidencia en máximos, como en la zona más costera (Figura 3.23C). El rango de valores de abundancia superficial de picoplancton autótrofo fue de  $1 - 2362 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$  (promedio  $\pm$  DS:  $301 \pm 583 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ).

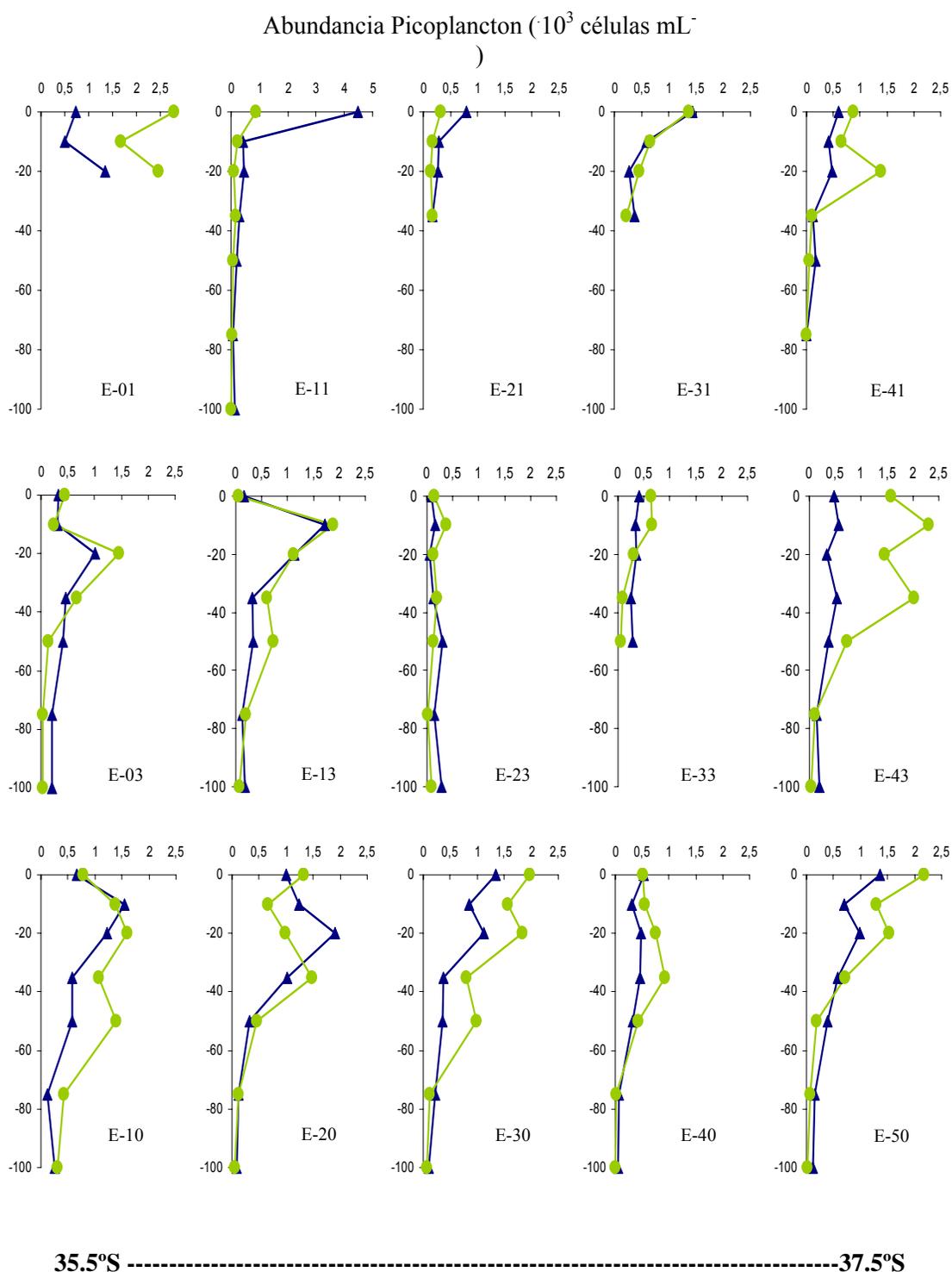
La distribución superficial de la abundancia del bacterioplancton fue heterogénea (Figura 3.38B), con valores máximos ( $>2 \times 10^6$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) en la zona fuera de la plataforma continental, en el área norte de estudio ( $35,5 - 36,5^\circ\text{S}$ ), en la misma zona como en el caso del pico-fitoplancton, y además en la zona más costera desde el Golfo de Arauco hasta Bahía Concepción ( $36,5 - 37^\circ\text{S}$ ). Los valores superficiales estuvieron en el rango de  $354 - 4010 \times 10^3$

células  $\text{mL}^{-1}$  (promedio  $\pm$  DS:  $1619 \pm 835 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ). Las variaciones de abundancia superficial en cada grupo picoplanctónico no estuvieron asociadas a la variabilidad en temperatura o en salinidad superficiales ( $p > 0,05$ ); la correlación entre la fracción de clorofila-a  $< 3 \mu\text{m}$  y la abundancia de pico-autótrofo fue débil ( $+0,25$ ) pero no significativa ( $p = 0,16$ ).

En la distribución vertical del picoplancton (0 - 50 m), se muestrearon un total de 18 estaciones solamente. Estos datos están presentados en 3 transectas longitudinales a la costa (Figura 3.39). Los valores máximos de abundancia de picoplancton autótrofo ( $> 10000$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) ocurrieron generalmente sobre los primeros 30 m y mayormente en las zona fuera de la costa. Los valores de abundancia de picoplancton heterótrofo, en cambio, fueron relativamente estables en toda la zona de estudio ( $1000 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ). Los valores de abundancia en la columna de agua fluctuaron en el rango de  $0,1 - 2334 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$  para autótrofos y de  $326 - 3255 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$  para heterótrofos.



**Figura 3.38.** Distribución superficial de la abundancia de picoplancton durante el crucero MOBIO-BIO II (Diciembre 2005). Panel superior: picoplancton autótrofo (células  $\text{mL}^{-1}$ ); panel inferior: picoplancton heterótrofo ( $10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ).



**Figura 3.39.** Distribución vertical de nanoplancton ( $10^3$  células mL<sup>-1</sup>) durante el crucero MOBIO-BIO II (Diciembre 2005): transectas longitudinales para abundancia de autótrofos (línea y círculo verdes) y heterótrofos (línea y triángulo azules). Panel superior: transecta costera; panel intermedio: transecta plataforma/borde plataforma; y panel inferior: transecta oceánica.

### 3.3. Variabilidad mensual de las condiciones bio-oceanográficas: estación plataforma (18).

#### 3.3.1. Estaciones de Monitoreo.

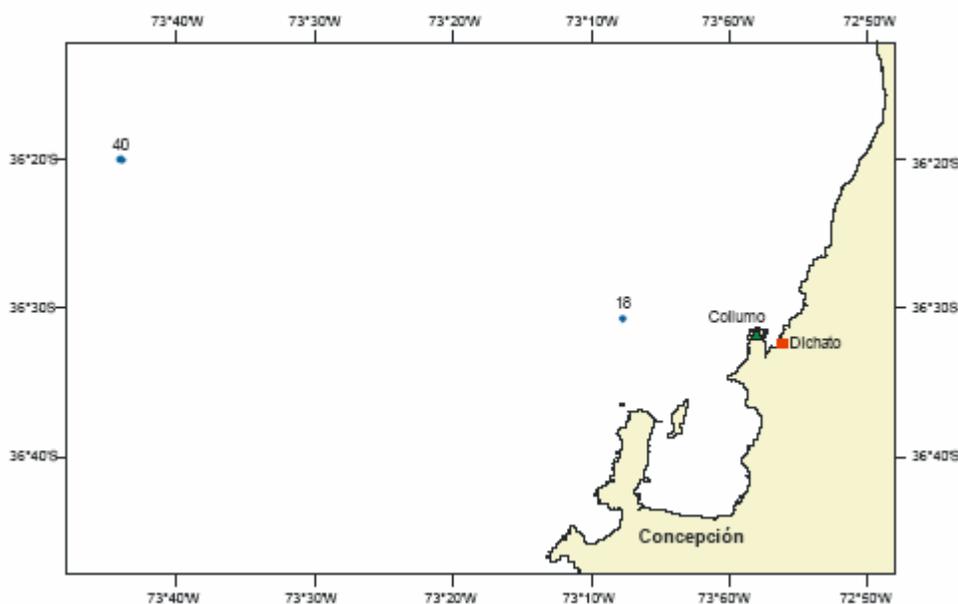
En el estudio de la variabilidad temporal de las condiciones bio-oceanográficas en la VIII Región se monitorean dos estaciones oceanográficas, con las cuales se cubren diferentes escalas de tiempo. La primera estación está ubicada a 18 millas náuticas ( $36^{\circ}30,8'$  S y  $73^{\circ}07,7'$  W) y tiene una profundidad aproximada de 90 m y se monitorea con una frecuencia mensual. Esta estación se caracteriza por reflejar efectos y procesos que pueden ocurrir sobre la plataforma continental. La segunda estación es monitoreada a una escala estacional (cada 3 meses) y está localizada a 40 mn de la costa sobre el talud continental ( $36^{\circ}20'$  S y  $73^{\circ}44'$  W) y posee una profundidad de 1000 m; este punto representa la variabilidad de las condiciones oceánicas de la región.

El monitoreo de ambas estaciones es realizado a bordo de la embarcación de investigación “Kay-Kay”, perteneciente al Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción.

Durante todo el período de estudio, iniciado en julio de 2005 con el Proyecto FIP 2005-01 se mantiene un registro de las condiciones meteorológicas en el sector de Coliumo ( $36^{\circ} 31' 41,2''$  S y  $72^{\circ} 57' 57,3''$  W), por medio de una estación meteorológica (HOBO Micro Station), la cual fue instalada el día 6 de agosto de 2004. Históricamente en la Estación de Biología Marina, perteneciente al Departamento de Oceanografía de la Universidad de Concepción, se registra tres veces al día (09, 13 y 17 horas) la temperatura superficial del mar (TSM). La ubicación geográfica de las estaciones oceanográficas, la estación meteorológica y del sector donde se realiza el registro de TSM es mostrada en la Figura 3.40.

En las estaciones señaladas se realizan perfiles de CTDO-Fluorescencia-PAR, inicialmente por medio de Roseta SeaBird SBE-32C y un CTDO SeaBird-25, y a partir de marzo del 2005 utilizando un CTD SeaBird-19 plus y botellas Niskin de 10 L. En la estación 18 se realizan perfiles hasta los 80 m y en la 40 hasta los 750 m, y se toman muestras de agua a 12 y 16 profundidades respectivamente. Desde la Roseta, o botellas Niskin se obtienen muestras para salinidad, oxígeno disuelto, nutrientes, biomasa del fitoplancton, picoplancton y nanoplancton. Para la estimación de la abundancia y composición de microplancton y fitoplancton se realiza un muestreo a 5 profundidades con botellas de 30 L.

En cada estación se realizan lances de pesca de zooplancton para el estudio del ictioplancton, mesozooplancton y macrozooplancton por medio de una red Tucker Trawl (200  $\mu$ m trama, 1 m<sup>2</sup> boca, con flujómetro). En la estación 18 se muestrean los estratos 0-50 y 50-80 m, mientras que en la 40 los estratos 600-400, 400-200 y 200-0 m.



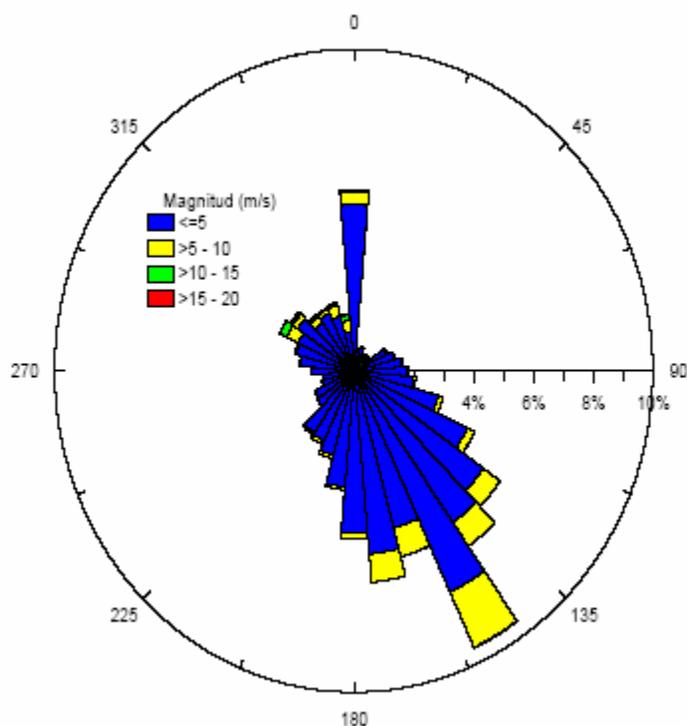
**Figura 3.40.** Ubicación de las estaciones oceanográficas (puntos azules), meteorológica (triángulo verde) y temperatura superficial del mar (cuadrado rojo)

### 3.3.2. Meteorología.

La estación meteorológica se activó el 16 de agosto de 2004, registrando cada 10 minutos. Durante el período de mediciones (del 16/08/2004 al 14/08/2006) se registraron 34,188 calmas de un total de 96,416 observaciones, que equivale al 35,46 % del total, los vientos predominantes hasta el mes de mayo de 2006 han sido del SE y S (35,85 % de las observaciones), con un predominio de magnitudes menores o iguales a 5 m/s (Tabla 3.5 y Figuras 3.41 y 3.42). Durante el mes de julio se registraron vientos con dirección S durante la mayor parte del mes, con magnitudes en un rango 1-14 m/s. Para el muestreo del 28 de julio de 2006, se registró predominio de vientos con dirección SE durante los días previos al muestreo, con magnitudes que van desde 0,66 a 1,14 m/s .

Rango de magnitud (m/s)	Dirección								Total
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
>0 a ≤ 5	5636	1602	4398	14732	13391	4082	1309	5098	50248
>5 a ≤ 10	1375	35	183	3921	2500	284	1605	1065	10968
>10 a ≤ 15	409			22	1		47	495	974
>15 a ≤ 20	10						15	13	38
<b>Total</b>	<b>7430</b>	<b>1637</b>	<b>4581</b>	<b>18675</b>	<b>15892</b>	<b>4366</b>	<b>2976</b>	<b>6671</b>	<b>62228</b>
Número de Calmas del periodo:				34188				total : 96416	

**Tabla 3.5.** Estadística básica de los vientos registrados durante el período comprendido entre agosto 2004 al 14 de agosto 2006.



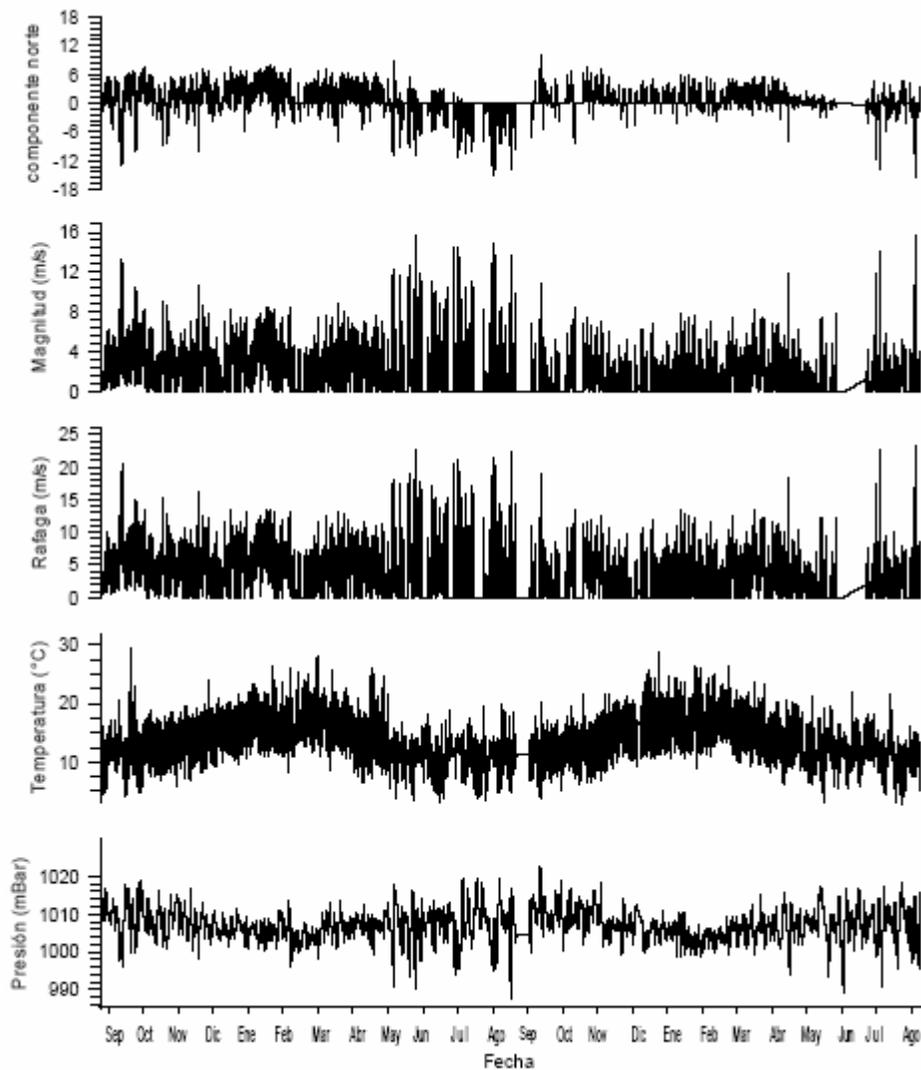
**Figura 3.41.** Rosa de los vientos del período entre agosto 2004 y 14 de agosto 2006.

La temperatura del aire muestra una clara fluctuación entre el día y la noche, alcanzando en el mes de junio de 2006 los valores más bajos del presente año, que se encuentran en rangos similares a los presentados en el mismo periodo el año anterior.

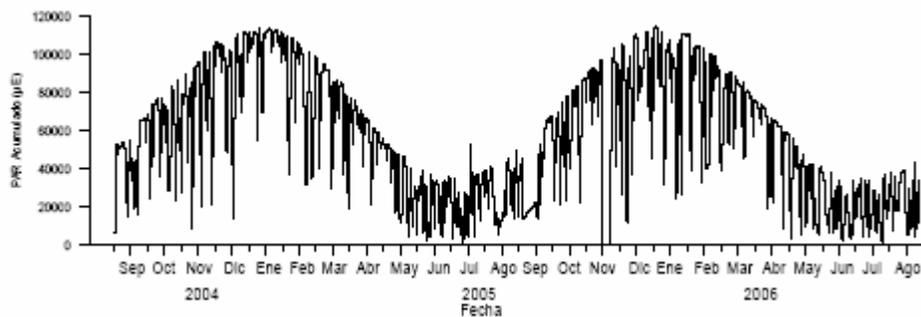
Mostrando un ciclo anual con valores máximos entre enero y marzo y mínimos entre julio y septiembre. Durante el mes de julio se observan los valores más bajos del periodo, registrándose para este mes valores mínimos de 2,75 °C.

En términos generales se puede hablar de un ciclo anual normal de condiciones, lo que se refleja en las fluctuaciones estacionales del viento, presión y temperatura del aire. La presión atmosférica muestra en el mes de julio de 2006, altos valores correspondientes al periodo invernal (990,75 a 1018,55 mBar), coincidentes con los registros del año anterior, relacionados inversamente con el ciclo registrado de temperatura del aire (Figura 3.42)

Los valores acumulados diarios de la radiación fotosintética activa (PAR) muestran un ciclo anual con máximos en el periodo diciembre-febrero y mínimos registrados durante junio-julio, durante julio de 2006 se repite esta tendencia alcanzando los valores mínimos correspondientes a la época y observándose nuevamente el aumento de los datos a principios de agosto (Figura 3.43).



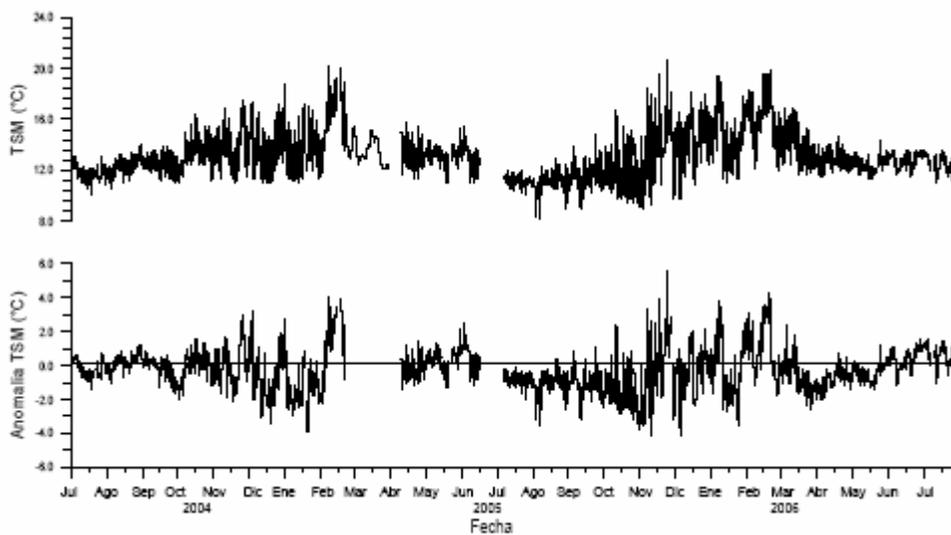
**Figura 3.42.** Datos meteorológicos entre septiembre 2004 y el 14 de agosto de 2006 registrados en el sector de coliumo.



**Figura 3.43.** PAR acumulado diariamente desde el 17 de agosto de 2004 hasta el 14 de agosto de 2006.

El registro de TSM en la Estación de Biología Marina en Dichato (Bahía de Coliumo) durante el período de observación muestra una fluctuación de la temperatura entre el día y la noche, presentándose en febrero la máxima diferencia entre dos observaciones consecutivas (5,5 °C). La menor temperatura del período se registró el 08 de agosto de 2005 a las 9:00 (8,2 °C) y la máxima se observó el día 08 de febrero de 2005 a las 17:00 (20,1°C). Se aprecia un ciclo anual normal de condiciones con temperaturas máximas registradas durante enero-febrero y mínimas que se aprecian entre mayo-julio (Figura 3.44).

