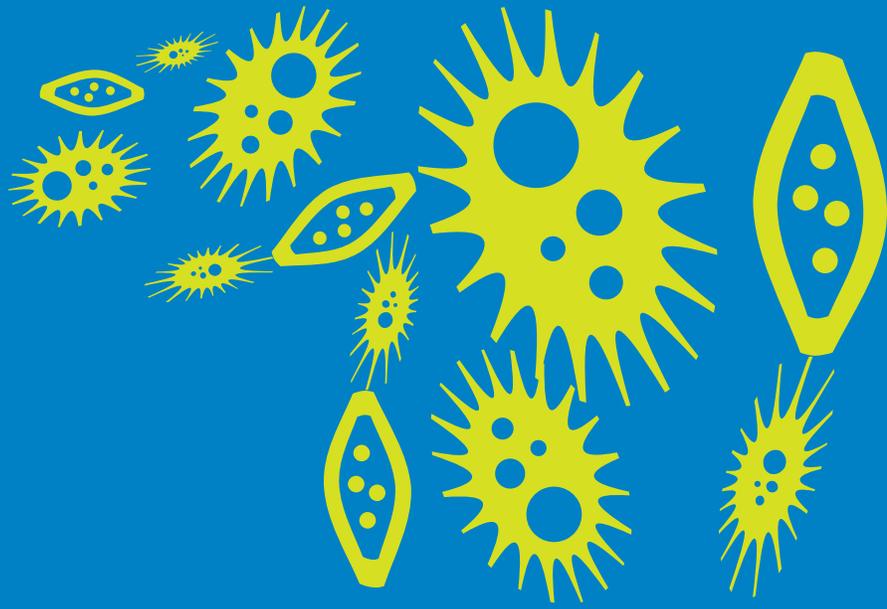


# SalmonChile - Intesal



## ANALISIS DE LA ESTACIONALIDAD DEL FITOPLANCTON NOCIVO EN LA XI REGIÓN

### Programa de Monitoreo de Fitoplancton (PROMOFI)

Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia  
SalmonChile INTESAL (2007–2010)



## ■ INDICE

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN EJECUTIVO   | 4  |
| 1. INTRODUCCION   | 5  |
| 2. METODOLOGIA DE TRABAJO                                     | 6  |
| 3. RESULTADOS   | 10 |
| Distribución espacio temporal de la comunidad fitoplanctónica | 10 |
| Variabilidad espacial fitoplancton año 2007                   | 15 |
| Variabilidad espacial fitoplancton año 2008                   | 16 |
| Variabilidad espacial fitoplancton año 2009                   | 17 |
| Variabilidad espacial fitoplancton año 2010                   | 18 |
| Distribución espacio temporal del fitoplancton nocivo         | 19 |
| 4. DISCUSION  | 41 |
| 5. CONCLUSIONES   | 45 |
| 6. RECOMENDACIONES  | 47 |
| REFERENCIA  | 48 |

## TABLAS Y FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Estaciones de muestreo PROMOFI XI región período 2007–2010   | 06 |
| Figura 1. Variación estacional de la comunidad fitoplanctónica durante un ciclo anual   | 10 |
| Figura 2. Variación estacional de la comunidad fitoplanctónica durante un ciclo anual para cada año de estudio                              | 11 |
| Figura 3. Estacionalidad de la comunidad fitoplanctónica (2007–2010)  | 12 |
| Figura 4. Variabilidad espacial del fitoplancton registrada el año 2007   | 15 |
| Figura 5. Variabilidad espacial del fitoplancton año 2008   | 16 |
| Figura 6. Variabilidad espacial de la comunidad fitoplanctónica año 2009  | 17 |
| Figura 7. Variabilidad espacial de la comunidad fitoplanctónica año 2010  | 18 |
| Figura 8. Variación estacional de <i>Alexandrium catenella</i> (2007–2010)  | 19 |
| Figura 9. Variabilidad espacial de <i>Alexandrium catenella</i> (2007–2010)   | 20 |
| Figura 10. Abundancia integrada de <i>Alexandrium catenella</i> y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre 2007 y 2010  | 21 |
| Figura 11. Variación estacional de <i>Chaetoceros convolutus</i> (2007–2010)  | 22 |
| Figura 12. Variabilidad espacial de <i>Chaetoceros convolutus</i> (2007–2010)   | 23 |
| Figura 13. Abundancia integrada de <i>Chaetoceros convolutus</i> y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre 2007 y 2010 | 24 |
| Figura 14. Variación estacional de <i>Dictyocha speculum</i> (2007–2010)  | 25 |
| Figura 15. Variabilidad espacial de <i>Dictyocha speculum</i> (2007–2010)   | 26 |
| Figura 16. Abundancia integrada de <i>Dictyocha speculum</i> y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre 2007 y 2010     | 27 |
| Figura 17. Variación estacional de <i>Leptocylindrus danicus</i> (2007–2010)  | 28 |
| Figura 18. Variabilidad espacial de <i>Leptocylindrus danicus</i> (2007–2010)   | 29 |
| Figura 19. Abundancia integrada de <i>Leptocylindrus danicus</i> y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre 2007 y 2010 | 30 |
| Figura 20. Variación estacional de <i>Leptocylindrus minimus</i> (2007–2010)  | 31 |
| Figura 21. Variabilidad espacial de <i>Leptocylindrus minimus</i> (2007–2010)   | 32 |
| Figura 22. Abundancia integrada de <i>Leptocylindrus minimus</i> y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre 2007 y 2010 | 33 |
| Figura 23. Variación estacional de <i>Eucampia</i> sp. (2007–2010)  | 34 |
| Figura 24. Variabilidad espacial de <i>Eucampia</i> sp. (2007–2010)   | 35 |
| Figura 25. Abundancia integrada de <i>Eucampia</i> sp. y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre 2007 y 2010           | 36 |
| Figura 26. Variación estacional de <i>Rhizosolenia setigera</i> (2007–2010)   | 37 |
| Figura 27. Variabilidad espacial de <i>Rhizosolenia setigera</i> (2007–2010)  | 38 |
| Figura 28. Abundancia integrada de <i>Rhizosolenia setigera</i> y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre 2007 y 2010  | 39 |
| Figura 29. Distribución espacio temporal de especies nocivas en la XI región entre 2007 y 2010  | 40 |

## ■ RESUMEN EJECUTIVO

Se analizó la estacionalidad del fitoplancton nocivo de la XI región, utilizando los registros históricos del Programa de Monitoreo de Fitoplancton (PROMOFI) del Instituto Tecnológico del Salmón, INTESAL S.A., entre los años 2007 y 2010.

Los resultados indican que la abundancia fitoplanctónica muestra dos contrastantes períodos estacionales durante un ciclo anual: uno de altas abundancias ( $5000\text{--}18000 \cdot 10^3 \text{cél L}^{-1}$ ) que se extiende desde primavera hasta fines de otoño, y otro de mínimas ( $< 2000 \cdot 10^3 \text{cél L}^{-1}$ ), registrado en invierno. Los máximos observados en cada año de estudio fueron principalmente asociados con diatomeas pertenecientes a los géneros *Skeletonema*, *Pseudo-Nitzschia*, *Leptocylindrus*, *Eucampia* y *Rhizosolenia*, destacándose entre éstas *Skeletonema costatum* como la más abundante de todo el período y con mayor presencia en las diferentes estaciones de muestreo. Las floraciones nocivas que se presentaron dentro del período de estudio fueron principalmente asociadas con las especies *Alexandrium catenella*, *Chaetoceros convolutus*, *Dictyocha speculum*, *Leptocylindrus minimus*, *Leptocylindrus danicus*, *Rhizosolenia setigera* y *Eucampia*.

Tanto en forma estacional (primavera, verano, otoño e invierno) como espacial (Barrios), se registran distintos conglomerados de especies fitoplanctónicas nocivas. La distribución de las especies revela que durante condiciones de invierno–primavera, y principalmente hacia el interior de la zona de canales y fiordos, la mayor aparición de diatomeas nocivas corresponde a *Dictyocha speculum*, *Leptocylindrus minimus* y *Chaetoceros convolutus*. En verano se registran mayoritariamente las diatomeas *Rhizosolenia setigera* en la zona norte de canales y fiordos y *Leptocylindrus danicus* en la zona del Fiordo Aysén (tanto el área estuarina como la zona oceánica). En este mismo período, aunque en forma bastante ocasional, se constata la presencia del dinoflagelado *Alexandrium catenella* en la zona oceánica frente al Canal Puyuhuapi. En otoño, sólo las diatomeas del género *Eucampia* aparecen dominando la comunidad fitoplanctónica, principalmente en el área estuarina y oceánica del sector del Fiordo Aysén. Se destaca que las diatomeas *Leptocylindrus minimus* y aquellas pertenecientes al género *Eucampia*, presentaron máximas abundancias dentro del período de estudio, indicando que fácilmente pueden dominar la comunidad fitoplanctónica por sobre otras especies.

Dada la alta variabilidad interanual en la magnitud e inicio de una floración, los blooms fitoplanctónicos son difíciles de predecir. No obstante, el análisis de series de tiempo permite establecer ciertos patrones de comportamiento en la dinámica de la comunidad fitoplanctónica.

## ■ 1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de las algas microscópicas que componen el fitoplancton son inofensivas y juegan un importante rol en el secuestro de CO<sub>2</sub> atmosférico y su transporte hacia aguas profundas (Eppley & Peterson, 1979). No obstante, existen algunas especies que debido a la producción de toxinas o a su forma estructural, pueden causar importantes problemas en salmónidos cultivados, en la explotación de recursos bentónicos y/o en la salud de la población humana, principalmente cuando éstas aumentan su biomasa poblacional en la columna de agua (floración).

Una floración de fitoplancton es un fenómeno natural, producto del crecimiento y agregación de células, con una dominancia ocasional de una especie en la columna de agua. Este proceso biológico es el resultado de una serie de complejas interacciones entre variables físicas, químicas y biológicas. Aunque la secuencia exacta de los forzantes que propagan una floración nociva aún no ha sido totalmente entendida, existe consenso en que una floración se relaciona principalmente con anomalías de variables oceanográficas y meteorológicas tales como temperatura, salinidad, concentración de nutrientes, estratificación, influencia de vientos y/o corrientes (Anderson et al., 1995; Vila et al., 2001; Cembella et al., 2005).