La anomalía calculada en base a la señal histórica (20 años de observación), como se indicó en el primer boletín del Proyecto FIP 2004-20 (julio de 2004). Para el mes de julio de 2006 se han mantenido niveles similares en la Temperatura Superficial del Mar con respecto a los meses anteriores, observándose una leve disminución. La anomalía de la TSM fluctuó durante el mes registrando predominantemente valores positivos que van en un rango entre 1,62 y -1,10.



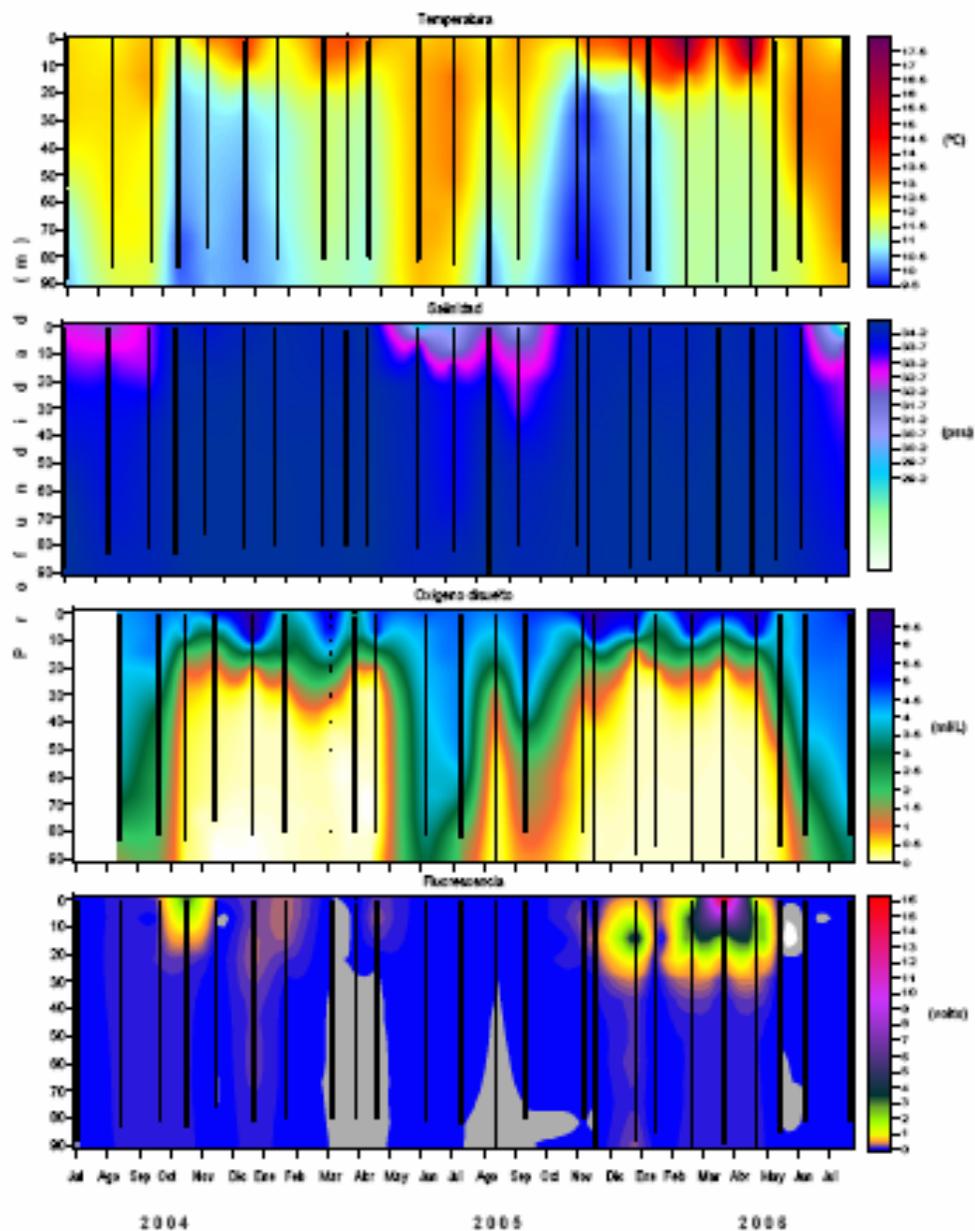
**Figura 3.44.** TSM y su anomalía de julio de 2004 al 31 de julio de 2006. Serie registrada en la Estación de Biología Marina de la Universidad de Concepción, Dichato.

### 3.3.3. Variabilidad de las condiciones físicas y químicas.

Después de un período de alta mezcla en la columna de agua durante agosto de 2004, la capa superficial mostró un calentamiento, en conjunto a un enfriamiento de las capas más profundas producto de la surgencia, dando lugar a una fuerte estratificación de la columna, que persistió hasta el mes de enero 2005, aunque en ese mes se destaca una disminución de la temperatura superficial. Posteriormente, a partir de febrero 2005 la termoclina a iniciado un paulatino hundimiento, aunque aún con una fuerte estratificación que se ha mantenido hasta el mes de marzo 2005 (Figura 3.45). Posteriormente el sistema muestras una fuerte mezcla (condición invernal) para iniciar nuevamente una condición estratificada a partir de septiembre 2005.

En cuanto a la salinidad, se aprecia que a comienzos del monitoreo se nota la influencia de aguas dulce en superficie, las cuales están asociadas a las precipitaciones y aporte de aguas dulce por escurrimiento desde la costa y desde los ríos durante el invierno, y que a medida que la estación de primavera avanzaba estos aportes desaparecen, y a su vez se aprecia el aporte de aguas más salinas desde el fondo durante los últimos meses por influencia de la surgencia costera, manteniéndose relativamente estable en la columna de agua a partir de noviembre de 2005 (Figura 3.45).

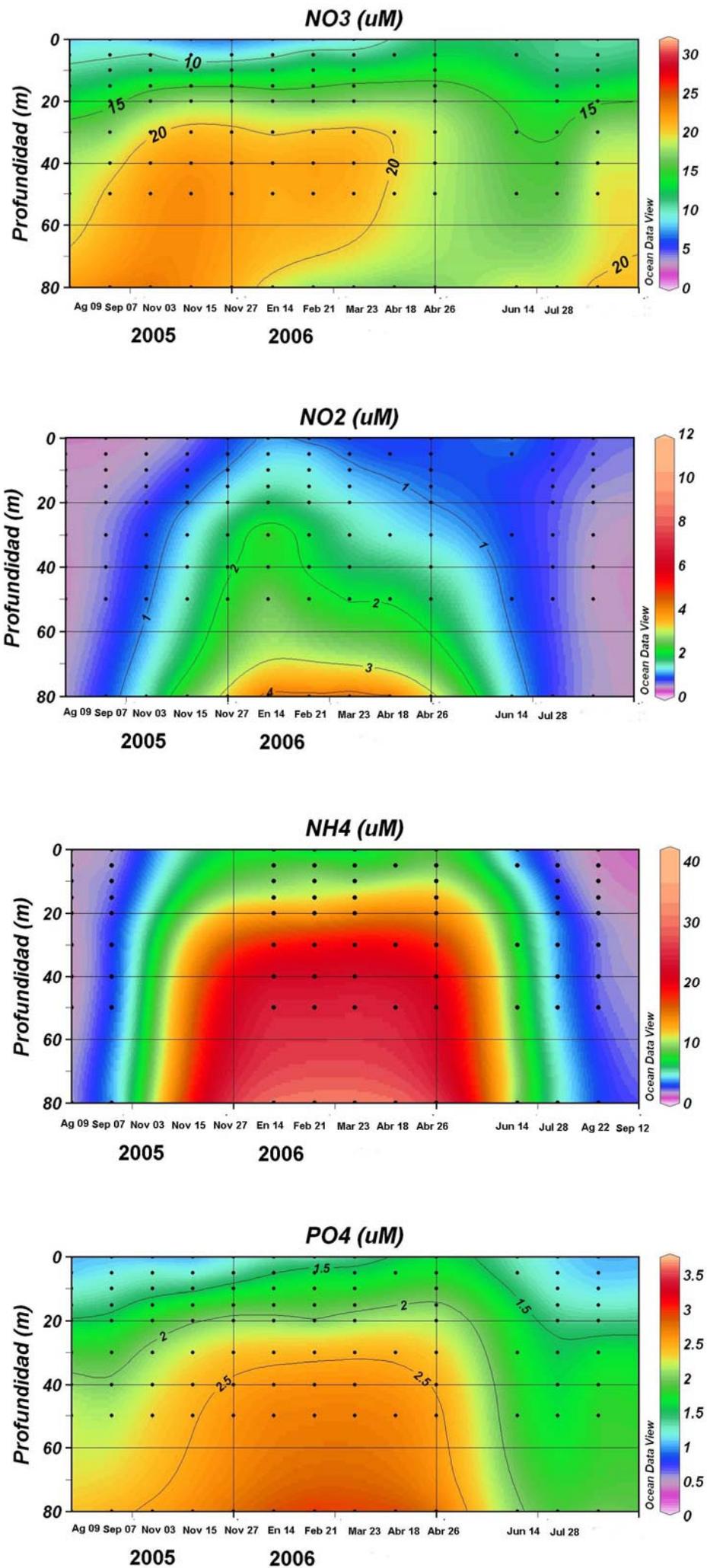
El oxígeno disuelto pasa desde una columna de agua bien oxigenada, principalmente por efecto de la mezcla turbulenta por la acción del viento, durante el invierno, a una columna de agua estratificada a mediados de primavera, en la cual en superficie está bien oxigenada y bajo la termoclina (>20 m) se aprecia la influencia de las aguas surgentes en donde se observan los aportes de aguas sub-óxicas (Figura 3.45). Para el muestreo correspondiente al mes de julio se registró baja salinidad en superficie, con disminución de la temperatura y aumento en las concentraciones de oxígeno en las capas superficiales asociado al periodo de precipitaciones. Las variables oceanográficas en conjunto muestran una fuerte estacionalidad que se manifiesta en un período estival estratificado, con mayor salinidad y una capa de mínimo oxígeno somera, en contraste a un invierno con una columna de agua mezclada, mayor oxigenación sub-superficial y aguas de muy baja salinidad. Este patrón obedece esencialmente a la variabilidad de la surgencia costera en su ciclo anual.



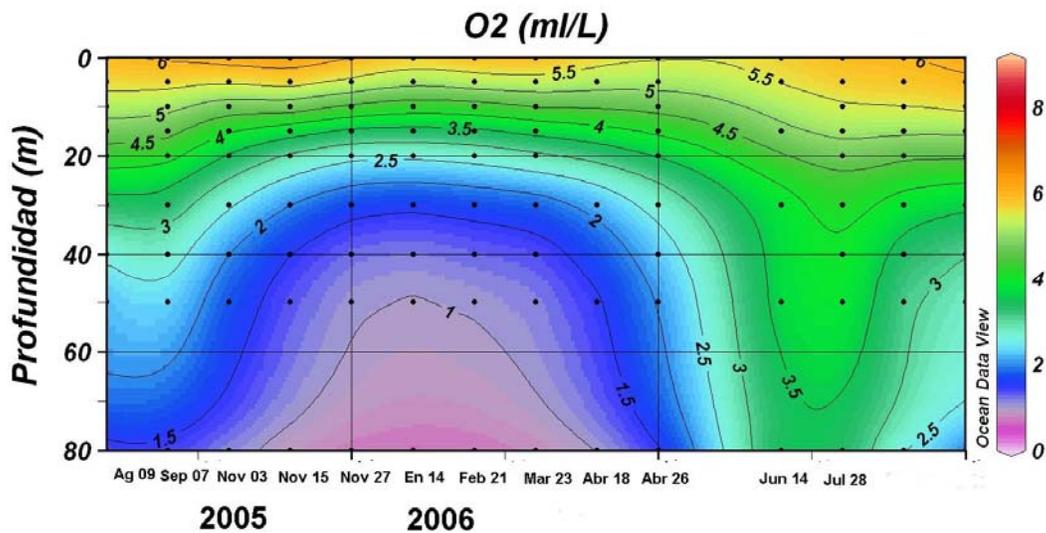
**Figura 3.45.** Evolución temporal de los perfiles de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y fluorescencia en la estación 18 desde julio 2004 al 28 de julio de 2006.

Los nutrientes en su mayor parte muestran concentraciones relativamente importantes en la capa superficial durante todo el periodo de muestreo en la estación de la plataforma continental. Sin embargo, las concentraciones de nitrato y fosfato siguen el patrón de distribución de la ZMO o aguas asociadas a las AESS (Figura 3.45 y 3.46). Es decir, en periodo de surgencia las concentraciones de estos nutrientes se hacen importantes en la capa subsuperficial, el agua que origina la surgencia costera. En el periodo junio a septiembre 2005, sin embargo, con el hundimiento de la ZMO o desaparición en esta estación de muestreo, las concentraciones de estos nutrientes bajan en toda la columna de agua, asociadas a aguas más oxigenadas y menos salinas. Otros nutrientes (nitrito, amonio) también presentan una marcada estacionalidad (Figura 3.46).

La concentración de oxígeno en la columna de agua (método de winkler) posee una significativa correlación con las mediciones realizadas con el CTD-O-F. Estos valores presentan también una marcada estacionalidad especialmente en aguas subsuperficiales, observando valores  $< 1 \text{ mL O}_2 \text{ L}^{-1}$  entre los meses de noviembre 2005 y abril 2006 (Figura 3.47)



**Figura 3.46.** Variabilidad temporal de los nutrientes A) nitrato, B) nitrito, C) amonio y D) fosfato, durante la serie de tiempo realizada en la estación 18 desde agosto 2005 hasta julio 2006.



**Figura 3.47.** Variabilidad temporal de la concentración de oxígeno disuelto, durante la serie de tiempo realizada en la estación 18 desde agosto 2005 hasta julio 2006.

### 3.3.4. Variabilidad en el plancton.

La distribución mensual de la biomasa del fitoplancton y de la abundancia de los componentes pico- y nano-planctónicos fue evaluada en los muestreos realizados en la Estación 18, correspondiente a la serie de tiempo COPAS frente a Concepción, durante el período agosto 2005 a julio 2006. Además, se realizaron 4 muestreos estacionales en la estación 40.

#### *Biomasa Fitoplanctónica*

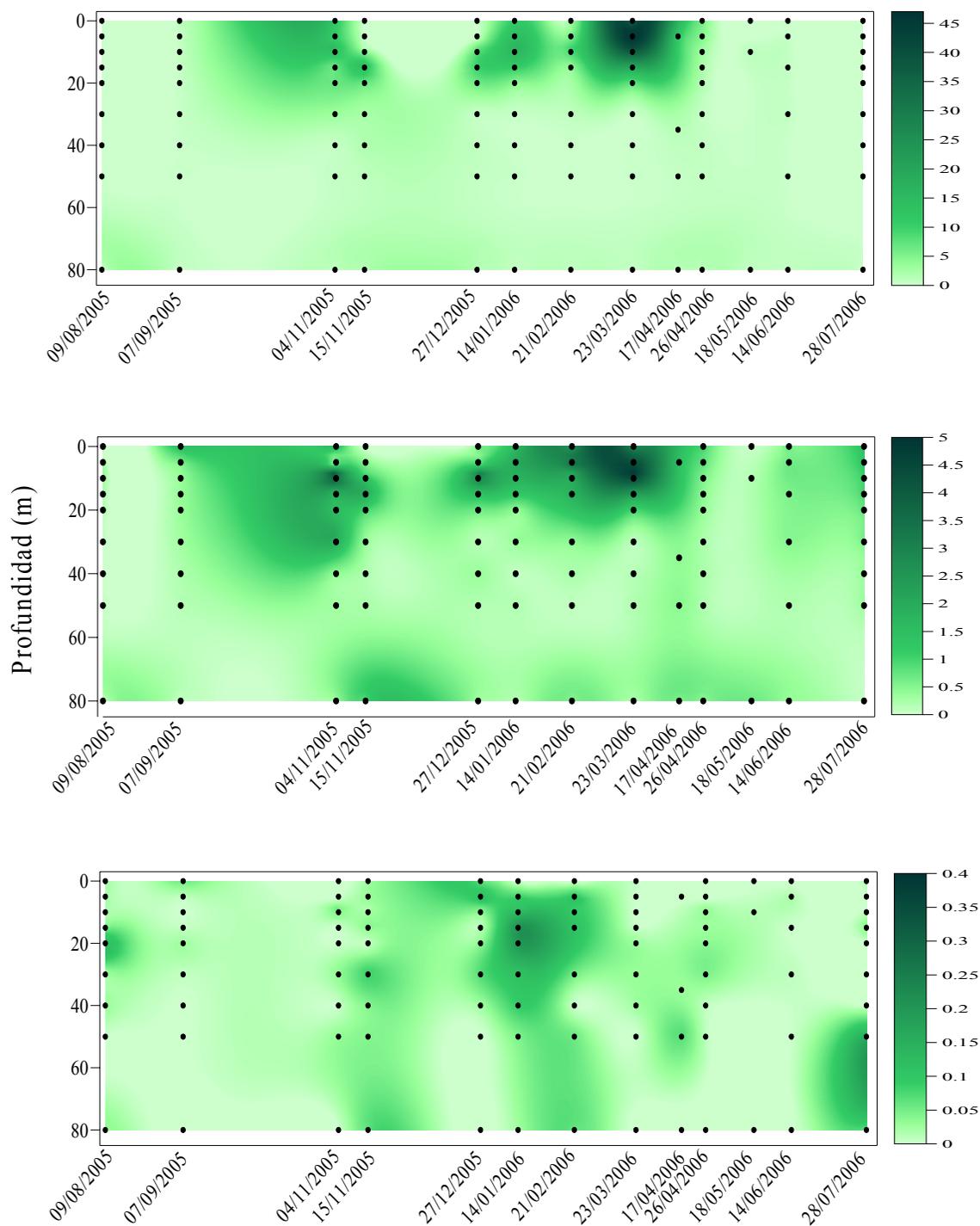
La biomasa fitoplanctónica, representada por la clorofila-a total ( $\text{mg m}^{-3}$ ) mostró fluctuaciones importantes durante el período de estudio en la Estación 18 (Figura 3.48A). Las mayores concentraciones se ubicaron en la capa más superficial durante todo el periodo de estudio. En esta capa, altas concentraciones ( $>5 \text{ mg m}^{-3}$ ) ocurrieron durante periodos de primavera-verano-otoño. Los máximos valores de clorofila-a ( $>20 \text{ mg m}^{-3}$ ) fueron registrados a inicios del otoño (marzo 2006), mientras que valores altos ( $>10 \text{ mg m}^{-3}$ ) se registraron en los restantes períodos señalados. Los valores más bajos se registraron en período de otoño-invierno en la capa 0 - 20 m ( $<2 \text{ mg m}^{-3}$ ) y bajo esta capa, entre 30 y 80 m, durante todo el periodo de muestreo ( $<1 \text{ mg m}^{-3}$ ). El rango total de valores de clorofila-a total en la columna de agua durante el periodo de estudio fue de 0,05 a  $46,4 \text{ mg m}^{-3}$ .

Durante el periodo de muestreo en la Estación 18, la fracción  $<20 \mu\text{m}$  de la biomasa fitoplanctónica, representando al nano- y pico-plancton, mostró los valores más altos ( $>2 \text{ mg m}^{-3}$ ) en la capa superficial (0 - 20 m) en distintos muestreos, sin una clara estacionalidad pero en ocasiones coincidiendo con los máximos en clorofila-a total (Figura 3.48B). En general, los valores fueron  $<1 \text{ mg m}^{-3}$  bajo los 20 m. Esta fracción fue importante en contribución al total toda vez que los valores de clorofila-a total fueron  $<2 \text{ mg m}^{-3}$ ; además, su contribución fue proporcionalmente importante durante dos eventos de máximos en clorofila-a total (febrero y marzo 2006). El rango total de valores de clorofila-a  $<20 \mu\text{m}$  en la columna de agua durante el periodo de estudio fue de 0,05 a  $4,8 \text{ mg m}^{-3}$ .

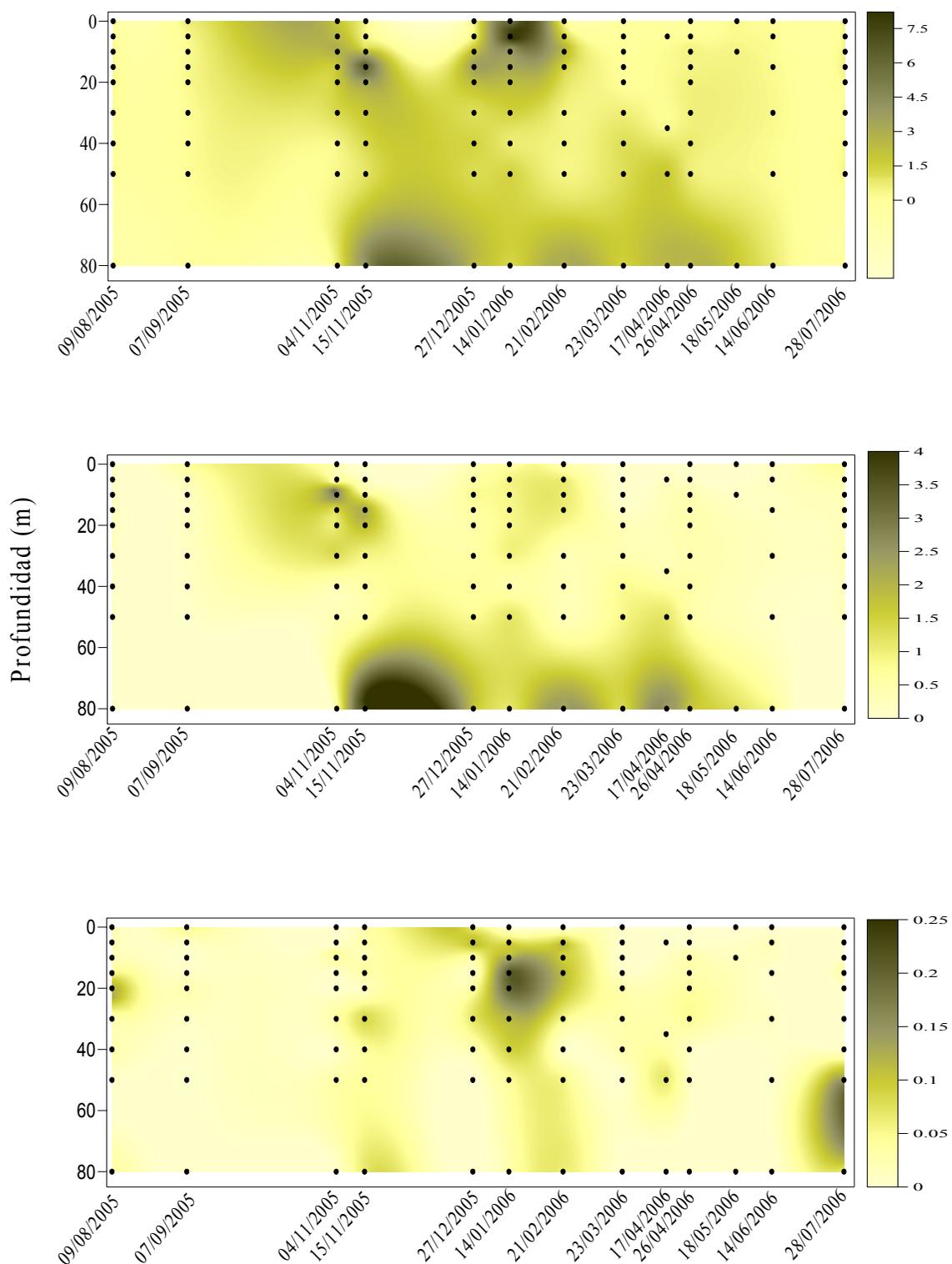
La fracción  $<3 \mu\text{m}$  tampoco mostró una estacionalidad marcada y los valores fueron relativamente bajos ( $<0,5 \text{ mg m}^{-3}$ ) durante todo el período de muestreo y sin grandes diferencias en profundidad (Figura 3.48C). Esto indica que la fracción  $<20 \mu\text{m}$  estuvo principalmente conformada por organismos autótrofos nanoplanctónicos. El rango total de valores de clorofila-a  $<3 \mu\text{m}$  en la columna de agua durante el periodo de estudio fue de 0,00 a  $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ .

Los feopigmentos, productos de degradación de la biomasa fitoplanctónica, estuvieron representados en las distintas fracciones de la biomasa fitoplanctónica. Los feopigmentos totales (Figura 3.49A) en general fueron bajos ( $<1 \text{ mg m}^{-3}$ ), excepto en algunos periodos de altas concentraciones de clorofila-a total (noviembre 2005 a febrero 2005), con valores de feopigmentos de hasta  $8 \text{ mg m}^{-3}$  en la columna de agua (rango: 0,0 -  $8,2 \text{ mg m}^{-3}$ ). En contraste, las concentraciones máximas de clorofila-a total, en marzo 2006 en la capa más superficial, no fueron acompañadas por la presencia de feopigmentos. Además, a la mayor profundidad (80 m), generalmente se encontraron valores más altos ( $1-4 \text{ mg m}^{-3}$ ) durante la mayor parte de los

muestreos realizados en la época más cálida y de mayores concentraciones de clorofila-a a nivel superficial. En la fracción  $<20\ \mu\text{m}$ , los feopigmentos ( $0,0 - 3,6\ \text{mg m}^{-3}$ ) siguieron una distribución vertical y temporal similar a la de la clorofila-a total (Figura 3.49B) mientras que los de la fracción  $<3\ \mu\text{m}$  fueron muy menores ( $0,0 - 0,21\ \text{mg m}^{-3}$ ) comparado con el total (Figura 3.49C). En general, esta distribución de feopigmentos denota una importante sedimentación del material asociado a pigmentos fitoplanctónicos hacia el fondo, material que puede ser re-suspendido en eventos de mezcla.



**Figura 3.48.** Distribución temporal de clorofila-a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Período anual: Agosto 2005 - Julio 2006. Panel superior: clorofila-a total; panel intermedio: fracción  $<20\ \mu\text{m}$ ; panel inferior: fracción  $<3\ \mu\text{m}$ .



**Figura 3.49.** Distribución temporal de feopigmentos ( $\text{mg m}^{-3}$ ) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Período anual: Agosto 2005 - Julio 2006. Panel superior: total; panel intermedio: fracción  $<20 \mu\text{m}$ ; panel inferior: fracción  $<3 \mu\text{m}$ .

#### *Biomasa zooplanctónica*

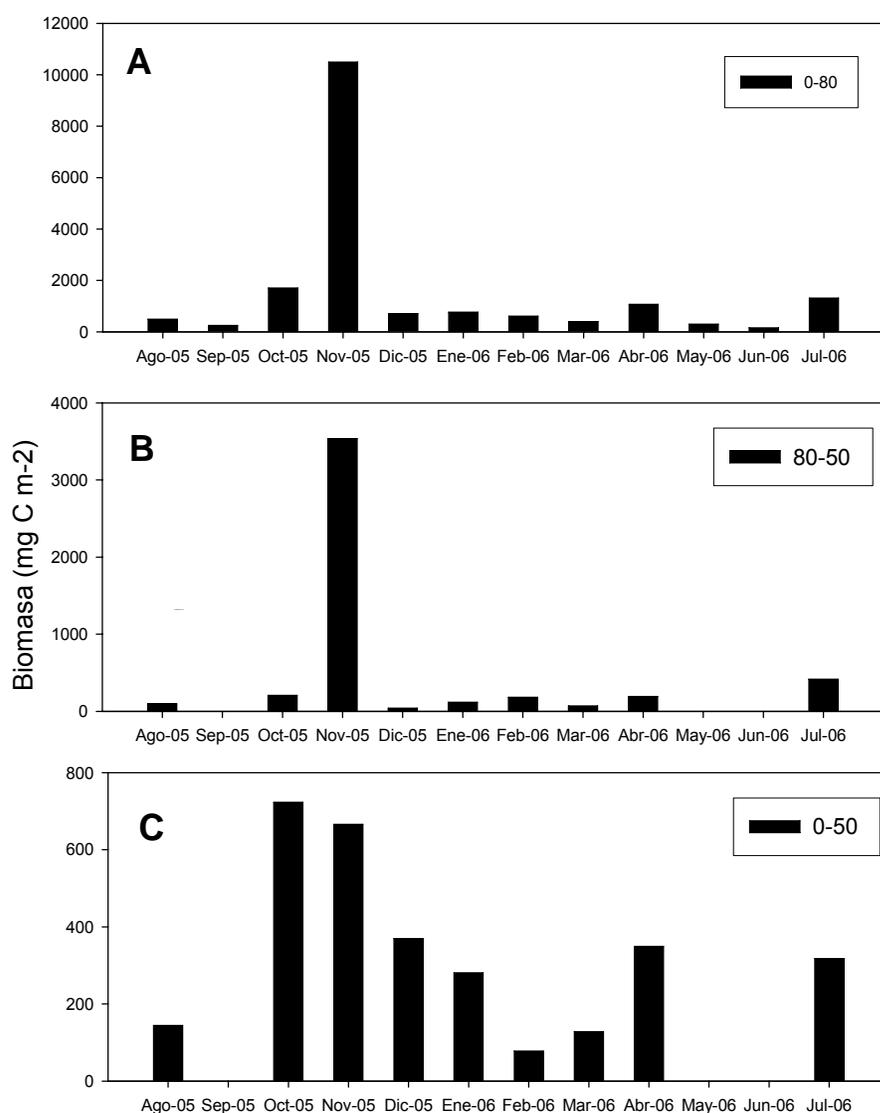
El análisis de los cambios temporales en la biomasa zooplanctónica se realizó con información proveniente de la estación 18. Para la columna de agua integrada (0-80 m), desde agosto 2005 a julio de 2006, se pudo estimar un promedio anual de  $40 \text{ mg C m}^{-2}$ , con un coeficiente de variación de 63%. Se observó una baja en biomasa en invierno 2005 y un máximo en plena primavera (noviembre 2005), y valores estables durante el resto de 2005 y para el 2006 (Figura 3.50A).

El estrato profundo de la estación 18 (50-80 m) sigue el mismo patrón de la columna de agua, es decir con un máximo durante noviembre 2005 y estable el resto del período (Figura 3.50B). El estrato superficial por otra parte manifiesta un máximo en primavera 2005, pero mantiene niveles más altos y estables a través de la mayor parte del año, aunque con baja notables a fines de invierno, en verano tardío e invierno 2006 (Figura 3.50C).

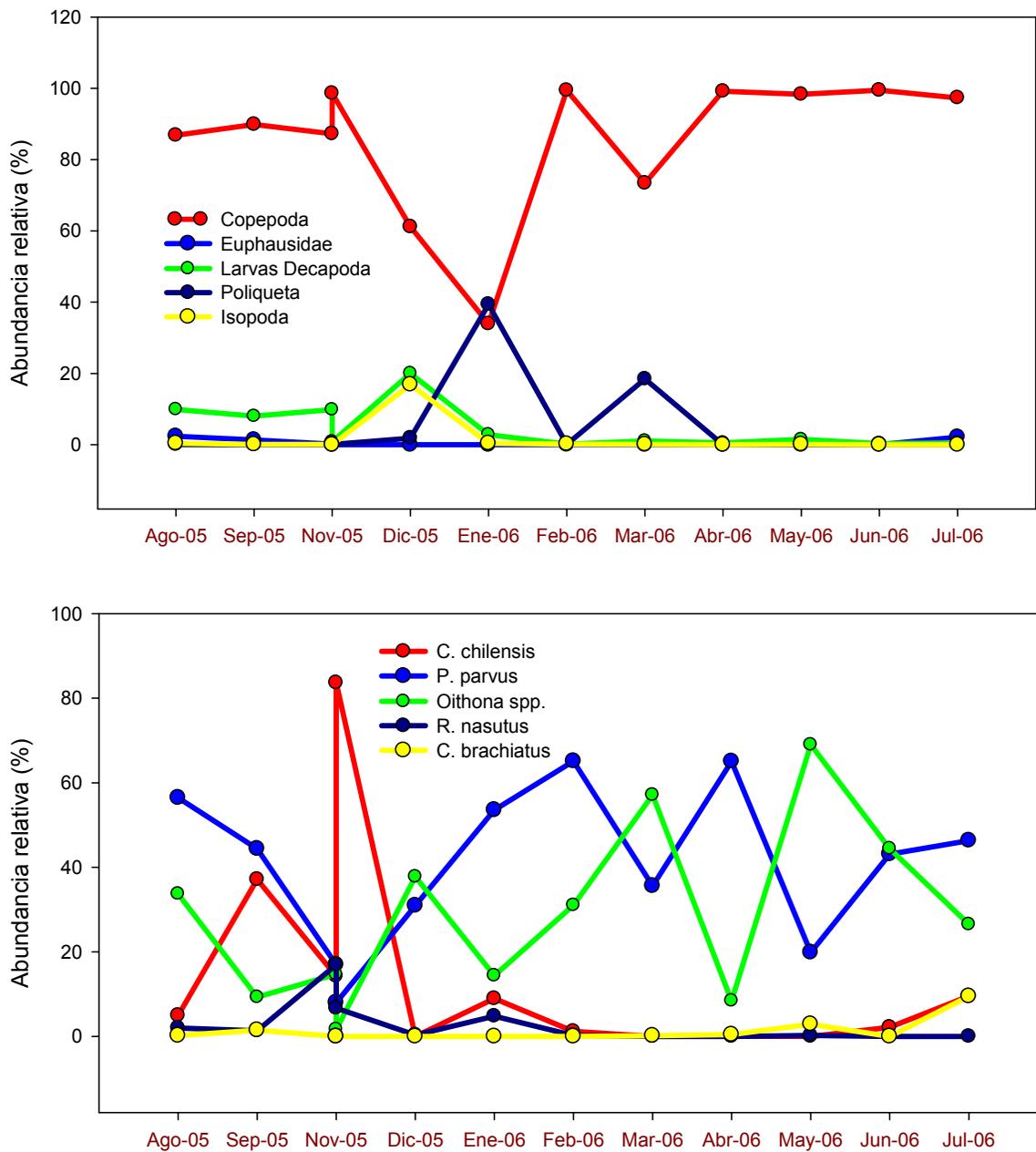
#### *Composición del meso y macrozooplancton*

El estudio de los grupos taxonómicos a través del año, revelan la dominancia de los copépodos durante la mayor parte del período (agosto 2005 a julio 2006). La abundancia de los copépodos mostró un promedio anual de 130 individuos  $m^{-3}$ , con un coeficiente de variación de 118%. Le siguen en abundancia el grupo Polichaeta con 3.5 individuos  $m^{-3}$  y larvas de crustáceos decápoda con 2.7 individuos  $m^{-3}$ . En términos de abundancia relativa, los copépodos superan el 80% sobre los demás taxa la mayor parte del año, con excepción del mes de enero 2006, cuando el grupo polichaeta fue dominante (Figura 3.51). Se debe destacar también la alta abundancia de larvas de crustáceos decápoda, especialmente durante el periodo primavera-verano 2005 en este sector. El grupo isópoda, no estudiado en Chile, también se mostró abundante (Fig. 3.51), revelando una influencia estuarina sobre esta estación.

A nivel de especies, las mayores abundancia promedios anuales fueron de *P. parvus* con 56 individuos  $m^{-3}$ , *Oithona* spp. con 37 individuos  $m^{-3}$  y *C. chilensis* con 21 individuos  $m^{-3}$ . En términos de abundancia relativa, se debe destacar la alternancia en la dominancia numérica entre las especies de *Paracalanus parvus*, *Oithona* spp. y *Calanus chilensis*. Siendo este último dominante durante el período de surgencia más activa. No obstante los cambios en abundancia relativa, debe destacarse que alguna especies, tales como *P. parvus*, *Oithona* spp. y *Centropages brachiatus* están 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 en todas, permitiendo que algunas especies del zooplancton se puedan reproducir en forma continua a través de todo el año.



**Figura 3.50.** Serie de tiempo de biomasa zooplanctónica expresada en carbono para el período agosto 2005 a julio de 2006 en estación 18, frente a Concepción. Se muestra la biomasa integrada en la columna de agua 0-80 m (A), en el estrato 80-50 m (B), y en el estrato 0-50 m (C).



**Figura 3.51.** Composición del meso y macrozooplancton durante agosto del 2005 a julio del 2006 en la estación 18 frente a Concepción.

#### Ictioplancton

Para entregar una visión más completa de la información obtenida a la fecha, se entregan resultados de abundancia por especie (estandarizados en 100m<sup>3</sup>) correspondientes a los dos años de proyecto (Julio 2004 - Agosto 2006).

#### Anchoveta (*Engraulis ringens*).

Las abundancias de huevos y larvas de anchoveta fueron, como promedio, un orden superior a las observadas en las demás especies objetivo (Figuras 3.52 y 3.53). Los tres máximos invernales (Julio-Septiembre) de abundancia de huevos y larvas correspondientes a la estación históricamente de mayor desove de la anchoveta se notan claramente a lo largo de los años de estudio. Sin embargo, existen diferencias interanuales marcadas en las abundancias siendo las mayores las registradas durante el periodo invernal actual (2006). Además de los tres peaks estacionales, otros dos máximos fueron observados en las abundancias de huevos y correspondieron a Diciembre del 2004 y Enero del 2006. Estos máximos no se reflejaron, sin embargo, en las abundancias de larvas de esos meses.

#### Sardina común (*Strangomera bentincki*)

En sardina común, los tres máximos invernales (Julio-Septiembre) de abundancia de huevos y larvas correspondientes a la estación de mayor desove también fueron identificables, sin embargo, y a diferencia de la anchoveta, se observó una marcada disminución en las abundancias durante el periodo invernal actual (2006) (Figuras 3.52 y 3.53). Un cuarto máximos de abundancia de huevos de sardina fue observado en Enero del 2006, coincidiendo con el máximo también registrados en anchoveta. En cuanto a abundancia de larvas de sardina común, un notorio máximo de larvas fue detectado en noviembre del 2005 el que no se observó el año previo.

Merluza común (*Merluccius gayi*)

En merluza común, tres máximos de abundancia de huevos y larvas fueron también registrados en el periodo invierno –inicios de primavera (Figuras 3.52 y 3.53). Sin embargo, las fechas y duración de estos máximos fue levemente diferente entre años (Julio a Octubre en 2004; solo en Agosto en el 2005; peak en Junio y aumento en Agosto 2006). Las mayores abundancias de larvas tienden a coincidir con las de los huevos con la excepción de la prácticamente ausencia de larvas registradas en Agosto del 2006.

Mote (*Normanichthys crockeri*)

Al igual que las especies precedentes, tres máximos de abundancia fueron detectados en el mote y coincidieron con los periodos históricos de desove invernal de la anchoveta (Julio a Septiembre) (Figuras 3.52 y 3.53). Los periodos de mayor abundancia de larvas, sin embargo, fueron mucho mas variables que en todas las otras especies fluctuando desde el invierno y prácticamente toda la primavera en el 2004, a solo fines de primavera el 2005 (Diciembre), y fines de verano el 2004 y 2005.

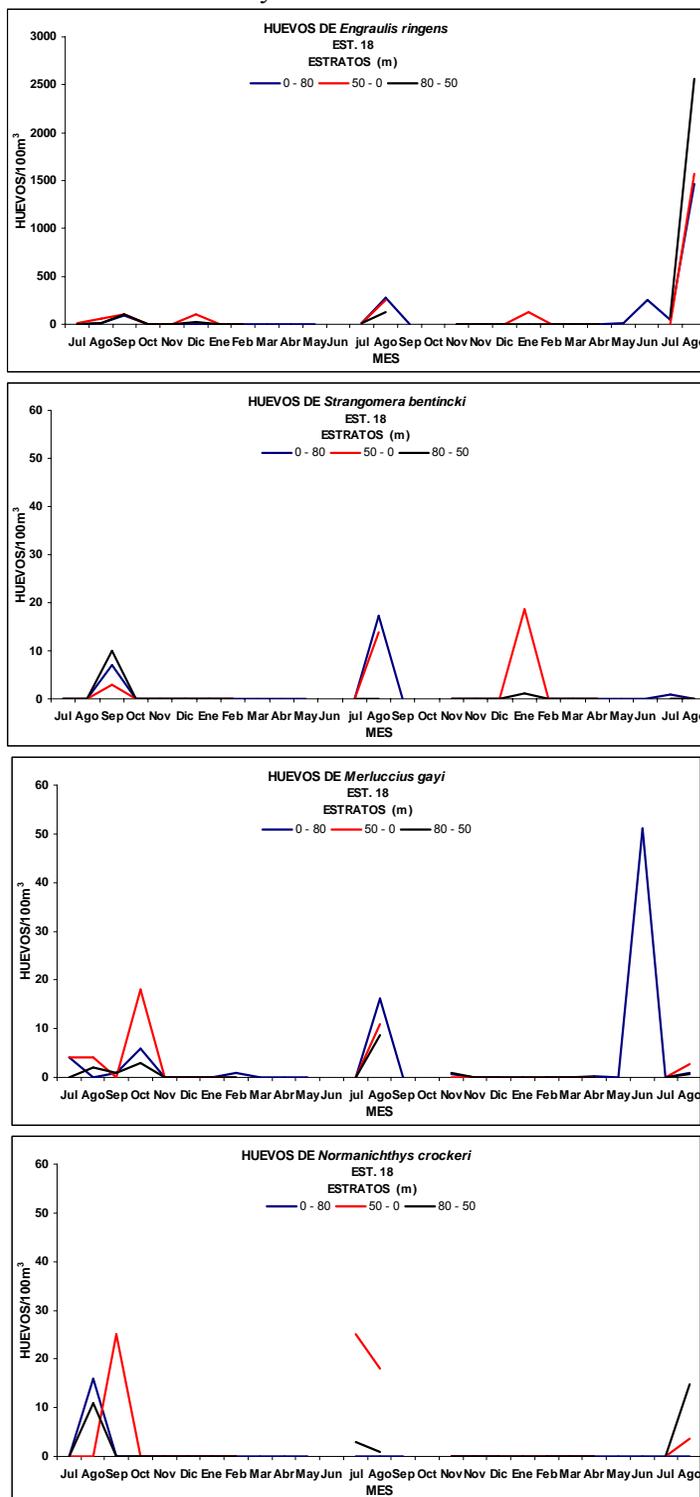


Figura 3.52. Huevos de peces durante el periodo Julio 2004 a Agosto 2006, Estación 18.