Los episodios nocivos de origen fitoplanctónico son una amenaza cada vez más importante a nivel mundial (Martin et al., 2007), con efectos variados, que pueden actuar de forma directa o indirecta, ya que alteran las características del medio, producen daño físico por contacto en branquias de peces cultivados y/o los afectan por medio de la producción de toxinas.

En diversas regiones del mundo, incluyendo Chile, las Floraciones de Algas Nocivas (FAN) están relacionadas con la presencia de especies con características estructurales, que afectan negativamente a los peces en cautiverio. Los principales responsables de este tipo de daño son las diatomeas. Estas microalgas se caracterizan entre otros aspectos, por poseer un frústulo o caparazón silícico que no sólo es muy resistente, sino que en muchas ocasiones está provisto de prolongaciones, espinas o espículas que pueden dañar principalmente los tejidos branquiales. El frústulo de la diatomea *Chaetoceros convolutus*, presenta quetas o prolongaciones que están recubiertas de finas espículas que producen daños en las branquias de diversos peces (Horner et al., 1990). Este mismo efecto lo provocan los flagelados del género *Dictyocha* (Erard-Le Denn & Ryckert, 1990; Prego et al., 1998), que presentan un esqueleto silícico con diversas espinas. En otros casos, como *Leptocylindrus minimus*, *Leptocylindrus danicus* y *Rhizosolenia setigera*, la forma y rigidez estructural del frústulo obstruye las branquias de los peces, limitando la superficie para el intercambio gaseoso (Clément et al., 1994; Sunesen et al., 2009). De acuerdo a la información bibliográfica recopilada, los géneros *Skeletonema* y *Eucampia* no han sido reportados como nocivos, aunque en altas concentraciones son relacionadas generalmente con altos niveles de stress y mortalidades de peces de cultivo (Martin et al., 2007, Clément et al 2010). Por otro lado, se encuentran los fitoplanctones *Alexandrium catenella* y *Heterosigma akawashiwo*, capaces de producir toxinas que fácilmente pueden ingresar al organismo del pez (Anderson et al., 2001; Tang and Au, 2004, Fuentes et.al. 2008; Mardones et. al. 2010).

En la XI región en más de una oportunidad se han producido floraciones de algas nocivas de varias de las microalgas anteriormente descritas. Entender la dinámica del fitoplancton y especialmente de las especies nocivas, es fundamental para pronosticar su ocurrencia e impacto. En el presente informe se analiza la estacionalidad del fitoplancton nocivo de la XI región entre los años 2007–2010.

## 2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En la XI región el Programa de Monitoreo de Fitoplancton (PROMOFI), cuenta con 20 estaciones de monitoreo vinculadas a centros de cultivos de peces, pertenecientes a empresas asociadas a SalmonChile. Anualmente PROMOFI define un número de estaciones de monitoreo por empresa y Agrupación de Concesiones. La Tabla 1 muestra las distintas estaciones de muestreo que fueron monitoreadas durante cada año de estudio.

| ESTACIÓN       | EMPRESA                 | SECTOR | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|----------------|-------------------------|--------|------|------|------|------|
| Bután 1        | Acuinova Chile          | E      |      |      |      |      |
| Bután 2        | Acuinova Chile          | E      |      |      |      |      |
| Bután 3        | Acuinova Chile          | E      |      |      |      |      |
| Bután 5        | Acuinova Chile          | E      |      |      |      |      |
| Bután 10       | Acuinova Chile          | E      |      |      |      |      |
| Centro Cosecha | Acuinova Chile          | D      |      |      |      |      |
| Lyng 1         | Acuinova Chile          | E      |      |      |      |      |
| Quitralco 1    | Acuinova Chile          | F      |      |      |      |      |
| Quitralco 2    | Acuinova Chile          | F      |      |      |      |      |
| Quitralco 3    | Acuinova Chile          | F      |      |      |      |      |
| Quitralco 6    | Acuinova Chile          | F      |      |      |      |      |
| Quitralco 7    | Acuinova Chile          | F      |      |      |      |      |
| Tortuga        | Acuinova Chile          | D      |      |      |      |      |
| Vicuña 1       | Acuinova Chile          | E      |      |      |      |      |
| Vicuña 3       | Acuinova Chile          | E      |      |      |      |      |
| Abd El Krim    | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Caleta Madina  | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Coca 2         | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Jesús Sur 3    | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Lalalca        | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Marchant       | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Pangal 1       | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Pangal 2       | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Puerto Español | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Tránsito 1     | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Tránsito 2     | AquaChile               | C      |      |      |      |      |
| Duncan         | Cultivos Marinos Chiloé | A      |      |      |      |      |
| Isla Gama      | Cultivos Marinos Chiloé | A      |      |      |      |      |
| Macetero       | Cultivos Marinos Chiloé | A      |      |      |      |      |
| Sector 3       | Cultivos Marinos Chiloé | A      |      |      |      |      |
| Seno Gennell   | Cultivos Marinos Chiloé | A      |      |      |      |      |

Tabla 1. Estaciones de muestreo PROMOFI XI región periodo 2007–2010. Los sectores de monitoreo corresponden a las siguientes zonas geográficas: A=Canal Jacaf, B=Canal Puyuhuapi, C=Océánico frente a Canal Puyuhuapi, D=Fiordo Aysén, E=Océánico frente a Fiordo Aysén y F=Estero Cupuelán.