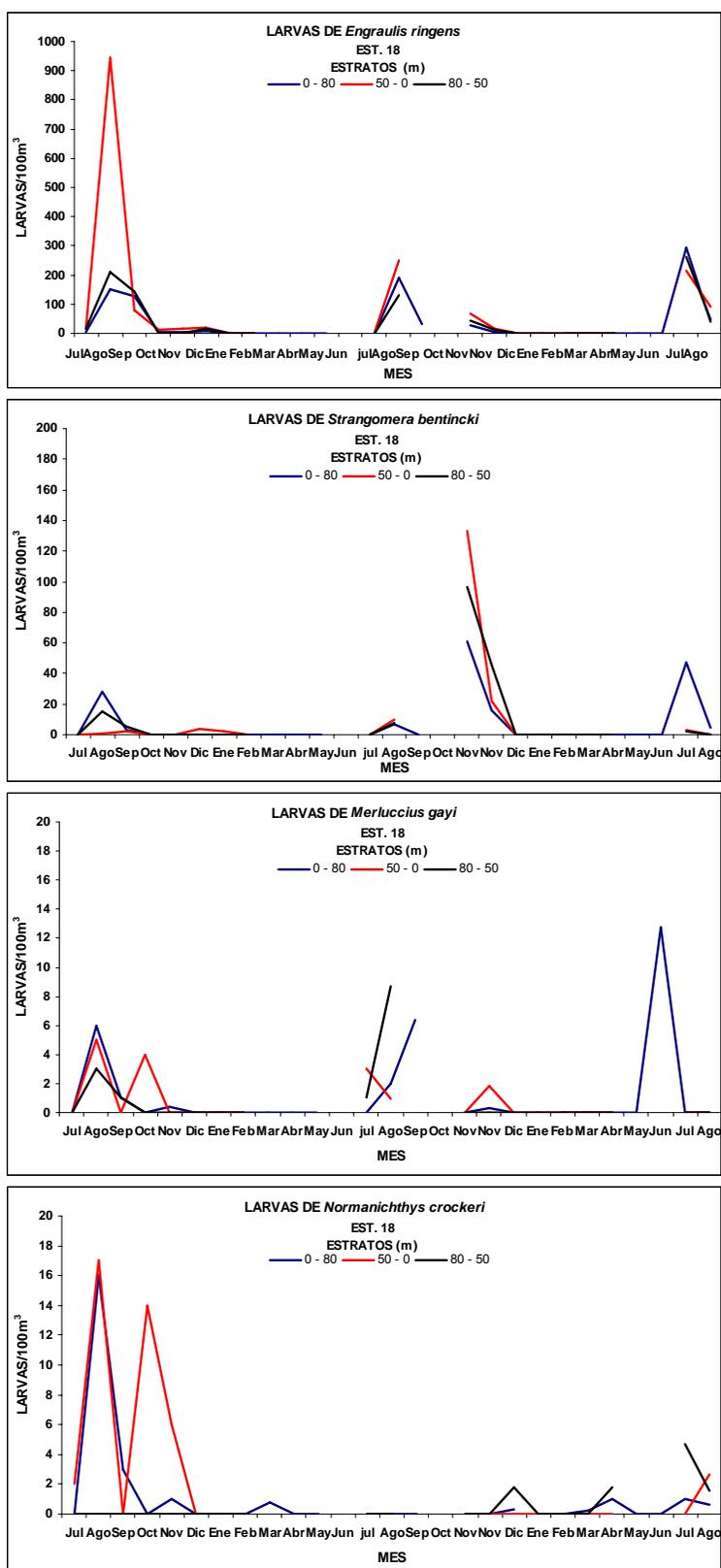


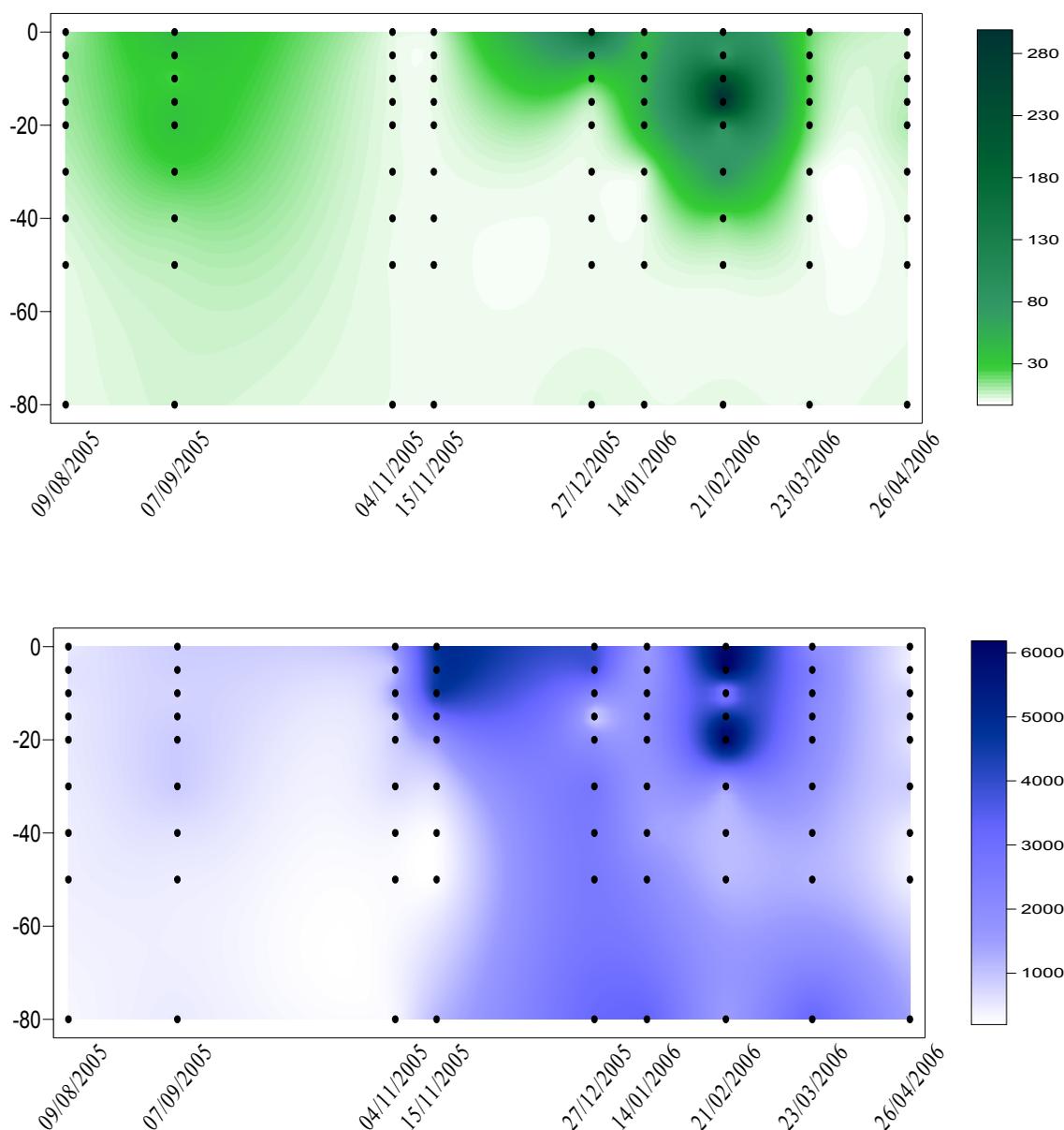
Figura 3.53. Larvas de peces durante el periodo Julio 2004 a Agosto 2006, Estación 18.

### Abundancia planctónica (pico-, nano- y microplancton)

El principal componente en el picoplancton (<3 µm) heterótrofo fue el bacterioplancton, incluyendo Bacteria y Archaea; los pico-autótrofos incluyeron principalmente procariontes (cianobacterias) y, en menor medida, fito-eucariontes.

La abundancia de los pico-autótrofos en la columna de agua y durante el periodo de estudio (Figura 3.54A) fluctuó entre 0,05 y  $332 \times 10^3$  células mL<sup>-1</sup>. Los máximos valores (>100 × 10<sup>3</sup> células mL<sup>-1</sup>) ocurrieron en muestreos durante el verano (diciembre 2005 a febrero 2006) y en la capa superficial (0 - 15 m). Esta aparente estacionalidad no se vio reflejada por la biomasa correspondiente a clorofila-a <3 µm (Figura 3.48C).

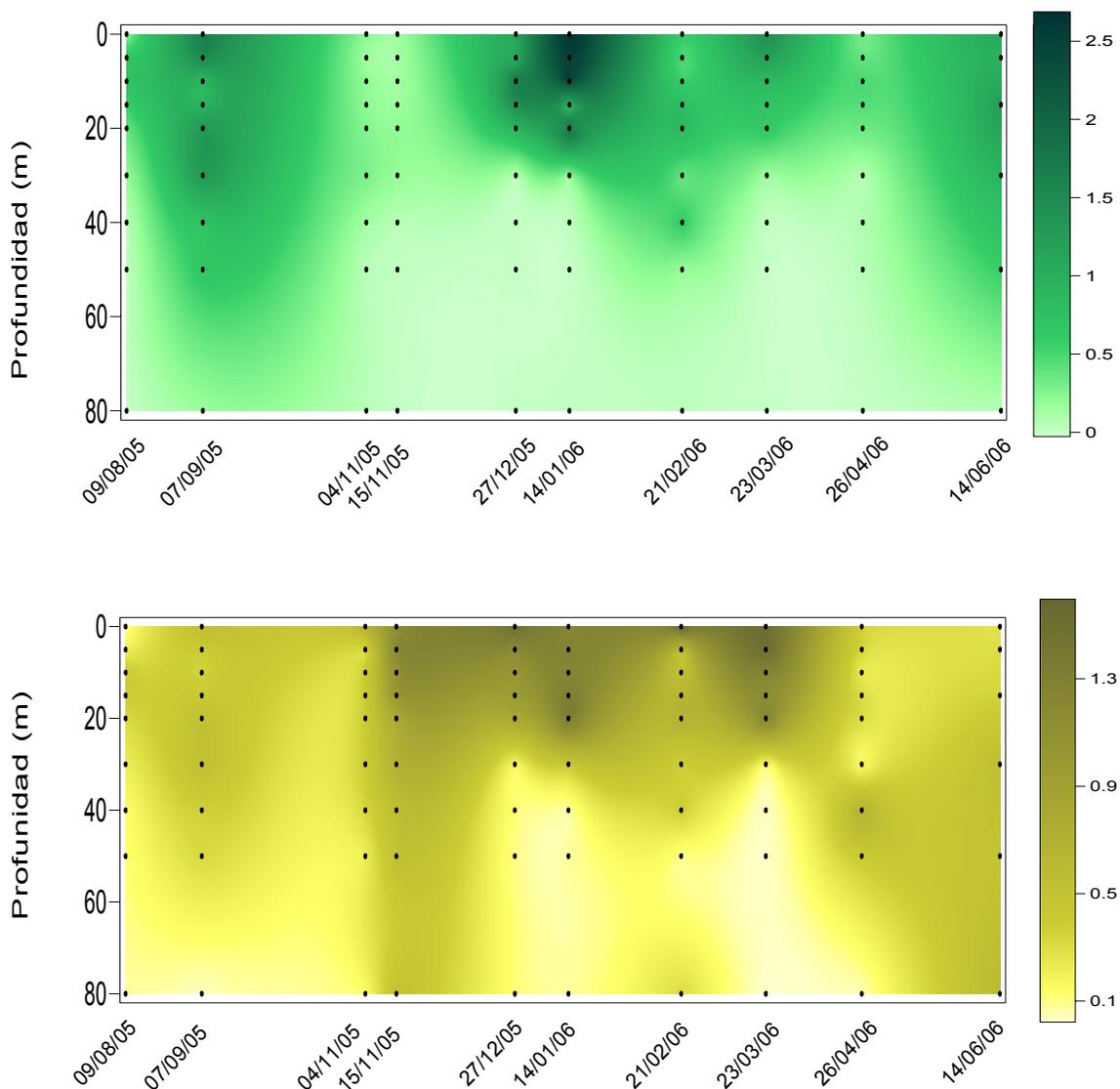
El rango de variación en la abundancia del bacterioplancton durante el periodo de muestreo fue 211 -  $6492 \times 10^3$  células mL<sup>-1</sup> (Figura 3.54B). Los valores máximos (>2000 × 10<sup>3</sup> células mL<sup>-1</sup>) en los muestreos de verano e inicios de otoño (diciembre 2005 a marzo 2006). En general, las diferencias de abundancias en profundidad no fueron evidentes pero en varios casos hubo leves aumentos a la profundidad máxima (80 m).



**Figura 3.54.** Distribución mensual de la abundancia de los principales componentes en el picoplancton (<3 µm), en 10<sup>3</sup> células mL<sup>-1</sup>, en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Periodo anual: agosto 2005 - junio 2006. Panel superior: abundancia total de pico-autótrofos, incluyendo procariontes (cianobacterias) y fito-eucariontes; panel inferior: abundancia total de bacterioplancton, incluyendo Bacteria y Archaea.

Durante la serie de tiempo en la Estación 18 (Agosto 2005-Junio 2006; Julio 2006 pendiente), en la plataforma frente a Concepción, numéricamente los principales componentes en el nanoplancton ( $>3 - <20 \mu\text{m}$ ) fueron los nanoflagelados, distinguidos en componentes autotróficos y heterotróficos; ocasionalmente se presentaron otros grupos taxonómicos. La distribución mensual de la abundancia de los nanoflagelados autótrofos en la columna de agua fue variable durante el periodo de estudio (Figura 3.55A) y fluctuó entre 0,0 y  $2,7 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ . Los valores máximos de abundancia ( $>1 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) se presentaron en la capa más superficial (sobre los 30 m de profundidad) y los datos no mostraron estacionalidad marcada, tal como en el caso de la clorofila-a  $<20 \mu\text{m}$ .

Los nanoflagelados heterótrofos (Figura 3.55B) presentaron máximos valores de abundancia ( $>1 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) en los muestreos de fines de primavera y durante el verano. El rango de variación en la abundancia de este grupo durante el periodo de muestreo fue 0,02 a  $1,6 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$  y los mayores valores generalmente aparecieron en la capa más superficial (0 - 30 m).



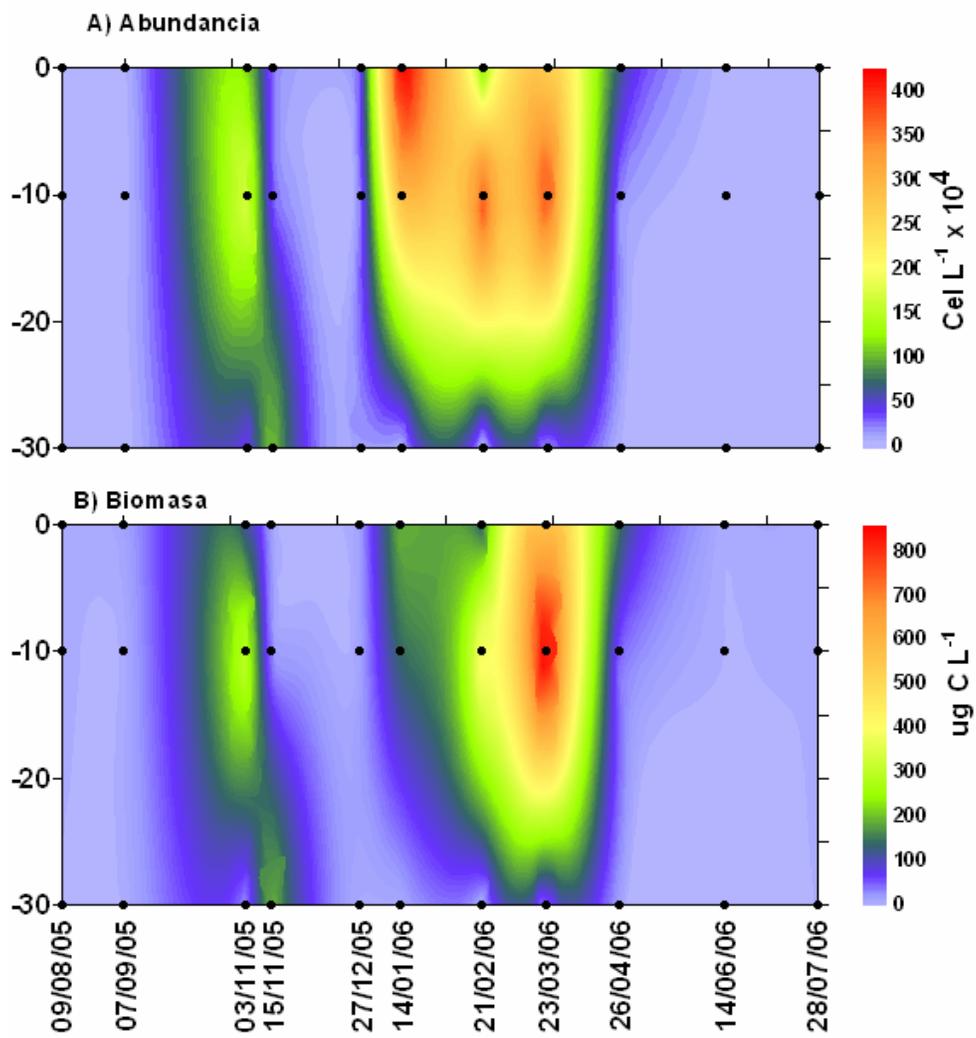
**Figura 3.55.** Distribución mensual de la abundancia de los principales componentes en el nanoplancton (<20 y >3  $\mu\text{m}$ ), en  $10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ , en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 18. Periodo anual: agosto 2005 - junio 2006. Panel superior: abundancia total de nano-autótrofos, predominantemente de flagelados; panel inferior: abundancia total de nano-heterótrofos, predominantemente de flagelados.

La abundancia de diatomeas fue significativamente mayor en el verano 2006 (enero a marzo) que el resto del año. Los valores de abundancia fluctuaron entre 1 y 4 millones de células por litro en los 10 primeros metros de la columna de agua, con una rápida disminución (rango 1 - 80  $\times 10^3 \text{ L}^{-1}$ ) a los 30 m de profundidad. El patrón de distribución temporal y vertical del carbono de diatomeas fue similar a la abundancia, pero con un máximo de 900  $\mu\text{gC L}^{-1}$  a 10 m de profundidad durante el 23 de marzo 2006. Este máximo en biomasa fue debido al crecimiento masivo de células del género *Coscinoscira* ( $1.3 \times 10^6 \text{ L}^{-1}$ ) que tienen un contenido de carbono relativamente alto (330  $\mu\text{g cél}^{-1}$ ) (Figura 3.56).

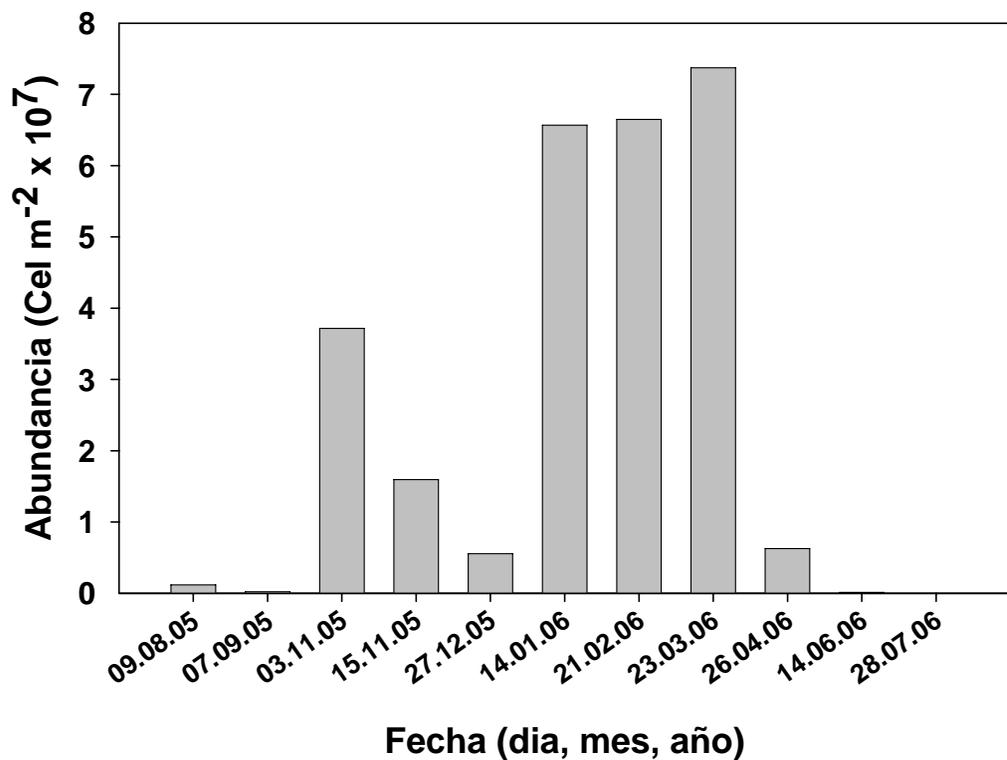
Las diatomeas totales presentaron sus máximas abundancias ( $6.5 - 7.4 \times 10^7 \text{ cél L}^{-1}$ ) en el verano 2006, mientras que las mínimas fueron en invierno (junio y julio 2006) con valores entre 5 y  $10 \times 10^4 \text{ cél L}^{-1}$  (Figura 3.56).

Los géneros más abundantes de diatomeas fueron *Skeletonema*, *Leptocylindrus*, *Thalassiosira*, *Pseudonitzschia*, *Chaetoceros* y *Detonula*. Durante enero 2006, *Skeletonema* fue el género dominante con  $5.8 \times 10^7 \text{ cél L}^{-1}$ , lo que equivale al 89% del total de células de diatomeas. El género *Chaetoceros* se presentó con valores altos de abundancia durante todo el año, excepto en invierno, mientras que *Detonula* presentó altas abundancias sólo en primavera. Algunos géneros presentaron altas abundancias centradas en un mes del año como *Leptocylindrus* (febrero 2006) y *Pseudonitzschia* (marzo 2006) (Figura 3.58).

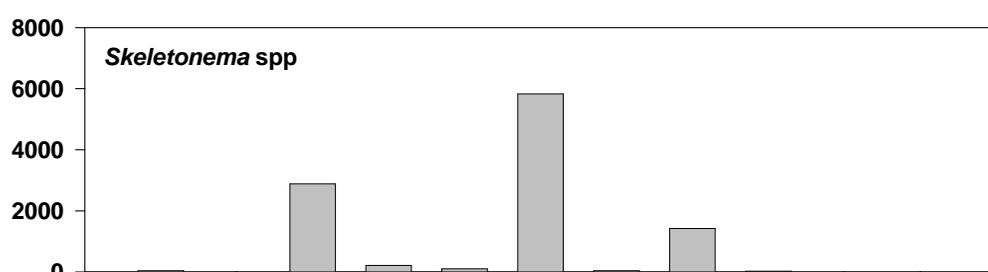
Las especies del género *Chaetoceros* más abundantes fueron *Ch. compressus*, *Ch. didymus*, *Ch. sociales* y *Ch. radicans*. Este género contribuye con altas abundancias al total de diatomeas durante todo el año, excepto en invierno, donde prácticamente no se registraron células en las muestras (Figura 3.57).



**Figura 3.56.** (A) Abundancia ( $\text{cél. L}^{-1} \times 10^4$ ) y (B) biomasa ( $\mu\text{gC L}^{-1}$ ) de diatomeas totales colectadas entre agosto 2005 y julio 2006 a tres profundidades (0, 10 y 30 m) en la estación 18.



**Figura 3.57.** Abundancia integrada ( $\text{cél. m}^{-2} \times 10^7$ ; en los primeros 30 m de la columna de agua) de diatomeas totales entre agosto 2005 y julio 2006 en la E18.



**Figura 3.58.** Abundancia integrada (cél m<sup>-2</sup> x 10<sup>4</sup>) en los primeros 30 m de la columna de agua de los géneros de diatomeas más abundantes colectados entre agosto de 2005 y julio de 2006 en la E18.

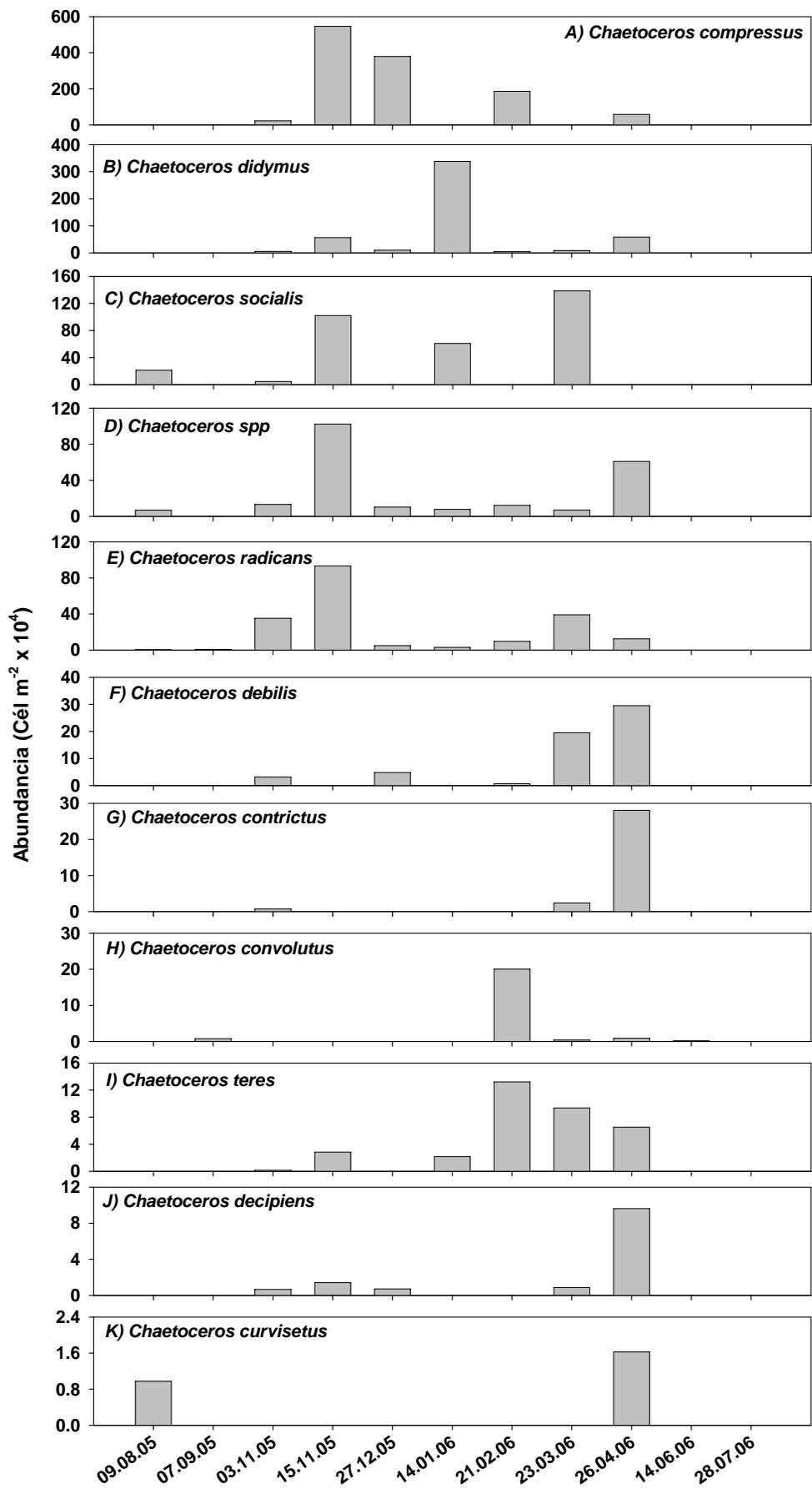
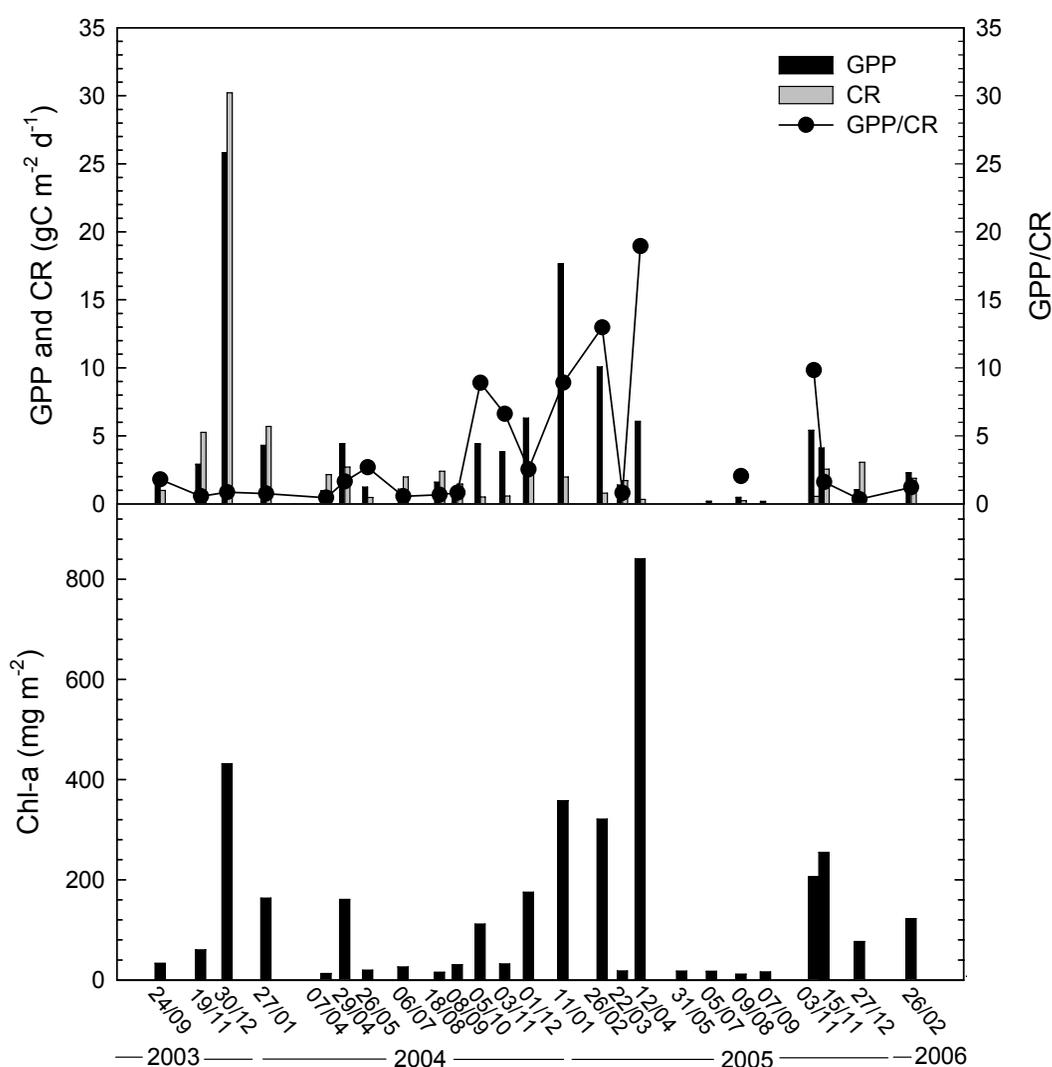


Figura 10. Abundancia integrada (en el columna de agua) de los especies más abundantes del género *Chaetoceros*, colectados entre agosto de 2005 y julio de 2006 en la E18.

### 3.3.5. Productividad primaria y respiración comunitaria

Se observa una marcada estacionalidad en las tasas de productividad primaria y respiración comunitaria sobre la plataforma continental (estación 18). Los valores más altos durante todos los experimentos realizados presentan valores integrados de productividad primaria de 1 a 25 g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (Figura 3.60), observándose estos períodos de alta productividad entre octubre y abril de cada año aproximadamente. Los valores más bajos de productividad fueron entre 0 y 1.8 g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> entre mayo y septiembre. La respiración comunitaria generalmente igualó o fue menor que la producción primaria, sugiriendo que en general este sistema se sustenta en su producción.



**Figura 3.60.** Variabilidad temporal de las tasa de productividad primaria bruta (GPP), respiración comunitaria (CR) y razón GPP/CR en la estación 18. Además se presenta en el cuadro inferior la clorofila total integrada para cada fecha de experimentación.

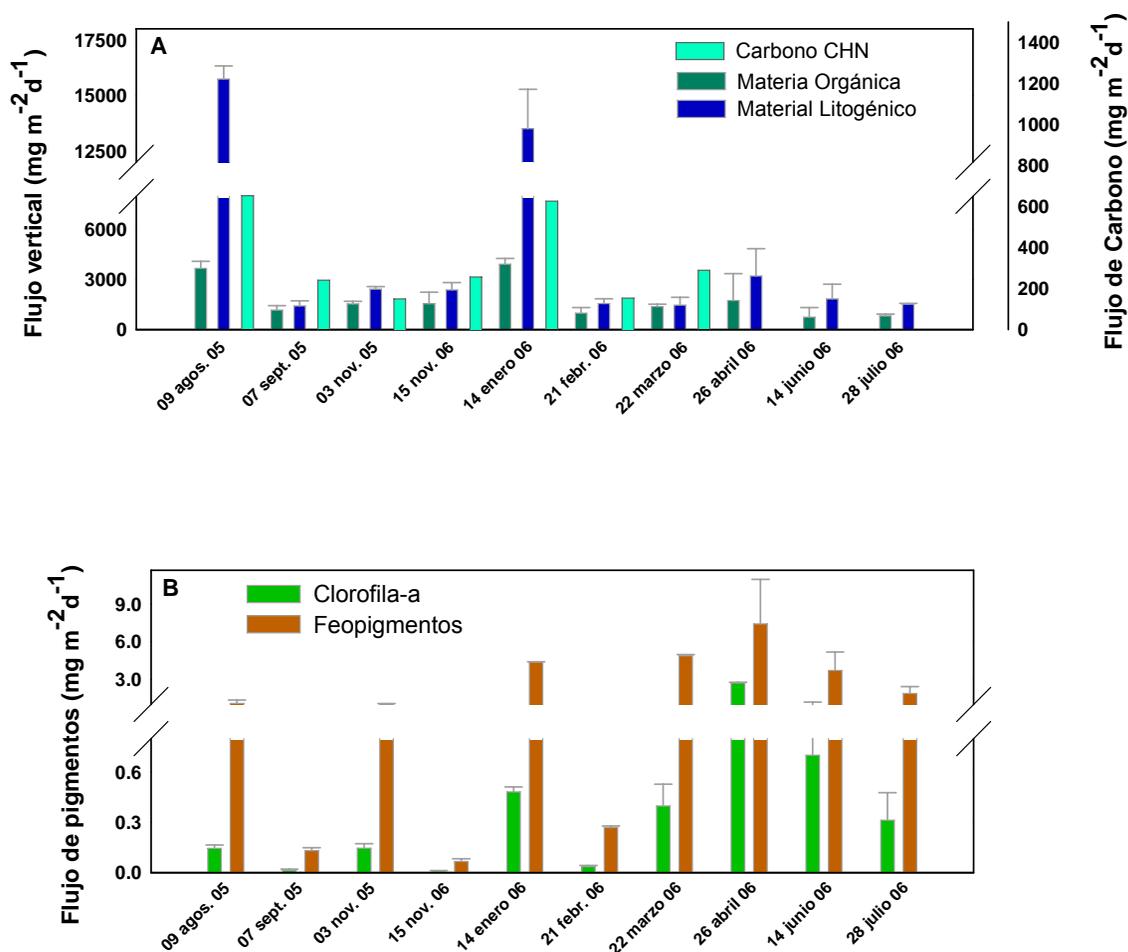
### 3.3.6. Flujo vertical de material particulado (acoplamiento bento-pelágico)

El flujo vertical de carbono orgánico particulado (COP) registró un promedio y rango de 338 y 149 - 653 mg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, entre agosto 2005 y marzo 2006. Además, la materia orgánica particulada y la fracción litogénica fueron muy variables, con máximos el 9 de agosto 2005 y 14 de enero 2006 y promedios de 1752 (DE= 1126, n=10) y 4503 (DE= 5387, n=10) mg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> (Fig. 3.61A).

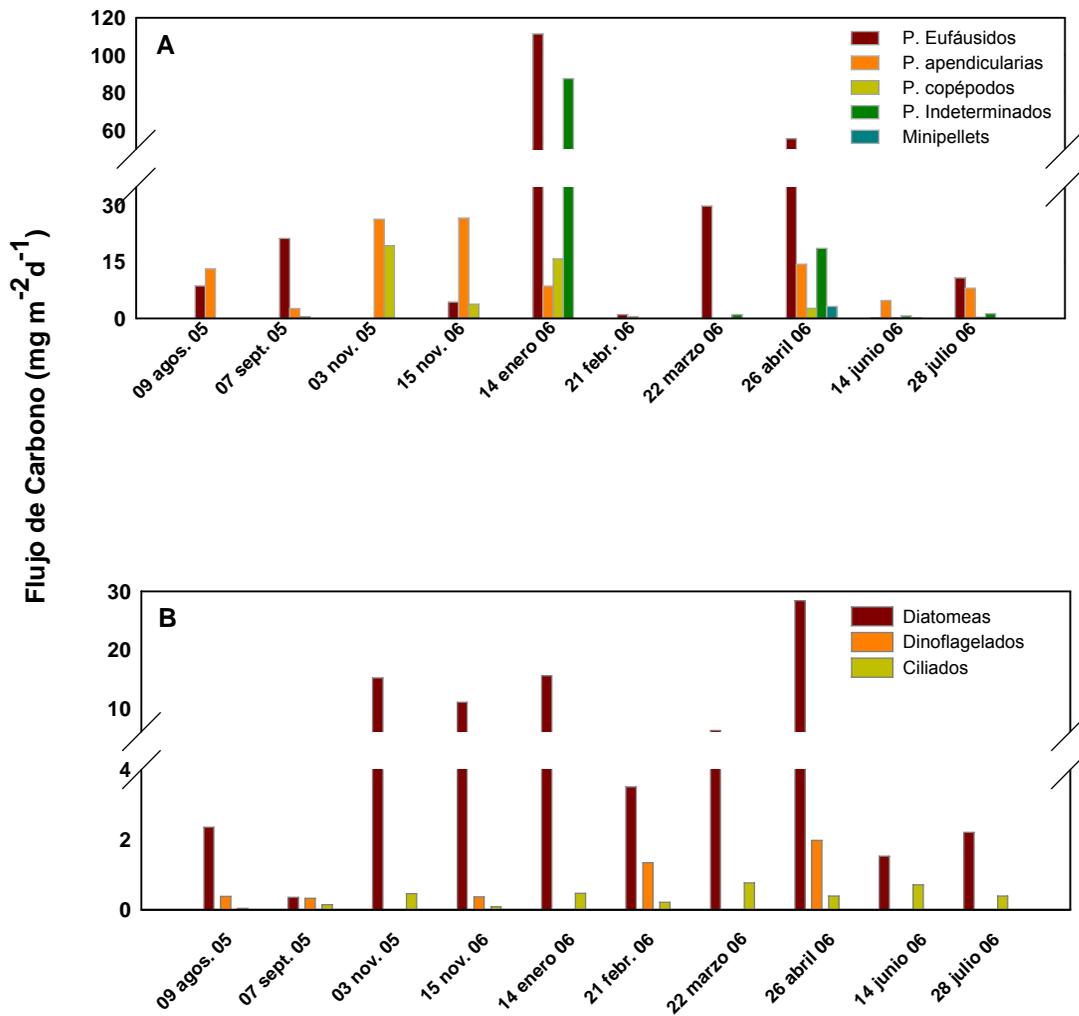
Los valores de feopigmentos medidos fueron 5 veces mayores que los de clorofila y promediaron 2.5 y 0.5 mg m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, respectivamente (Fig. 3.61B). Los flujos de clorofila fueron muy variables y responden a sedimentación de agregados de diatomeas principalmente, mientras los feopigmentos están asociados a altos flujos de pellet fecales de zooplancton (Fig. 3.61B).

El flujo de carbono fecal dominante correspondió a los pellets de eufáusidos que contribuyeron, en promedio con un 26.4% del flujo de carbono fecal total durante el período reportado. El flujo promedio de estos pellets fue de  $24.3 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , con un notorio máximo de  $111 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  durante el 14 de enero del 2006 (Fig. 3.62A). Los pellets fecales de apendicularios son también muy abundantes y durante el período de estudio registraron un flujo promedio de  $10.5 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (Fig. 3.62A).

El flujo de carbono microplañctónicos estuvo dominado por diatomeas  $9 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , mientras que la contribución de otros grupos como dinoflagelados tecados (i.e. *Protoperidinium* spp.), ciliados lorizados (i. e. *Helicostomella*) y ciliados alorizados (i. e. *Strombidium*) fue muy reducida (Fig. 3.62B). El flujo de diatomeas ( $\text{cél m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) estuvo predominantemente representado por géneros como *Skeletonema* y *Thalassiosira*, mientras que el flujo de carbono de diatomeas por *Coscinodiscus*, *Thalassiosira*, *Corethron* y *Odontella*, que son relativamente grandes y con alto contenido de carbono (Tablas 3.6A y 3.6B).



**Figura 3.61.** (A) Flujo vertical de materia orgánica, litogénica y carbono ( $\text{mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) y (B) flujo vertical de clorofila-a y feopigmentos ( $\text{mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) estimado con trampas de sedimento a 50 m de profundidad entre agosto 2005 y julio 2006 en la estación 18. La línea vertical indica la desviación estándar ( $n=3$ )



**Figura 3.62.** (A) Flujo de carbono fecal producido por diversos grupos del zooplancton ( $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) y (B) flujo de carbono de diatomeas, dinoflagelados y ciliados ( $\text{mg m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ) estimado con trampas de sedimento a 50 m de profundidad entre agosto 2005 y julio 2006 en la estación 18.

**Tabla 3.6.**

**Tabla 1A: Contribución relativa (%) de de taxa dominantes de diatomeas al flujo total de células**

	09-ago-05	07-sep-05	03-nov-05	15-nov-05	14-ene-06	21-feb-06	22-mar-06	26-abr-06	14-jun-06	28-jul-06
<i>Skletonema spp.</i>	39.4	25.0	84.9	47.3	86.2	52.7	64.7	12.2	25.0	51.6
<i>Corethron spp.</i>										17.2
<i>Stephanopixis sp.</i>									35.0	
<i>Odontella sp.</i>									10.0	
<i>Thalassiosira spp.</i>								28.5		
<i>Pseudonitzschia spp.</i>								19.9		
<i>Thalassiosira aestivalis</i>		25.0	5.8	22.4			16.6			
<i>Leptocylindrus minimus</i>						39.1	6.8			
<i>Chaetoceros dydimus</i>				8.0						
<i>Thalassionema nitzschooides</i>		31.3								
<i>Coscinodiscus spp.</i>	39.0									

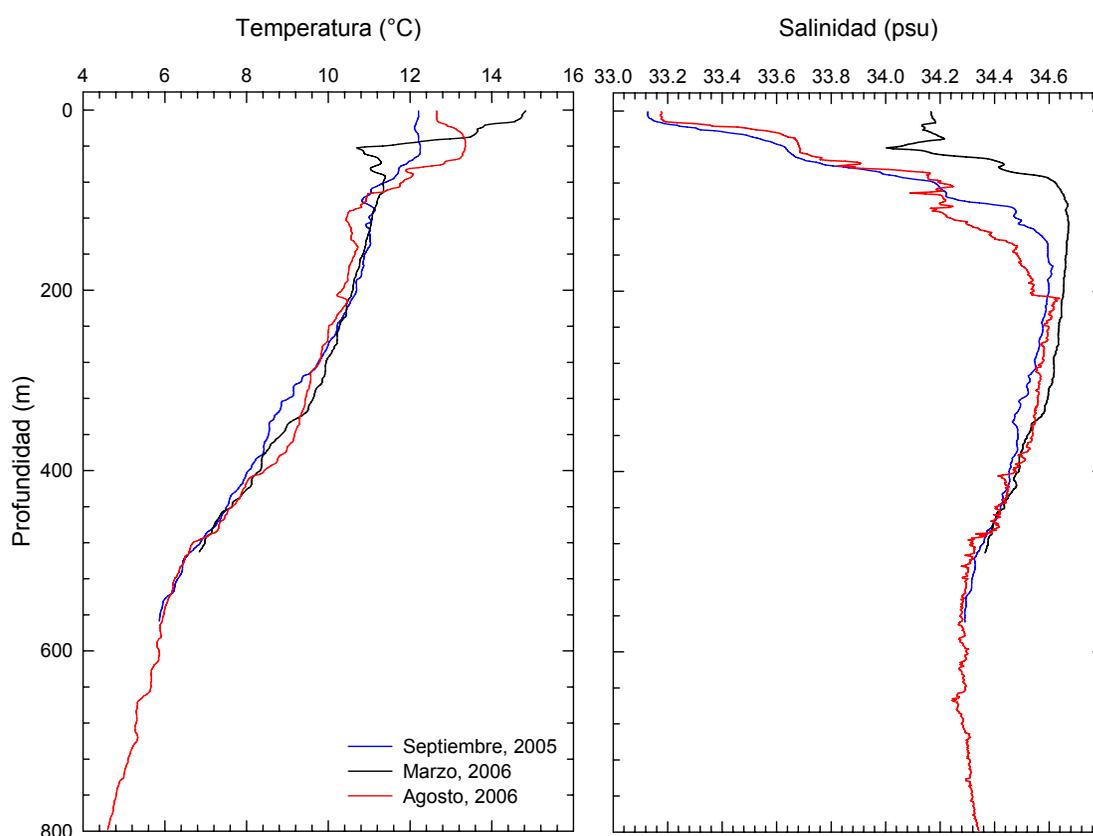
**Tabla 1B: Contribución relativa (%) de de taxa dominantes de diatomeas al flujo total de carbono**

	09-ago-05	07-sep-05	03-nov-05	15-nov-05	14-ene-06	21-feb-06	22-mar-06	26-abr-06	14-jun-06	28-jul-06
<i>Coscinodiscus spp</i>	88.5				33.0					
<i>Thalassiosira spp.</i>	8.5	16.4	6.0	17.2		5.3		42.1		
<i>Corethron spp.</i>		80.3						17.6	60.9	88.6
<i>Thalassiosira aestivalis</i>			64.6	54.4	28.1		42.3			
<i>Odontella sp.</i>			15.2	11.0			40.1		14.0	10.4
<i>Thalssiosira rotula</i>						87.5				
<i>Stephanopixis sp.</i>									24.7	