| ESTACIÓN         | EMPRESA          | SECTOR | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|------------------|------------------|--------|------|------|------|------|
| Ballena 1        | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Ballena 3        | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Ballena 4        | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Garrao Chico     | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Huillines 2      | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Huillines 3      | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Mentas 1         | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Mentas 2         | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Mentirosa 1      | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Mentirosa 2      | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Mentirosa 3      | Cupquellán       | F      |      |      |      |      |
| Level 2          | El Golfo         | C      |      |      |      |      |
| Orestes          | El Golfo         | E      |      |      |      |      |
| Punta Quintana   | El Golfo         | E      |      |      |      |      |
| Punta Rouse      | El Golfo         | E      |      |      |      |      |
| Sureste Forsyth  | El Golfo         | C      |      |      |      |      |
| Aysén 1          | Frío Sur         | D      |      |      |      |      |
| Aysén 4          | Frío Sur         | D      |      |      |      |      |
| Chaculay         | Frío Sur         | D      |      |      |      |      |
| Elena            | Frío Sur         | D      |      |      |      |      |
| Elefante         | Frío Sur         | E      |      |      |      |      |
| I. Grupo Herrera | Frío Sur         | D      |      |      |      |      |
| Nevenka          | Frío Sur         | E      |      |      |      |      |
| Quemada 1        | Frío Sur         | E      |      |      |      |      |
| Quemada 2        | Frío Sur         | E      |      |      |      |      |
| Renaico          | Frío Sur         | E      |      |      |      |      |
| Victoria         | Frío Sur         | E      |      |      |      |      |
| Punta Ganso      | GM Tornagaleones | B      |      |      |      |      |
| Punta Krauss     | GM Tornagaleones | B      |      |      |      |      |
| Isla Dring 1     | Itata            | E      |      |      |      |      |
| Isla Dring 2     | Itata            | E      |      |      |      |      |

Tabla 1. Continuación Estaciones de muestreo PROMOFI XI región período 2007–2010.

| ESTACIÓN        | EMPRESA            | SECTOR | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-----------------|--------------------|--------|------|------|------|------|
| Amparo Chico    | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Amparo Grande   | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Angostura       | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Bahía Anita     | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Casapesca       | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Catalina        | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Estero Blanco   | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Estero Nieto    | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Estero Soto     | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Graffer         | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Marta           | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Martina         | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Nueva Esperanza | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Punta de Ganso  | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Punta Paredes   | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Seno Vera       | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Tortuga         | Los Fiordos        | B      |      |      |      |      |
| Caniglia 2      | Mainstream         | E      |      |      |      |      |
| Churrecue       | Mainstream         | D      |      |      |      |      |
| Islote Pangal   | Mainstream         | E      |      |      |      |      |
| Melchor         | Mainstream         | E      |      |      |      |      |
| Punta Victoria  | Mainstream         | D      |      |      |      |      |
| Tránsito        | Mainstream         | E      |      |      |      |      |
| Vesubio         | Mainstream         | E      |      |      |      |      |
| Weste Isla Luz  | Mainstream         | E      |      |      |      |      |
| Punta Duncan    | Marine Harvest     | A      |      |      |      |      |
| Allan           | Multiexport        | E      |      |      |      |      |
| Angostura       | Multiexport        | E      |      |      |      |      |
| Guapo           | Multiexport        | E      |      |      |      |      |
| Marcacci        | Multiexport        | E      |      |      |      |      |
| Mayhew          | Multiexport        | E      |      |      |      |      |
| Wickham         | Multiexport        | E      |      |      |      |      |
| Williams        | Multiexport        | E      |      |      |      |      |
| Acantilada      | Salmones Antártica | D      |      |      |      |      |
| Islote Bonito   | Salmones Antártica | D      |      |      |      |      |
| Punta Angosta   | Salmones Antártica | D      |      |      |      |      |
| Punta Mano      | Salmones Antártica | D      |      |      |      |      |
| Punta Morro     | Salmones Antártica | D      |      |      |      |      |
| Punta Petiso    | Salmones Antártica | D      |      |      |      |      |

Tabla 1. Continuación Estaciones de muestreo PROMOFI XI región período 2007-2010.

En cada estación de monitoreo y con una frecuencia de aproximadamente 10 días, se obtuvieron muestras de tres profundidades estándares de la columna de agua (superficie, 5 y 10 m). Por cada muestra se tomó una alícuota de 1 mL que fue instalada en una cámara de sedimentación, dejándola sedimentar por 2 horas (Utermöhl 1958). Posteriormente, la muestra fue analizada con un aumento de 40X bajo microscopio invertido (Carl Zeiss, Axio Observer A.1). El análisis de las muestras fue realizado en el laboratorio de fitoplancton del Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP).

La base de datos recopilada durante el período de estudio fue analizada en forma estacional y espacial. En forma estacional la abundancia se presenta como el promedio mensual obtenido en cada sector de muestreo. En forma espacial la data se muestra como la abundancia obtenida en cada estación de muestreo. Para evaluar las posibles asociaciones entre las especies fitoplanctónicas nocivas con los distintos períodos del año (primavera, verano, otoño, invierno) y/o con el área geográfica (Sector A, B, C, D, E y F) de la zona de estudio, se realizó un análisis de correspondencia múltiple (ACM). Este se llevó a cabo utilizando el programa Statistica 7.0 (StatSoft). El ACM es una técnica estadística descriptiva que permite analizar desde un punto de vista gráfico las relaciones de un conjunto de variables. La mayor o menor distancia entre los puntos representados reflejan relaciones de dependencia y semejanza.