### 3.4. Variabilidad estacional en condiciones bio-oceanográficas: estación talud (40)

#### 3.4.1. Condiciones físicas y químicas.

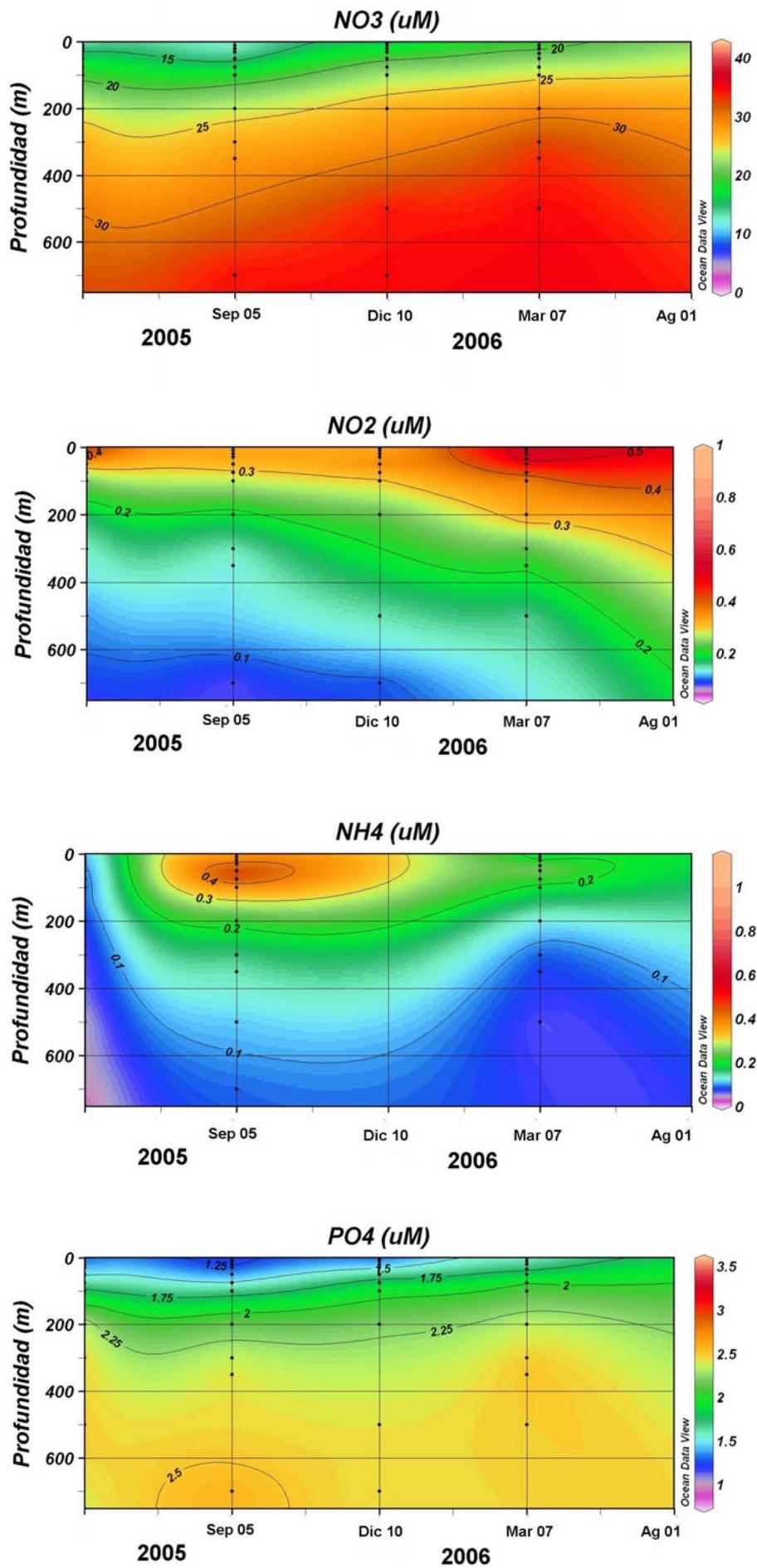
Las condiciones estacionales sobre el talud continental (Estación 40) se reflejan esencialmente en la capa de los primeros 200 m y muestran el efecto de cambios estacionales de masas de agua. Marzo del 2006 se caracterizó por la presencia de una masa de agua cálida y más salina superficial, mientras que en Septiembre 2005 y Agosto 2006 se observa un enfriamiento superficial y una fuerte disminución en la salinidad (Figura 3.63). Además, en general, las masas de agua más calidas se caracterizan también por condiciones de mayor oxigenación de la capa superficial.



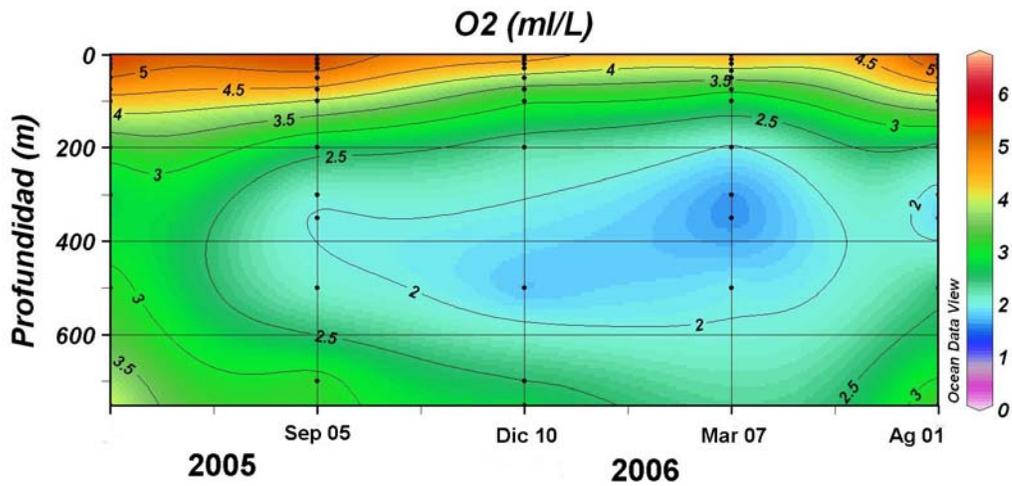
**Figura. 3.63.** Cambios estacionales en temperatura y salinidad en la columna de agua sobre el talud continental frente a Concepción (estación 40) durante el período 2005-2006.

La concentración de nutrientes en la Estación 40 se muestra en la Figura 3.64. Se debe destacar que para todos los momentos muestreados los nitratos se mantienen altos ( $> 2 \mu\text{M}$ ) en la capa superficial y mayores a  $20 \mu\text{M}$  desde los 50 m. Los nitritos presentan cambios estacionales importantes al igual que los de amonio en la capa superficial, mientras que el fosfato manifiesta su variabilidad en toda la columna de agua, aunque en un rango estrecho de 2 a  $4 \mu\text{M}$ .

Los oxígenos medidos por análisis químico revelan la presencia permanente de la OMZ en la capa de 200 a 600 m aproximadamente, pero solo con valores  $< 2 \text{ mL L}^{-1}$ , siendo menos intensa que en la zona costera. Se observan además, algunos cambios estacionales en su límite superior (oxiclina) (Figura 3.65).



**Figura 3.64.** Variabilidad temporal de los nutrientes en la estación 40. A) nitrato, B) nitrito, C) amonio y D) fosfato.

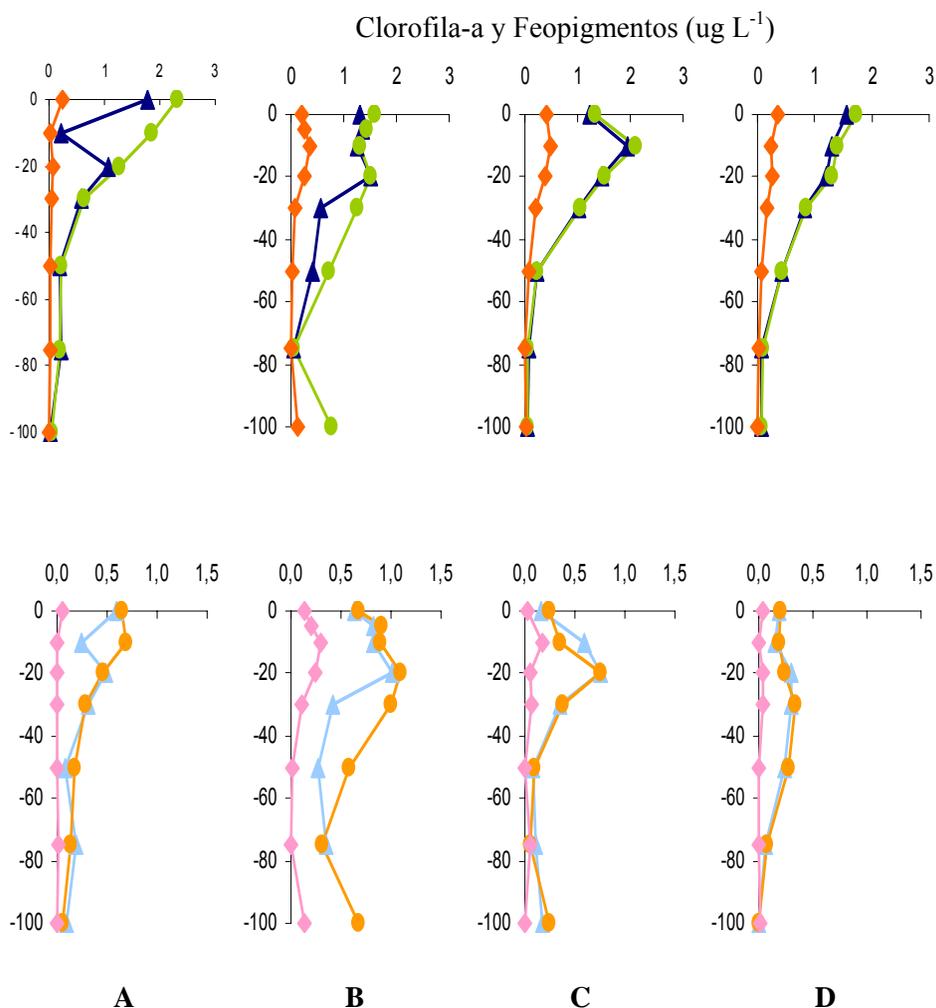


**Figura 3.65.** Variabilidad temporal de la concentración de oxígeno disuelto (Winkler) en la estación 40.

### 3.4.2. Variabilidad en el plancton (distribución de fitoplancton)

#### Biomasa Fitoplanctónica

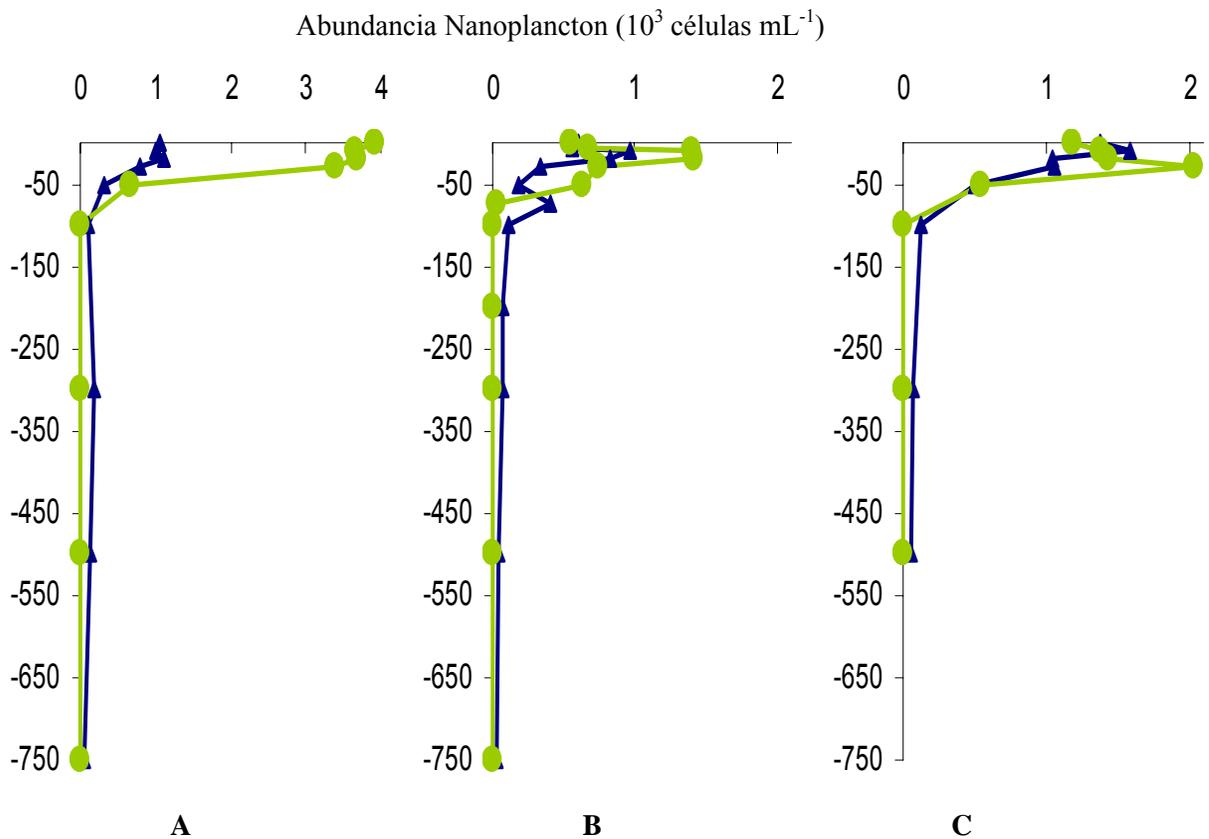
En la estación 40, los muestreos estacionales (4) durante el periodo de estudio no mostraron grandes variaciones respecto de la clorofila-a total así como en las fracciones (Figura 3.66). Además, la mayor parte de la clorofila-a estuvo representada por la fracción nanoplanctónica y se concentró en los primeros 50 m. Los rangos de concentración fueron los siguientes: clorofila-a total entre 0,05 y 2,3  $\text{mg m}^{-3}$ , clorofila-a <20  $\mu\text{m}$  entre 0,05 y 2,0; clorofila-a <3  $\mu\text{m}$  entre 0,00 y 0,5  $\text{mg m}^{-3}$ .



**Figura 3.66.** Distribución temporal de clorofila-a (paneles superiores) y feopigmentos (paneles inferiores) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 40. Periodos de muestreo A: 05-09-2005; B: 10-12-2005; C: 07-03-2006; D: 01-08-2006. Se incluyen totales y fracciones de tamaño; en paneles superiores: total (línea verde), <20  $\mu\text{m}$  (línea azul), <3  $\mu\text{m}$  (línea naranja); en paneles inferiores: total (línea naranja), <20  $\mu\text{m}$  (línea celeste), <3  $\mu\text{m}$  (línea rosada).

#### Nanoplancton

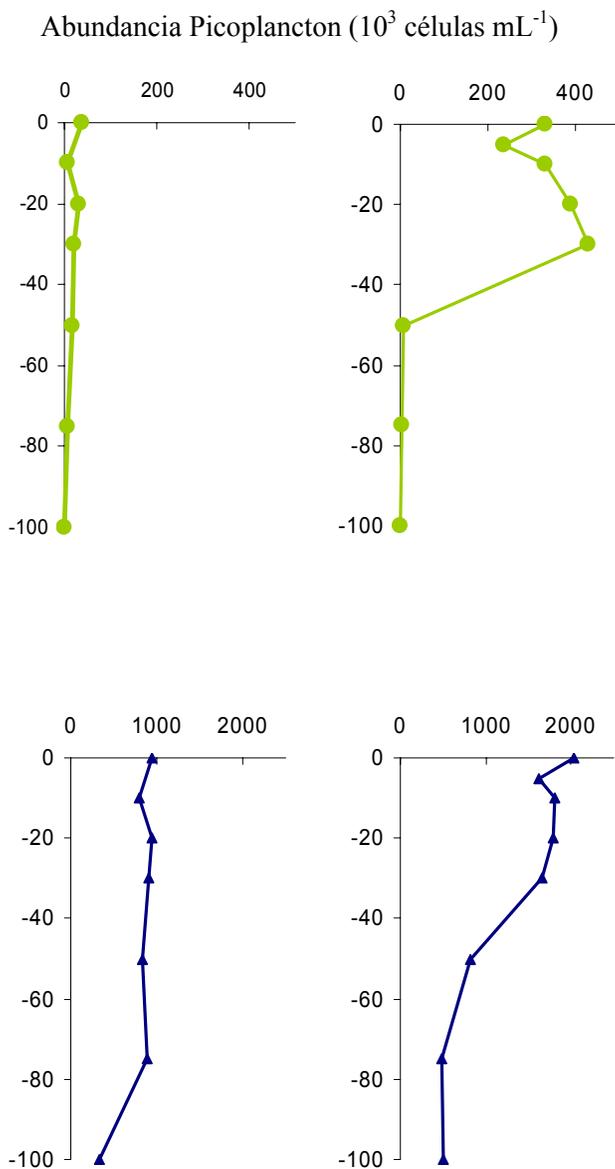
En la estación 40, la abundancia del nanoplancton autótrofo fluctuó entre  $0,0$  y  $4,9 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ , los máximos valores siendo registrados durante el muestreo a inicios de la primavera (Figura 3.67). Además, en los 3 muestreos las máximas se concentraron en los primeros 50 m de profundidad (con muestreos hasta 750 m). La abundancia del nanoplancton heterótrofo fluctuó entre  $0,03$  y  $1,5 \cdot 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ , sin estacionalidad marcada pero si se concentró sobre los 50 m de profundidad.



**Figura 3.67.** Distribución temporal y vertical de la abundancia ( $10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) del nanoplancton autótrofo (línea verde) y heterótrofo (línea azul) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 40. Periodos de muestreo A: 05-09-2005; B: 10-12-2005; C: 07-03-2005.

### Picoplancton

En la estación 40, la abundancia del picoplancton autótrofo fluctuó entre  $0,2$  y  $427 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$  mientras que la de los heterótrofo fluctuó entre  $334$  y  $2042 \times 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ . Los máximos valores fueron registrados durante el muestreo de verano (diciembre 2005; Figura 3.68) y esto se concentró sobre los 30 m de profundidad.



**Figura 3.68.** Distribución temporal y vertical de la abundancia ( $\cdot 10^3$  células  $\text{mL}^{-1}$ ) del picoplancton autótrofo (panel superior, línea verde) y heterótrofo (panel inferior, línea azul) en la serie de tiempo frente a Concepción, estación 40. Periodos de muestreo A: 05-09-2005; B: 10-12-2005.

### Ictioplancton.

En las tablas 3.7 y 3.8 se presentan las abundancias de huevos y larvas colectados en 4 estratos de la estación ubicada a 40 millas de la costa, durante el crucero invernal llevado a cabo en Agosto del 2006 y se las compara con las observadas en Agosto del 2004 en la misma estación.

Las muestras de ictioplancton presentaron una muy baja abundancia y riqueza específica: huevos y larvas solo de 3 taxa fueron identificados en esta estación en el 2004 y de 2 taxa en el 2006. De las tres especies objetivo, solo huevos de anchoveta ocurrieron en esta estación en una ocasión (2006), en muy baja abundancia y solo en un estrato (integrado 0-600m). Entre las larvas, no se presentó ninguna de las tres especies objetivo.

**Tabla 3.7.** Abundancia de huevos de peces por especie, encontradas en la estación 40 (Crucero: 2 (10-08-2004); 24 (1-08-2006)), incluyendo anchoveta (*Engraulis ringens*), sardina común (*Strangomera bentincki*) y merluza común (*Merluccius gayi*).

Crucero	Agosto	Agosto
---------	--------	--------

estrato	2004				2006			
	200-0	400-200	600-400	0-600	200-0	400-200	600-400	0-600
<b>Especies</b>								
<i>Engraulis ringens</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
<i>Strangomera bentincki</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Merluccius gayi</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Scomberesox saurus</i>	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Macrouridae</i>	0.0	0.0	2.53	0.56	0.1	0.0	12.08	8.67
<i>Hippoglossina macrops</i>	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Indeterminados.</i>	0.0	0.0	0.72	0.6	0.0	0.2	0.7	0.9

**Tabla 3.8.** Abundancia de larvas por especies encontradas en la estación 40 (Crucero: 2 (10-08-2004); 24 (1-08-2006)), incluyendo anchoveta (*Engraulis ringens*), sardina común (*Strangomera bentincki*) y merluza común (*Merluccius gayi*).

Crucero	2				24			
	200-0	400-200	600-400	0-600	200-0	400-200	600-400	0-600
<b>Especies</b>								
<i>Engraulis ringens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Strangomera bentincki</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Merluccius gayi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Paralepididae</i>	0.29	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cyclothone sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0.47	0.43
<i>Argyropelecus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0.24	0
<i>Argyropelecus affinis</i>	0	0	0	0.11	0	0	0	0
<i>Hygophum bruuni</i>	3.19	0	0.36	0	0	0	0	0
<i>Indeterminados.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

#### **4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES.**

A nivel mundial, existe una tendencia creciente por mejorar la conservación y manejo de los sistemas marinos basado en la implementación de una aproximación ecosistémica, es decir, sustentada en el conocimiento científico integral de las partes relevantes/influyentes y verificada en indicadores de la condición del sistema (Pikitch et al. 2004), por sobre el conocimiento e indicadores específicos de una parte (por ejemplo, una pesquería uni-específica en un área definida). Dentro de este marco, el sistema de corrientes de Humboldt está compuesto de una serie de ecosistemas, con claras diferencias climatológicas y oceanográficas entre ellos, aunque interconectados entre sí. Entre éstos, la zona frente a Concepción (35-38°S) se destaca por su alta productividad biológica y pesquera (Daneri et al. 2000). El presente proyecto sienta las bases necesarias para mejorar nuestro entendimiento del ecosistema frente a Concepción, a través del inicio de un programa de monitoreo que permita continuamente registrar e integrar datos biooceanográficos, que a su vez permita desarrollar modelos operacionales sobre los cuales eventualmente basar una aproximación ecosistémica al manejo de las pesquerías u otras actividades marítimas en la región.

##### **4.1. Condiciones oceanográficas físicas y químicas del sistema frente a Concepción.**

Por largo tiempo se ha reconocido el impacto de la surgencia costera en las propiedades de las aguas superficiales en la región centro-sur de Chile. En esta región, la surgencia costera aporta aguas de bajas temperaturas, pobres en oxígeno y con salinidades relativamente altas (Strub et al. 1998); además, las aguas de surgencia fertilizan la zona fótica, sin embargo, para la zona de estudio los antecedentes sobre fertilización de esta naturaleza se ha restringido a la zona más costera cercana a las bahías (Ahumada et al. 1991). En general, la surgencia en esta región tiene lugar estacionalmente y se distribuye sobre una extensa banda a lo largo de la costa; además, existen rasgos topográficos particulares del fondo marino y perturbaciones en la línea de costa que favorecen el ascenso de aguas subsuperficiales y la mezcla diapícnica, dando lugar a centros de surgencia de mayor intensidad (Cáceres 1992). Como una resultante de estas interacciones y eventos se genera una distribución altamente heterogénea de las propiedades hidrográficas a lo largo de la costa. En periodo de invierno y primavera, además, el aporte fluvial de agua dulce modifica significativamente las propiedades del agua de mar en la zona costera (Faundez et al 2001). La región de estudio se ha caracterizado previamente como una de alta energía cinética en la zona de transición costera (ZTC), que se extiende desde la costa hasta 600- 800 km mar afuera, otorgándole una amplia abundancia de estructuras de mesoescala (cambios en escalas de decenas a unos pocos cientos de kilómetros), como filamentos, remolinos, jets, y meandros (Hormazabal et al. 2004a). En general entonces, la zona de estudio contiene una alta variabilidad oceanográfica de mesoescala y una marcada estacionalidad en la surgencia, características que se ven reflejadas en los resultados obtenidos en el presente estudio y que deben ser consideradas en cualquier análisis de este ecosistema.

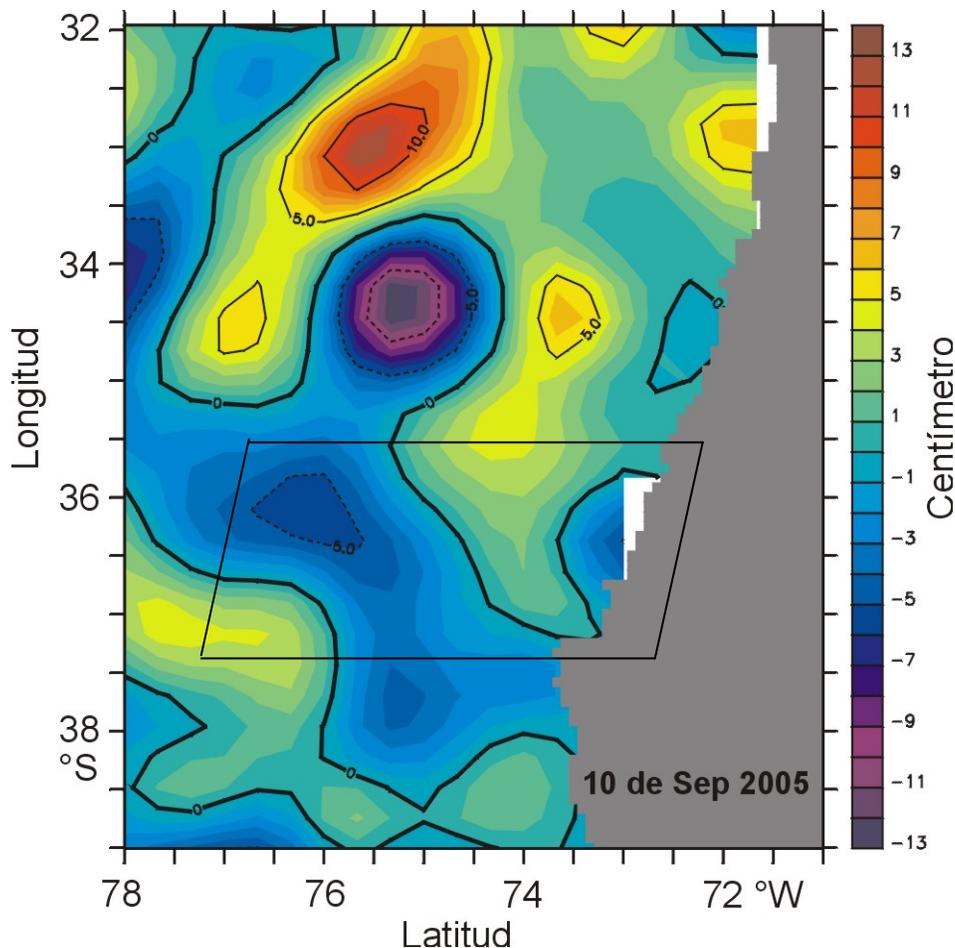
##### **4.1.1. Variabilidad espacial**

El crucero de primavera de este proyecto fue planificado para evaluar las condiciones oceanográficas durante la época de surgencia. Tanto las observaciones de magnitud y dirección del viento, como las distintas variables oceanográficas revelan que, el crucero se desarrolló durante un periodo de intensa surgencia. Las propiedades superficiales del agua de mar cerca de la costa (bajas temperaturas, bajo contenido de oxígeno y alta salinidad) contrastan claramente con las propiedades de las aguas oceánicas, observando en la costa para diferentes variables el ascenso típico de las isolíneas hacia la superficie.

Durante esta época de surgencia se observaron dos grandes focos de surgencia. Uno en torno a Punta Lavapié con valores más bajos de temperatura, salinidades más altas y menores concentraciones de oxígeno. Por largo tiempo esta punta ha sido reconocida como un centro importante de surgencia en la región (Arcos y Salamanca, 1984; Cáceres, 1992; Cuadra et al. 2004) y los resultados del crucero de primavera 2005 y los resultados del crucero de primavera 2004 (realizado en el marco del proyecto FIP 2004-20) son ampliamente consistentes con esta idea. Un segundo foco de surgencia se observó asociado a la zona norte del área de estudio, entre los 35° 30'S y 36° 00'S (norte de la desembocadura del río Itata). En esta zona, las aguas de surgencia tendieron a propagarse hacia fuera de la costa, como es reflejado por la distribución de temperatura superficial y temperatura, salinidad, densidad y oxígeno a 5 y 50 dB. Esto da origen a un filamento de agua fría, estructura que ha sido identificada anteriormente en esta región (Cáceres 1992) y que también fue identificada durante el crucero de primavera del proyecto FIP 2004-20.

Las transectas perpendiculares a la costa y especialmente la distribución subsuperficial de oxígeno y salinidad revelan importante actividad de mesoescala. En la parte norte de la zona de estudio, principalmente a los 35° 30'S y 36° 00'S la distribución de las distintas propiedades es

consistente con un vórtice anticiclónico, cuya rama del flujo hacia el norte se centra en los 75° W, mientras la rama con flujo hacia el sur se localiza cerca de los 75° 45'W, es decir el límite oeste de la zona de estudio. Por otra parte, las transectas meridionales oceánicas muestran la presencia de un flujo hacia la costa en el centro de la zona de estudio entre los 37° 30'S y los 36°30' S aproximadamente. Este flujo transporta aguas menos salinas y con mayores concentraciones de oxígeno hacia la costa. Estimaciones de velocidad geostrofica basados en las observaciones hidrográficas de este crucero y datos de altimetría satelital (Figura 3.69) son consistentes con los flujos y vórtices descritos anteriormente.



**Figura 3.69.** Altimetría satelital del durante el crucero de primavera 2005 (10 de Septiembre de 2005). Datos combinados de altimetría satelital (TOPEX/POSEIDON y JASON), corresponden al set de datos de Aviso (<http://www.aviso.oceanobs.com/>). Recuadro indica zona de estudio.

#### 4.1.2. Variabilidad temporal.

Las condiciones oceanográficas físicas durante el período de muestreo anual (agosto 2005 a julio 2006) reflejan muy bien la marcada estacionalidad en la zona costera frente a Concepción. Esto es, aguas más salinas en la costa durante el periodo de surgencia (>34) y aguas de menor salinidad durante el periodo invernal-comienzos de primavera. Además, una profundización de la termoclina ocurre en el último periodo mientras que en época de surgencia ésta se hace más somera (20 m en general). La oxiclina varía asociadamente a la termoclina y refleja claramente el levantamiento del límite superior de la ZMO durante el período de mayor surgencia (primavera/verano). Estas condiciones responden a un patrón anual que se repite para otros años en la misma estación 18 (Serie de tiempo del Centro COPAS, Informe Final Proyecto FIP 2004-20).

Además, se reafirma lo observado en el Informe Final del Proyecto FIP 2004-20 sobre la distribución de macro-nutrientes sobre una amplia escala espacial y temporal en la zona frente a Concepción. La mayor concentración de nutrientes se observa en la franja costera, reflejando la fertilización efectiva de la capa superficial debido a los procesos de surgencia. Esto además se observa en la distribución mensual de nutrientes en la Estación 18; sin embargo, los niveles disponibles de nutrientes como nitrato y silicato durante el periodo anual sugiere que éstos no son limitantes, debido a que no se detectó falta total de estos macro-nutrientes (<1 µM) en las capas superficiales.

#### 4.2. Componentes biológicos planctónicos en el ecosistema frente a Concepción.

La alta productividad biológica y pesquera del sistema en la región es comúnmente atribuida al efecto fertilizador de la surgencia costera estacional sobre la capa fótica, proporcionando los nutrientes necesarios para incrementar los niveles de producción en la base de la trama trófica, los productores primarios foto-sintetizadores (Ahumada et al. 1991, Daneri et al. 2000). A esto debe sumarse la acción de otros procesos oceanográficos, como la concentración de componentes biológicos por efecto de estructuras de mesoescala en la zona de transición costera (Hormazabal et al. 2004b). En general, estas últimas estructuras tienden a extender la zona de mayor producción o biomasa de la zona costera hacia la zona oceánica, toda vez que se den las condiciones apropiadas respecto de la dirección de rotación, intensidad y evolución temporal y espacial de las mismas (Hormazabal et al. 2004b).

#### **4.2.1. Variabilidad espacial.**

Ambos cruceros realizados en el marco de los proyectos FIP (Monitoreo de las Condiciones Bio-Oceanográficas de la VIII Región, año 2004 y 2005) presentan la distribución espacial esperada para época de surgencia en la región, con altas biomásas fitoplanctónicas en la zona más costera y sobre la terraza del Itata, al norte del centro de surgencia mayor en Punta Lavapié, y un fuerte gradiente entre la zona costera y oceánica asociada con los gradientes térmicos mayores y paralelos a la costa. En forma similar, estudios recientes en la zona han descrito patrones similares (e.g. Montecino et al. 2004)

Además, parte importante de los componentes microplanctónicos, zooplanctónicos, larvas y huevos de anchoveta y sardina común tienden a congregarse en la zona más costera, seguramente como una estrategia de permanecer cerca de la abundante fuente de alimento. Otros componentes dominantes del zooplancton están presentes tanto en la costa como en la zona oceánica mientras que en otros casos, como los huevos y larvas de merluza, tienen una distribución más bien oceánica. Esto refleja que la zona oceánica podría también proporcionar alimento suficiente para estos componentes, siendo una fuente importante el componente autótrofo de pequeño tamaño en esta zona (pico- y nanoplancton). Una de las vías en que esto puede ocurrir es a través del transporte de aguas de surgencia hacia la zona oceánica, tal como se refleja en la presencia de un filamento de mayores concentraciones de biomasa fitoplanctónica en la zona entre 35°30'S y 36°00'S, zona en la que se detectaron algunos aumentos en la abundancia/biomasa de zooplancton e ictioplancton. Este filamento de aguas frías de surgencia y altos valores de clorofila-a parece ser una estructura recurrente en la zona de estudio (Cáceres 1992; Montecino et al 2004; González et al enviado) y merece atención como mecanismo en la exportación de materia orgánica hacia la zona oceánica. Además, existen flujos desde la zona oceánica hacia la costa, como se explicó para las condiciones físicas durante el crucero, que podrían representar vías de retorno hacia la costa de las especies zooplanctónicas y del ictioplancton transportadas mar afuera por las aguas de surgencia.

#### **4.2.2. Variabilidad temporal.**

La zona costera de la región de estudio, representada por la estación 18 y la zona del talud, representada por la estación 40, reflejan muy bien el patrón estacional y la variabilidad en la biomasa fitoplanctónica, con mayores valores durante el periodo de surgencia y menores en el periodo no afecto a la surgencia. Este patrón, si bien descrito anteriormente para la zona cercana a la Bahía de Concepción (Ahumada et al 1991), es extendible con nuestros resultados a la zona de plataforma y talud frente a Concepción y, especialmente, a la zona de la terraza del Itata. Cabe destacar que las concentraciones de fitoplancton, como clorofila-a, en la plataforma y durante época de surgencia son comparativamente altas respecto de otros sistemas de surgencia. Al mismo tiempo, las mismas concentraciones durante el periodo de no-surgencia son relativamente altas respecto de otros sistemas marinos, considerando que concentraciones iguales o superiores a 1 mg m<sup>-3</sup> son catalogadas comúnmente como aguas eutróficas. Estudios recientes en la zona han caracterizado de igual forma que este informe, la zona centro-sur de Chile, como una zona de gran variabilidad estacional, observando un gran contraste para diferentes grupos de organismos en la zona (Troncoso et al 2003, Cuevas et al 2004, Montecino et al. 2004, Cornejo et al, enviado; González et al., enviado; Montero et al., enviado)

En general, se ha caracterizado a los sistemas de surgencia costera por la mayor relevancia de los componentes fitoplanctónicos de mayor tamaño (>20 µm, micro-fitoplancton). En la zona de estudio, el análisis de las fracciones de tamaño predominantes en el fitoplancton ha sido caracterizado por un período anual durante el proyecto FIP 2004-20 y 2005-01 en la plataforma sobre la terraza del Itata. Un importante resultado es que en la clorofila-a asociada al fito-microplancton (>20 µm), como en la composición de este componente, efectivamente domina en periodo de surgencia la presencia de diatomeas, especialmente las formadoras de cadena (*Skeletonema*, *Chaetoceros*). Por otra parte, sin mostrar una tendencia, ni estacionalidad marcada, los grupos fitoplanctónicos de menor tamaño, especialmente los autótrofos nanoflagelados, aparecen en forma importante en algunas ocasiones. Estas apariciones

obedecerían a eventos gatillados a escalas menores de las que son posibles de percibir por este estudio y merecen atención, toda vez que ello implicara un cambio de estructura que afectara eventualmente a los restantes componentes de la trama trófica en la zona costera.

En nuestros resultados y en algunas publicaciones recientes en la zona (Daneri et al 2000, Montero et al. enviado), la producción primaria también presenta una marcada estacionalidad sobre la terraza del Itata, siguiendo los máximos periodos de surgencia. Del mismo modo que la biomasa fitoplanctónica, los menores valores de producción primaria durante la época de no-surgencia son comparativamente altos respecto de otros sistemas marinos y pueden ser catalogados como aguas eutróficas toda vez que la producción primaria esté en el rango  $0.8-1.4 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (Montecino et al 2004). En sistemas con alta producción biológica es esperable que una fracción importante de la producción primaria sea exportada del sistema en la forma de sedimentación directa del fitoplancton (Legendre & Rassoulzadegan, 1996). Sin embargo, los presentes resultados revelan que la mayor parte de la exportación de carbono desde las capas superficiales ocurre en la forma de desechos particulados o pellets fecales de zooplancton y, en particular de eufáusidos. Esto sugiere que una parte importante de la producción primaria estaría siendo transferida a zooplancton y luego a niveles tróficos mayores en el sistema de surgencia frente a Concepción, especialmente durante la época de surgencia. Otra posible vía de transferencia de la producción primaria es hacia el anillo microbiano, donde la materia orgánica proveniente del fitoplancton y zooplancton puede ser reciclada por el bacterioplancton. Cuevas et al. (2004) reportan que una importante fracción de la materia orgánica producida por los productores primarios puede ser utilizada en el anillo microbiano en la zona frente a Concepción, durante el período de surgencia y también en el período de no-surgencia.

Los altos niveles de biomasa y altas abundancias de especies típicas de surgencia, especialmente durante la primavera e inicios de verano, en comparación al período 2004-2005 (Informe Final Proyecto FIP 2004-20), indican que el zooplancton fue muy productivo durante este período 2005-2006. La ocurrencia y dominancia de especies típicas de ambiente de surgencia, sugieren que una alta intensidad y persistencia de este proceso físico fue el factor determinante en la alta productividad zooplanctónica de la región.

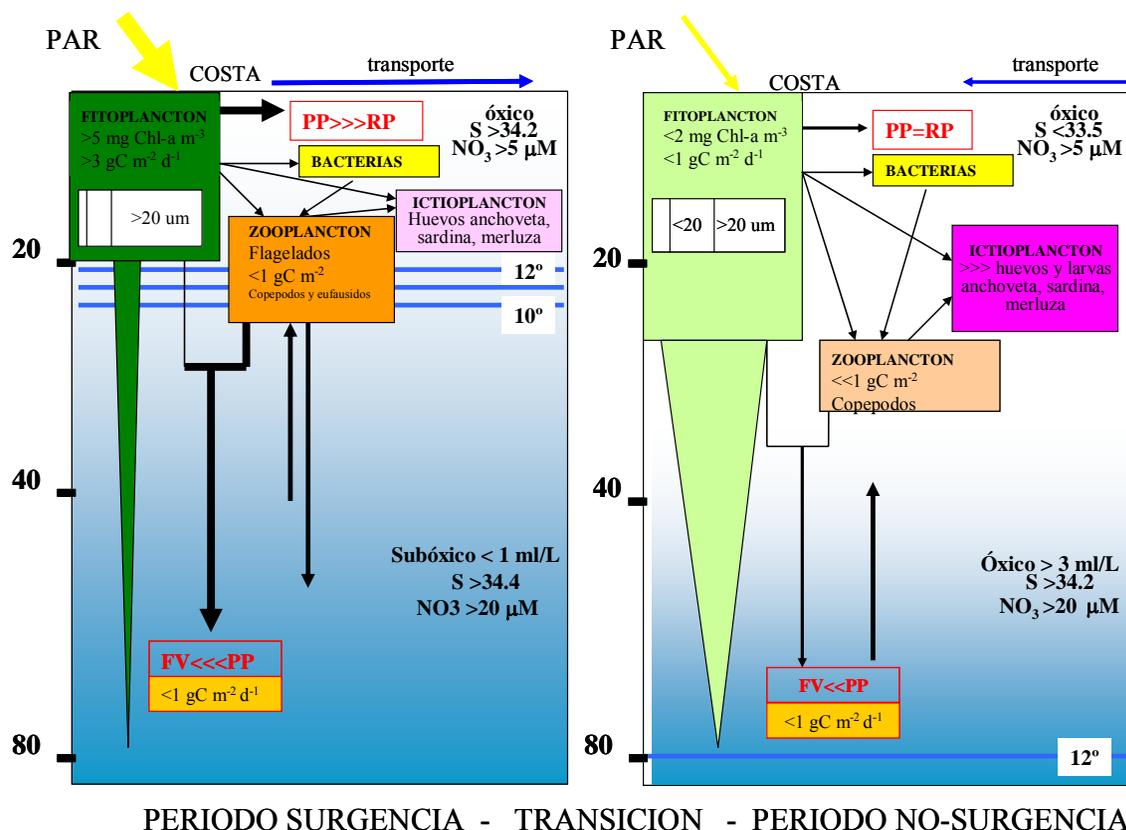
Los huevos y larvas de sardina común y anchoveta son más abundantes durante el período de invierno en esta zona (Castro et al. 2000, 2002). Sin duda que la mayor potencialidad de retención de huevos y larvas durante los períodos de menor advección mar afuera jugaría un rol fundamental en esta estrategia; por lo demás, los niveles de alimento para larvas de peces durante el período invernal parecen no ser limitantes, ya sea en términos de fitoplancton o microzooplancton, en esta zona costera. Posiblemente los juveniles de estos peces sean los que dependan en mayor medida de mayores concentraciones de alimento durante el período primaveral y estival. En general, los factores que afectan la sobrevivencia de huevos y larvas de los principales recursos de peces pequeños pelágicos en la región de estudio involucran un conjunto de condiciones que deberían seguir siendo abordadas tanto en programas de monitoreo intensos/permanentes como en forma experimental, antes de poder generar un modelo conceptual y operacional aplicable al manejo de los recursos biológicos en el ecosistema frente a Concepción.

### **4.3. Modelo conceptual de estructura y funcionamiento**

Las escalas temporales y espaciales utilizadas en este estudio pueden ser utilizadas para conceptualizar la estructura y el funcionamiento del ecosistema marino de la región. La información obtenida para dos años de monitoreo (FIP 2004-20 y 2005-01), junto a la información de estudios previos, sugieren que la surgencia costera constituye el proceso clave de variabilidad temporal. De esta manera es posible esquematizar 2 fases principales del sistema: 1) período de surgencia (alta producción biológica), 2) período de no surgencia (producción biológica moderada), ambos delimitados por una fase de transición. La Figura 4.1. ilustra un modelo conceptual del ecosistema.