Antes del análisis, los valores de abundancia de fitoplancton fueron transformados logarítmicamente [ $\ln(x + 1)$ ]. Las abundancias corresponden al valor integrado de la columna de agua hasta 10 m de profundidad, que fue expresado a través del texto como  $N^{\circ} * 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ .

## 3. RESULTADOS

### DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA

El patrón estacional del fitoplancton del área de estudio se caracterizó por registrar altas abundancias en el período primavera-verano-otoño y menores concentraciones durante invierno (Fig. 1). Los máximos valores promedio integrados en la columna de agua fueron observados en marzo ( $13433 \cdot 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ ) y diciembre ( $17513 \cdot 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ ); mientras que mínimas promedio por debajo de las  $2000 \cdot 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ , destacan principalmente en los meses de junio, julio y agosto (Fig. 1).

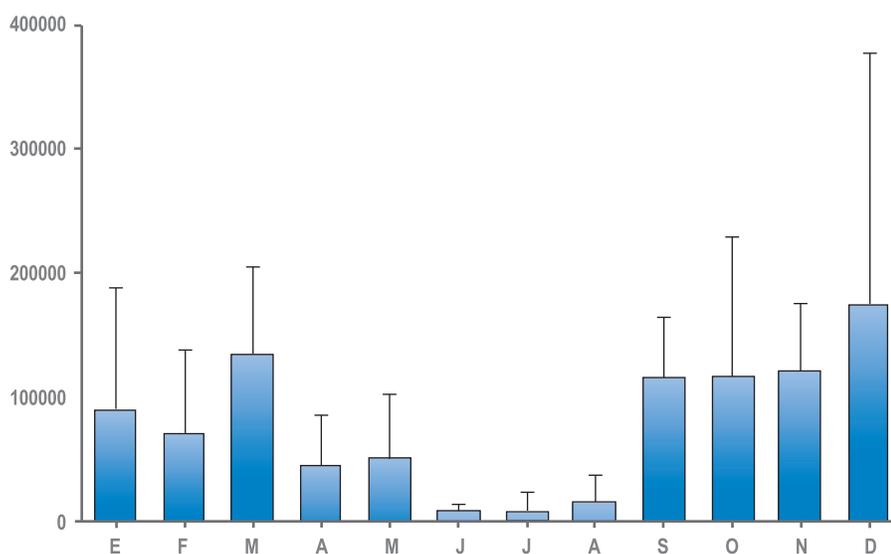


Fig.1. Variación estacional de la abundancia integrada de la comunidad fitoplanctónica durante un ciclo anual. Los valores corresponden a la abundancia integrada promedio de cada mes en los distintos sectores de muestreo (sector Canal Jacaf, sector Canal Puyuhuapi, sector Océánico frente a Canal Puyuhuapi, sector Fiordo Aysén, sector Océánico frente a Fiordo Aysén y sector Estero Cupquelán).

Las abundancias promedio de cada año de muestreo no presentaron diferencias significativas, indicando que no existe una tendencia al aumento o disminución de la concentración de fitoplancton en el área de estudio. No obstante, se destaca que durante el período de altas abundancias (septiembre-marzo) y principalmente en los años 2008 y 2010, existe un amplio rango de variación alrededor de la media mensual (Fig. 2).