El período de surgencia define un ambiente en el cual coincide una mayor radiación solar, la presencia de la termoclina y oxiclina más cercana a la superficie producto de la surgencia que a su vez promueve el transporte desde la costa hacia la zona oceánica. Esta condición genera una mayor agregación de la actividad biológica en una capa estrecha del mar (0-20 m), donde se incrementan en niveles los componentes autotróficos, dominados por diatomeas de mayor tamaño ( $>20 \mu\text{m}$ ), promoviendo la agregación e incremento del resto de componentes del plancton. Esta condición se encuentra asociada a la presencia de numerosas especies meso-, macroplánctónicas y al desove de peces. La mayor productividad biológica (PP) supera ampliamente a la demanda por respiración comunitaria microplánctónica (RC), sugiriendo que el sistema en este período es productor neto de materia orgánica hacia otros niveles tróficos superiores, anillo microbiano o para exportación. En este período se manifiesta un flujo vertical

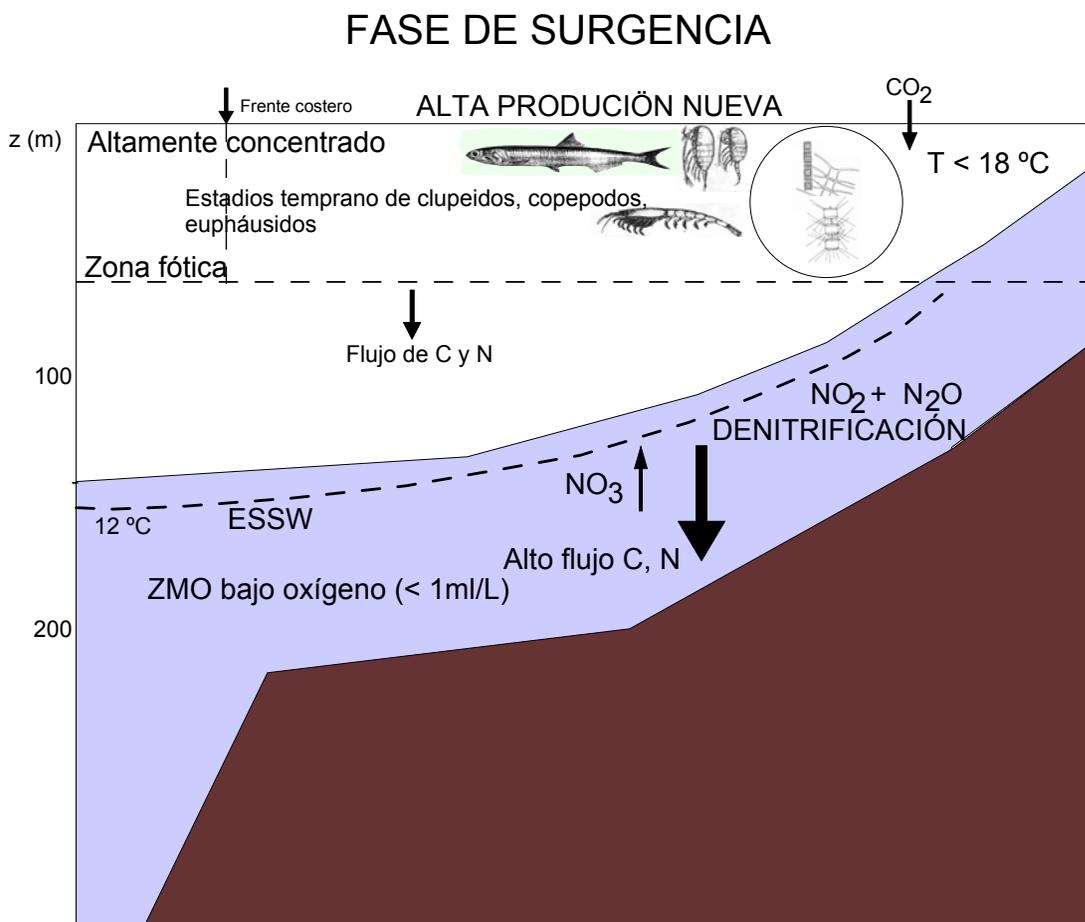
de materia orgánica bastante menor que la magnitud de la producción primaria y principalmente en la forma de material fecal, sugiriendo que la exportación es mínima pero que predomina el traspaso a niveles tróficos superiores y posiblemente valores de traspaso significativos hacia la trama microbiana. Por otro lado, el período de no-surgencia se caracteriza por un hundimiento de la termoclina y oxiclina, que en la zona sobre la plataforma continental puede alcanzar gran parte de la columna de agua, dando lugar a una expansión vertical, y posiblemente “dilución”, de la actividad biológica y de los componentes planctónicos. En ausencia de surgencia se favorece el transporte hacia la costa (vientos desde el norte) y un fuerte debilitamiento de frentes costeros. Los macro-nutrientes mantienen niveles elevados, posiblemente por aporte fluvial, permitiendo un sustento de la producción primaria pero probablemente limitada por una menor radiación solar y disminuida por efecto de hundimiento de la capa de mezcla. La capa de mezcla superior tiende a ser de baja salinidad y es manifiesta una mayor ocurrencia de fitoplancton de menor tamaño, que es posible encontrar durante todo un ciclo anual, junto a diatomeas solitarias. La columna de agua es altamente oxigenada y el zooplancton presenta una dominancia de estadios tardíos de copépodos y eufáusidos. El flujo vertical de materia orgánica (exportación) es relativamente más importante respecto de la producción primaria pero en magnitud es menor que los niveles observados durante la época de surgencia. Además, posiblemente la resuspensión de materia orgánica previamente sedimentada sea recurrente en esta época. Por otra parte, la respiración comunitaria puede presentar valores muy cercanos a la producción primaria, pudiendo observar en algunas ocasiones un balance entre ambos procesos o un sistema posiblemente heterotrófico. Esto hace suponer que en algunos períodos el ecosistema podría ser subsidiado por el transporte hacia la costa (vientos desde el norte) o por el aporte fluvial. Además la permanencia de un grupo significativo de organismos nanoplanctónicos puede indicar la dominancia de estos grupos de tamaño en el sistema para este período.



**Figura 4.1.** Modelo conceptual de funcionamiento del ecosistema marino de la región VIII región. Se incorpora la variabilidad temporal de la surgencia (estacional). PP y RC son producción primaria y respiración comunitaria (microplancton), respectivamente. FV es flujo vertical de carbono.

El estudio de la variabilidad espacial corresponde a una situación de primavera (período con surgencia). De esta forma, se hace importante la variabilidad costa-océano, en la medida en que los principales procesos derivados de la surgencia se presentan cercanos a la costa. Las variables observadas durante el crucero de primavera son consistentes con una distribución agregada de los componentes planctónicos en la zona costera, además de la fuerte agregación en la vertical, influida por los gradientes físicos observados para este período. La estructuración de este sistema se puede ilustrar de acuerdo a modelo conceptual modificado desde Escribano et al. (2004) y desde el Informe Final del Proyecto FIP 2004-20, propuesto para un período de surgencia en una condición neutral del ciclo ENOS (Figura 4.2). En este esquema se destaca la presencia de la

ZMO en la capa intermedia (150-450 m) en aguas oceánicas, ingresando a la zona fótica en la zona costera y favoreciendo el flujo de nutrientes hacia el estrato iluminado; a su vez esto genera un ambiente subóxico que restringe a la capa oxigenada superficial la distribución vertical de la mayoría del plancton, así como la de huevos y larvas de peces, mientras que algunos grupos son exitosos bajo esta condición (ej. Eufáusidos). Además, esta condición genera importantes cambios en las transformaciones y flujos de carbono y nitrógeno en el sistema, lo que a su vez incide en la productividad del mismo y en la estructura de las comunidades en este ecosistema.



**Figura 4.2.** Modelo conceptual del ecosistema frente a la VIII Región ilustrando la variabilidad espacial costa-oceano. Esquema modificado desde Escribano et al. (2004) e Informe Final FIP 2004-20.

Sin duda que los modelos conceptuales provenientes de las observaciones y variables disponibles hasta la fecha son aún muy generales para resolver adecuadamente la variabilidad espacial y temporal del ecosistema frente a Concepción. La existencia y persistencia de un programa de monitoreo como el de este proyecto permitirá resolver las partes más fundamentales de este conocimiento. Sin embargo, a escalas de tiempo mayores a la estacional, incluyendo aquella derivada de la variabilidad interanual asociada a eventos cálidos El Niño, los efectos de cambios oceanográficos sobre los componentes biológicos planctónicos en esta región (Escribano et al. 2004) son prácticamente desconocidos. El acelerado y amplio desarrollo de la tecnología de sensoramiento remoto ha permitido tener más recientemente una percepción mejorada sobre la variabilidad espacial y temporal de los componentes primarios del sistema (como clorofila-a) en esta región; aún así, no se ha caracterizado esta variabilidad más que sobre periodos o áreas muy específicas de la zona. En este sentido, es un gran desafío el que resta por obtener el conocimiento apropiado del ecosistema frente a Concepción para ser aplicado en el manejo de las pesquerías y actividades acuícolas en general en este ecosistema.

Con el objeto de divulgar y discutir los resultados del estudio, el Centro COPAS realizó el lunes 25 de septiembre de 2006 una serie de presentaciones a la comunidad universitaria a través de un Taller de Difusión de resultados. Para este evento se invitó a autoridades universitarias, investigadores y estudiantes (Anexo II). Uno de los objetivos más importantes de este Taller, además de divulgar y discutir los resultados incorporados en este informe final, fue la discusión de la información obtenida ya sea para un año de condición normal o anormal, constituyendo

ahora una herramienta de alto valor para evaluar y comprender los impactos derivados de un evento cálido (El Niño), frío (La Niña), o los efectos asociados a fenómenos de gran escala como el cambio climático global. Como actividad anexa se realizó el 16 de Octubre del 2006, una segunda reunión de difusión de los resultados del proyecto FIP 2005-01 ante varios invitados (Anexo II) en el Instituto de Fomento Pesquero de Valparaíso. Una de las principales conclusiones de estos talleres fue la necesidad de extender la cobertura espacial y temporal del área de muestreo de tal manera que se incluyan zonas conocidas de desove y/o de presencia de larvas de peces pelágicos de interés comercial. Otra de las conclusiones importantes fue la necesidad de hacer un mayor esfuerzo integrador de la data generada. Para esto los investigadores del proyecto acordaron la generación de un volumen especial de la revista científica *Progress in Oceanography*. Igualmente se discutió sobre la necesidad de integrar los resultados de los programas de monitoreo oceanográfico de la zona norte y sur del país.

## 5. REFERENCIAS

- Ahumada, R., Matrai, P., Silva, N. et al. 1991. Phytoplankton biomass distribution and relationship to nutrient enrichment during an upwelling event off Concepción Bay (Chile). *Boletín de la Sociedad de Biología, Concepción (Chile)* 62, 7-19.
- Arancibia H. 1989. Distribution patterns, trophic relationships and stock interactions in the demersal fish assemblage off central Chile. Dr. rer. Nat. Thesis. University of Bremen, German, 221 pp.
- Arcos, D., Salamanca, M., 1984. Distribución de clorofila y condiciones oceanográficas superficiales frente a Chile central (latitudes 32°S-38°S, Febrero 1982), *Biol. Pesq. (Chile)*, 13, 5-14.
- Arcos, D. F., Nuñez, S., Acuña, A., 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 Oceanologica* 4(1): 21-58
- Arcos, D. F., Cubillos, L.A., Nuñez, S.P., 2000. The jack mackerel fishery and El Niño 1997-98 effects of Chile. *Progress in Oceanography* 49, 597-617.
- Arntz WE, Fahrbach, E., 1996. El Niño Experimento Climático de la Naturaleza. Fondo de Cultura Económica, Mexico, DF, 312
- Balbontín F., Fischer, F., 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.
- Barber RT, Chavez, E.P., 1983. Biological consequences of El Niño. *Science* 22: 1203-1210.
- Barber RT, Smith, R.L., 1981. Coastal upwelling ecosystems. In: A.R. Longhurst (ed) *Analysis of Marine Ecosystems*. Academic Press, pp. 31-68.
- Børsheim K.Y. and G. Bratbak. 1987. Cell volume to cell carbon conversion factor for a bacterivorous *Monas* sp. enriched from seawater. *Marine Ecology Progress Series* 36: 171-175
- Cáceres, M, Vórtices y filamentos observados en imágenes de satélite frente al área de surgencia de Talcahuano, Chile central. *Invest. Pesq (Chile)* 37, 55-66, 1992.
- Campbell, L., Nolla, H.A., Vault, D. 1994. The importance of *Prochlorococcus* to community structure in the Central of Pacific Ocean. *Limnology and Oceanography* 39, 954-961
- Castro, L., Hernández, E., Llanos, A., 2000. Environmental influences on winter spawning of the anchoveta *Engraulis ringens* off central Chile. *Marine Ecology Progress Series* 197, 247-258.
- Castro L, A. Llanos, JL. Blanco, E Tarifeño, R Escribano, Landaeta, M., 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 No. 16*: 42-45
- Carpenter J.H. 1965. The Chesapeake Bay Institute technique for the Winkler dissolved oxygen method. *Limnology and Oceanography* 10, 141-143.
- Cornejo, M., Farias, L. (Enviado) Influence of physical and biogeochemical mechanisms on N<sub>2</sub>O vertical distribution and its exchange towards the atmosphere in an upwelling zone. *Progress in Oceanography*.
- Cuadra, P. P., F. Rodríguez, Gallardo, C., 2004. Space-time characterization of Punta Lavapie upwelling system through SS NOAA/AVHRR images. *Gayana (Concepc.)* v. 68 n. 2 supl. TII Proc. Concepción.
- Cuevas, L.A., Daneri, G., Jacob, B., Montero, P., 2004. Microbial abundance and activity in the seasonal upwelling area off Concepción (~36°S), central Chile: a comparison of upwelling and non-upwelling conditions. *Deep-Sea Research II*, 51, 2427-2440.
- Chrzanowski, T.H., Simek, K., 1990. Prey-size selection by freshwater flagellated protozoa. *Limnology and Oceanography* 35, 1429-1436
- Daneri G, Dellarossa V, Quiñones R, Jacob B, Montero R, Ulloa O., 2000. Primary production and community respiration in the Humboldt Current System off Chile and associated oceanic areas. *Marine Ecology Progress Series*; Vol. 197: 41- 49, 2000.
- Escribano, R. Daneri, D., Farias, L., Gallardo, V.A., González, H.E., Gutierrez, D., Lange, C., Morales, C.E., Pizarro, O., Ulloa, O., Braun, M., 2004. Biological and chemical consequences of the 1997-98 El Niño in the Chilean coast upwelling system: a síntesis. *Deep Sea Research, Part II*, 51, 2389-2412.
- Faúndez, P.B, Morales, C.E., Arcos, D., 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.
- Fonseca TR, Farias, M., 1987. Estudio del proceso de surgencia en la costa chilena utilizando percepción remota. *Investigaciones Pesqueras* 34: 33-46.
- González, H.E., Menschel, E., Aparicio, C., Barria, C. (Enviado). Spatial and temporal variability of microplankton and detritus, and their export to the shelf sediments in the upwelling area off Concepción, Chile (~36°S), during 2002-2005. *Progress in Oceanography*.

- Grasshoff, K., M. Ehrhardt, M. and K. Kremling. 1983. Determination of nutrients. In: Methods of Seawater Analysis. p. 143.
- Informe Final Proyecto FIP 2004-20. 2005. Monitoreo de las condiciones Bio-oceanográficas en la VIII Región, 2004. 154 págs.
- Holmes, R. M., Aminot, A., Kerouel, R., Hooker, B. A., Peterson, B. J. 1999. A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 1801-1808
- Hormazabal, S.E., Shaffer, G., Leth, O., 2004a. The coastal transition zone off Chile. *Journal of Geophysical Research* 109, .
- Hormazabal, S.E., Pizarro, O., Letelier, J., 2004b. Mesoscale eddies and pelagic fishery off central Chile (33-40°S). *Gayana* 68 (2), 291-296.
- Kana, T., Glibert, O.M., 1987. Effect of irradiances up to 2000  $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$  on marine *Synechococcus* WH 7803-I. Growth, pigmentation and cell composition. *Deep-Sea Research* 34, 479-516
- Lee, S., Fuhrman, J. 1987. Relationship between biovolume and biomass of naturally-derived marine bacterioplankton. *Applied Environmental Microbiology* 53, 1298-1303
- Legendre, L. and F. Rassoulzadegan. 1996. Food-web mediated export of biogenic carbon in oceans: hydrodynamic control. *Marine Ecology Progress Series* 145, 179-193.
- Melendez R. 1983. Alimentación de *Merluccius gayi* (Guichenot) frente a Chile Central (36°05-36°50). *Boletín Museo Nacional de Historia Natural de Chile*. 40: 145-152.
- Montecino, V., Astoreca, R., Alarcon, G., Retamal, L., Pizarro, G., 2004. Bio-optical characteristics and primary productivity during upwelling and non-upwelling conditions in a highly productive coastal ecosystem off Central Chile (36°S). *Deep Sea Research* 51(20-21), 2413-2425.
- Montero, P., Daneri, G., Cuevas, L.A., González, H.G., Jacob, B., Lizárraga, L., Menschel, E. (Enviado) Productivity cycle in the coastal upwelling area off Concepción: Importance of diatoms and bacterioplankton in the organic carbon flux. *Progress in Oceanography*.
- Morales, C.E., Hormazabal, S.E., Blanco, J.L., 1999. Interannual variability in the mesoscale distribution of the depth of the upper boundary of the oxygen minimum layer off northern Chile (18-24S): Implications for the pelagic system and biogeochemical cycling. *Journal of Marine Research* 57, 909-932.
- Morris and Riley. 1963. *Analytica Chimica Acta*, 29, 272-279.
- 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.
- Parsons, T. R., Maita, Y., Lalli, C. M. 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, New York, 173 p.
- Pitkitch, E.K. Dantora, C S Babcock, E A Bakun, A Bonfil, R Conover, D O Dayton, P Doukakakis, P., Fluharty, D., Heneman, B., Houde, E D., Link, J., Livingston, P A., Mangel, M., McAllister, M K., Pope J., Sainsbury K J., 2004. Ecosystem-based fishery management. *Science* 305, 346-347.
- Retamal M. 1981. Catálogo ilustrado de los crustáceos decápodos de Chile. *Gayana, Zoología* 44: 1-110.
- Shaffer, G., Hormazabal, S., Pizarro, O., Salinas, S., 1999. Seasonal and interannual variability of currents and temperature off central Chile. *Journal of Geophysical Research* 104 (C12), 29,951-29,961.
- Sobarzo, M., 1998. Surgencia costera sobre una plataforma continental limitada por cañones submarinos, Concepción Chile Central. Tesis para el grado de Doctor en Oceanografía, Universidad de Concepción.
- Strickland J. D. H., Parsons T. R., 1968. A practical handbook of seawater analysis. Pigment analysis, *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167
- Strub P, J Mesias, V Montecino, Rutland, J., 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.
- Troncoso, V.A., Daneri, G., Cuevas, L.A., Jacob, B, Montero, P., 2003. Bacterial carbon flow in the Humboldt Current System off Chile, *Marine Ecology Progress Series*, 250, 1-12.
- Ulloa, O., Escribano, R., Hormazabal, S., Quinonez, R., Gonzalez, R, 2001. Evolution and biological effects of the 1997-98 El Niño in northern Chile. *Geophysical Research Letters*. 28: 1591-1594
- UNESCO. 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. Intergovernmental Oceanographic Commission. Manual and Guides # 12
- Well R., Roether, W. Stevens D. P., 2003. An additional deep-water mass in Drake Passage as revealed by He data. *Deep-Sea Research I*, 50, 1079-1098.

## **ANEXO I.**

Investigadores proyecto FIP 2005-01

<b>Nombre Investigador</b>	<b>Actividades</b>
Dr. Giovanni Daneri	Investigador Principal Producción primaria Carbono Orgánico Disuelto (COD)
Dr. Leonardo Castro	Ictioplancton
Dr. Rubén Escribano	Zooplancton Meteorología
Dra. Laura Farias	Nutrientes Oxígeno Disuelto
Dr. Humberto González	Microplancton Fitoplancton Flujos Verticales
Dra. Carmen Morales	Picoplancton Nanoplancton Clorofila-a
Dr. Oscar Pizarro	Oceanografía Física CTD-OF

## ANEXO II.

Reunión de Difusión Proyecto FIP 2005-01

### *Primera Reunión de Difusión*

Fecha: 25 de Septiembre de 2006

Lugar: Sala Minera Escondida, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Participantes:

#	Nombre	Actividad
1	Dr. Giovanni Daneri	Investigador Principal, Director CIEP, Coyhaique
2	Dr. Rubén Escribano	Investigador FIP, Centro COPAS
3	Dra. Laura Farias	Investigador FIP, Centro COPAS
4	Dra. Pamela Hidalgo	Investigador Centro COPAS
5	Dr. Humberto González	Investigador FIP, Centro COPAS
6	Dr. Leonardo Castro	Investigador FIP
7	Alvaro Araneda	Técnico Centro COPAS
8	MSc L. Antonio Cuevas	Técnico Centro COPAS
9	Paula Mendoza	Técnico Centro COPAS
10	Carola Aparicio	Estudiante Universidad Austral de Chile
11	Mauricio Gallegos	Técnico FIP, Centro COPAS
12	Samuel Soto	Técnico FIP
13	Carola Cartes	Técnico Centro COPAS
14	Karen Manríquez	Técnico Centro COPAS
15	Pablo González	Estudiante Universidad de Concepción

En esta reunión los investigadores que participaron en el proyecto FIP 2005-01 dieron a conocer los resultados por grupos de trabajo. La discusión se centro principalmente en aspectos técnicos y formas de mejorar y optimizar la información científica que se recolecta tanto en la serie de tiempo (Estación 18 y 40) así como durante el crucero de primavera. Se discutió la necesidad de establecer estaciones mas costeras para estudiar en forma mas efectiva la dinámica de peces pelágicos de interés comercial (sardinas, anchovetas). Dentro de los principales acuerdos del taller/reunión:

- Se acordó incorporar mediciones de producción primaria nueva (método  $^{13}\text{C}$ ) a la serie de tiempo
- Se acordó hacer un esfuerzo mayor para integrar los resultados que se han obtenido a la fecha. El esfuerzo integrador se concentrará principalmente en la generación de un volumen especial de la revista científica *Progress in Oceanography*.

### *Segunda Reunión de Difusión*

Fecha: 16 de Octubre de 2006

Lugar: Auditorio, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso

Participantes:

#	Nombre	Actividad
1	Dr. Giovanni Daneri	Investigador Principal, Director CIEP, Coyhaique
2	Sr. Rubén Pinochet	Secretario Ejecutivo, CIP, Valparaíso
3	Sra. Liliana Maritano	Directora Regional, Sernapesca, V Región
4	Dr. Ciro Oyarzún	Subsecretaría de Pesca
5	Dra Vivian Montecino	Directora Instituto de Fomento Pesquero, IFOP
6	Sr. Mauricio Braun	Investigador Instituto de Fomento Pesquero, IFOP
7	Capitán de Navío Sr. Jorge Ibarra	Presidente, Comité Oceanográfico Nacional
8	Sr. Ricardo Rojas	Secretario Ejecutivo, Comité Oceanográfico Nacional

Además participaron diferentes investigadores del Instituto de Fomento Pesquero, Subsecretaria de Pesca, Comité Oceanográfico Nacional y Universidades.

En esta reunión expuso el Investigador Principal del proyecto FIP 2005-01 el Dr. Giovanni Daneri Hermosilla. La exposición centró principalmente en una muestra de los resultados obtenidos en la serie de tiempo (estaciones 18 y 40) y en el crucero de primavera. Durante la discusión se aclararon ideas y conceptos relacionados con las mediciones oceanográficas que se están llevando a cabo para finalmente discutir sobre la pertinencia del programa de monitoreo oceanográfica como medida de administración pesquera.

Dentro de los principales acuerdos del taller/reunión:

- extender la cobertura espacial y temporal del área de muestreo de tal manera que se incluyeran zonas conocidas de desove y/o presencia de larvas de peces pelágicos de interés comercial

- b) hacer un esfuerzo de coordinación entre los programas de monitoreo de la zona norte y de la zona sur de Chile