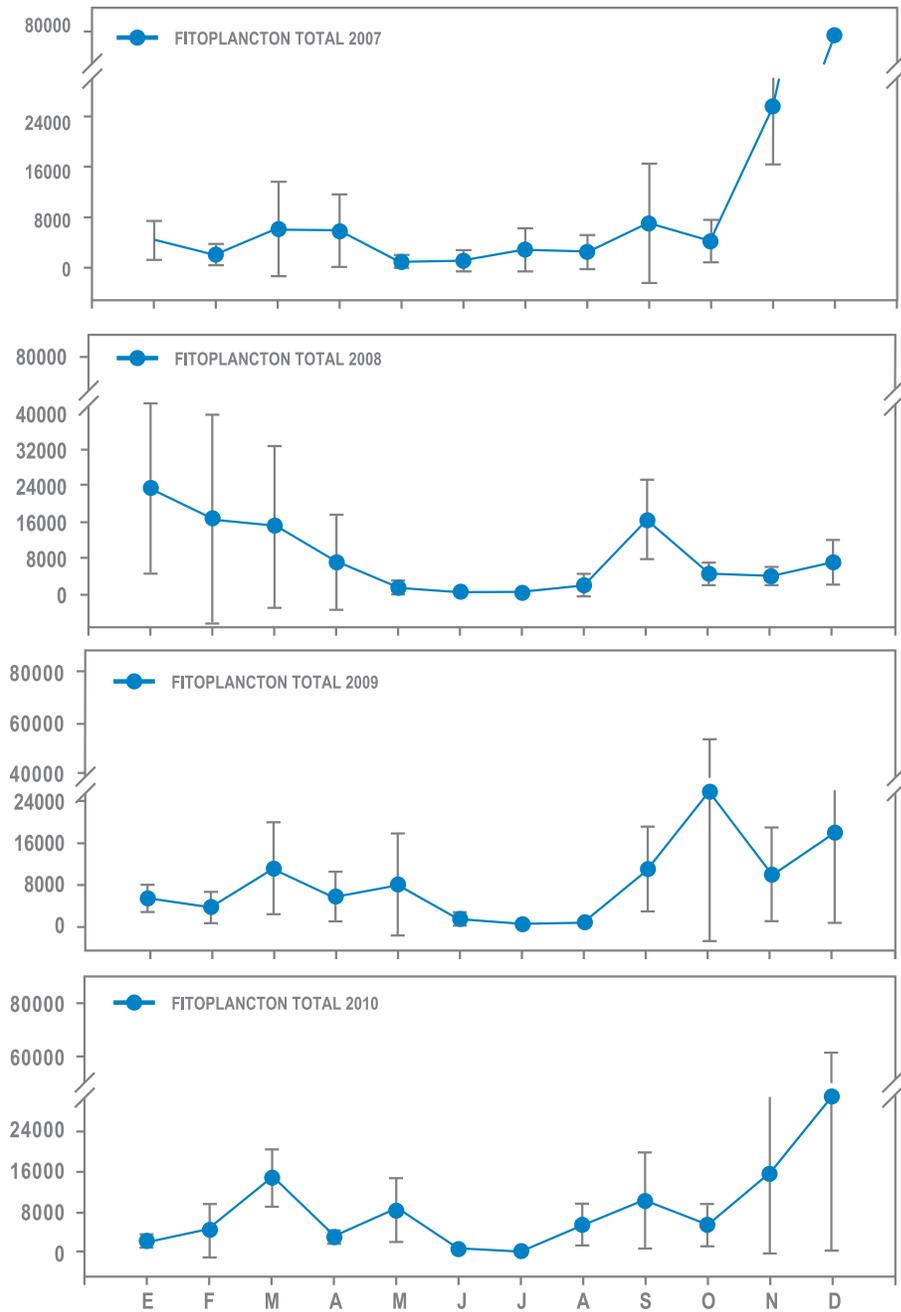


Figura 2. Variación estacional de la abundancia integrada promedio de la comunidad fitoplanctónica durante un ciclo anual para cada período de estudio.

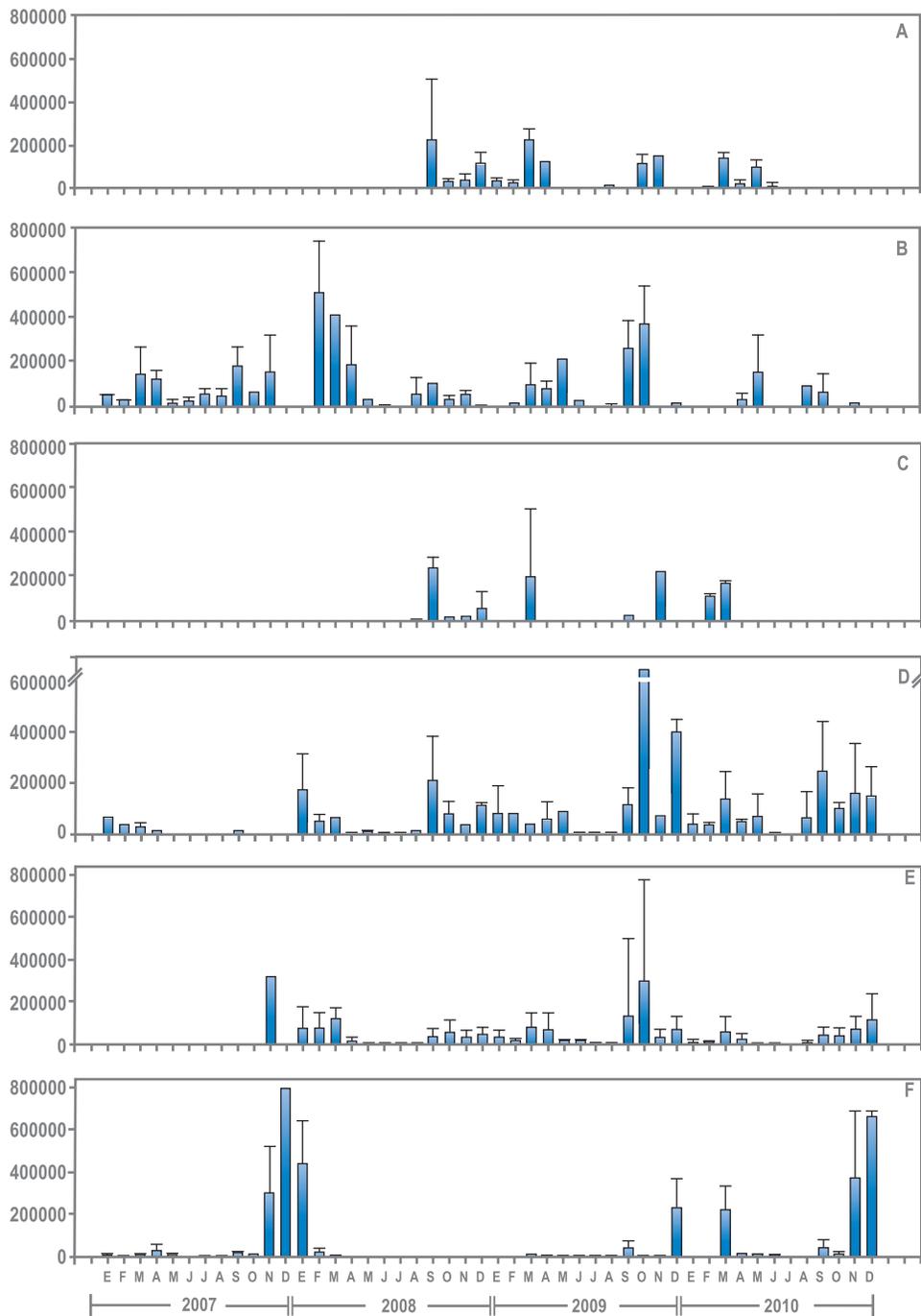


Figura 3. Estacionalidad de la abundancia integrada promedio de la comunidad fitoplanctónica (2007–2010) en los sectores de monitoreo: A=Canal Jacaf, B=Canal Puyuhuapi, C=Océanico frente a Canal Puyuhuapi, D=Fiordo Aysén, E=Océanico frente a Fiordo Aysén y F=Estero Cupuelán.

### Sector A

La comunidad fitoplanctónica del sector de monitoreo del **Canal Jacaf** estuvo principalmente representada por especies pertenecientes a los géneros *Skeletonema*, *Pseudo-Nitzschia*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* y *Leptocylindrus*. Los máximos registrados en septiembre 2008 y marzo 2009 (Fig. 3A), estuvieron asociados con la alta presencia de las especies del género *Skeletonema*; mientras que el máximo del mes de marzo 2009 se relacionó con los altos niveles que presentaron las especies del género *Pseudo-Nitzschia*. En ambos casos las especies dominantes de la comunidad contribuyeron con concentraciones >50% de la abundancia total de fitoplancton. En este sector de monitoreo no se obtuvieron muestras durante el período de invierno.

### Sector B

La comunidad fitoplanctónica del sector de monitoreo del **Canal Puyuhuapi** estuvo principalmente representada por las especies de los géneros *Skeletonema*, *Pseudo-Nitzschia*, *Thalassiosira*, *Rhizosolenia* y *Leptocylindrus*. Los máximos registrados para cada año (Fig. 3B) fueron asociados a las especies de los géneros *Pseudo-Nitzschia* y *Skeletonema*. Estas especies presentaron sus mayores abundancias entre marzo–abril y septiembre–octubre, respectivamente. Las bajas concentraciones de invierno estuvieron lideradas principalmente por la presencia de *Leptocylindrus*. Se destacan las altas abundancias que mostró *Heterocapsa* sp. hacia fines de abril 2009.

### Sector C

La comunidad fitoplanctónica del sector de monitoreo **oceánico frente al Canal Puyuhuapi** estuvo representada por las especies de los géneros *Skeletonema*, *Pseudo-Nitzschia*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros* y *Eucampia*. Los monitoreos fueron realizados principalmente durante el período primavera–verano y los máximos registrados (Fig. 3C) estuvieron asociados a las especies de *Skeletonema* (septiembre 2008), *Pseudo-Nitzschia* (noviembre 2009) y *Eucampia* (marzo 2010).

### Sector D

La comunidad fitoplanctónica del sector de monitoreo del **Fiordo Aysén** estuvo esencialmente representada por las especies de los géneros *Skeletonema*, *Pseudo-Nitzschia*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros*, *Leptocylindrus* y *Eucampia*. Los máximos durante el período de estudio se registraron principalmente en primavera–verano (Fig. 3D) y fueron asociados con la dominancia de las especies de *Skeletonema* en septiembre 2008, octubre 2009 y septiembre 2010. Se destaca para marzo–abril 2010 el máximo de otoño, liderado por *Eucampia*. Para el período invernal y hacia la cabeza del fiordo, sobresalen las mayores abundancias que entregaron distintas especies de flagelados.

## Sector E

La comunidad fitoplanctónica del sector de monitoreo **oceánico frente al Fiordo Aysén** estuvo representada principalmente por las especies de los géneros *Skeletonema*, *Pseudo-Nitzschia*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros*, *Leptocylindrus* y *Eucampia*. Los máximos de primavera–verano (Fig. 3E) fueron asociados con las mayores concentraciones que presentaron los géneros *Skeletonema* y *Rhizosolenia* (octubre 2009) y la especie *Leptocylindrus minimus* (diciembre 2007). Los máximos de otoño fueron en marzo 2008 y 2009 (Fig. 3E), donde la comunidad fitoplanctónica fue dominada por *Eucampia*. Durante el invierno el mayor aporte a la abundancia total de fitoplancton fue sostenido por especies pennadas y flagelados.

## Sector F

La comunidad fitoplanctónica del sector de monitoreo del **Estero Cupquelán** estuvo representada por las especies de los géneros *Skeletonema*, *Leptocylindrus*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros*, *Melosira* y *Heterocapsa*. Los máximos para el período de estudio fueron en primavera–verano (Fig. 3F) y estuvieron relacionados con *Leptocylindrus minimus* (noviembre–diciembre 2007), además de los géneros *Skeletonema* (enero 2008 y diciembre 2009–2010), *Heterocapsa* (diciembre 2009) y *Thalassiosira* (noviembre 2010). El único máximo que se registró en otoño fue en marzo de 2010 (Fig. 3F), donde el fitoplancton nuevamente fue dominado por especies del género *Skeletonema*. Durante los meses de invierno no se obtuvieron muestras desde este sector de monitoreo.

### VARIABILIDAD ESPACIAL FITOPLANCTON AÑO 2007

Las mayores abundancias fueron registradas en el Canal Puyuhuapi (Sector B), Aysén oceánico (Sector E) y Estero Cupquelán (Sector F) (Fig. 4). El máximo del Canal Puyuhuapi estuvo dominado por especies del género *Skeletonema*. En Aysén oceánico y Estero Cupquelán las altas concentraciones estuvieron dominadas por *Leptocylindrus minimus*.

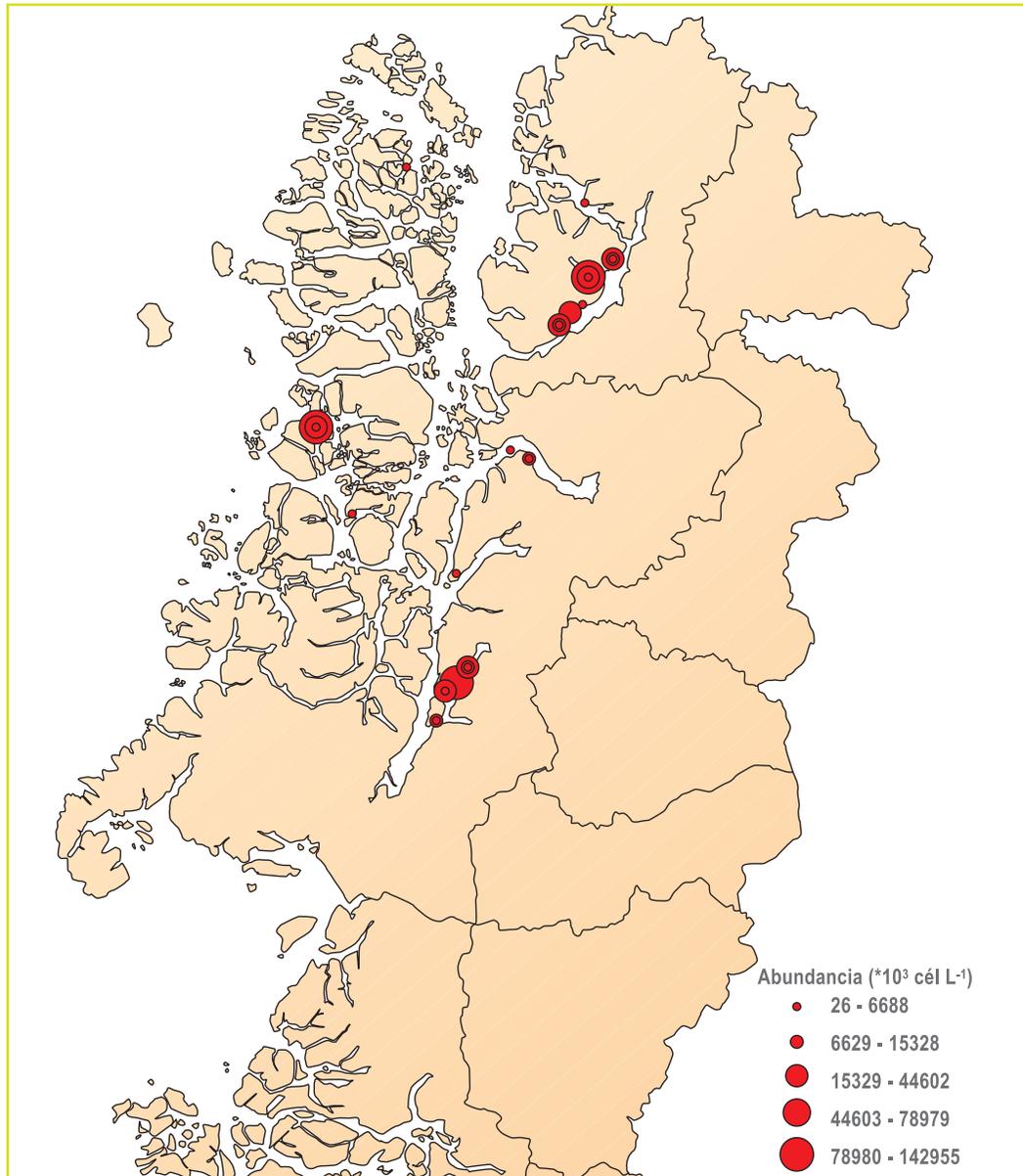


Figura 4. Variabilidad espacial de la comunidad fitoplanctónica registrada durante el año 2007. Los valores corresponden a la abundancia total integrada que se registró en cada una de las estaciones de monitoreo.

### VARIABILIDAD ESPACIAL FITOPLANCTON AÑO 2008

Las mayores abundancias fueron registradas en Canal Puyuhuapi (Sector B), Fiordo Aysén (Sector D) y Estero Cupquelán (Sector F) (Fig. 5). Los máximos observados en Canal Puyuhuapi estuvieron asociados principalmente con la dominancia del género *Skeletonema* y *Pseudo-Nitzschia*, mientras que las altas concentraciones en el Fiordo Aysén y Estero Cupquelán estuvieron solamente dominadas por células del género *Skeletonema*.

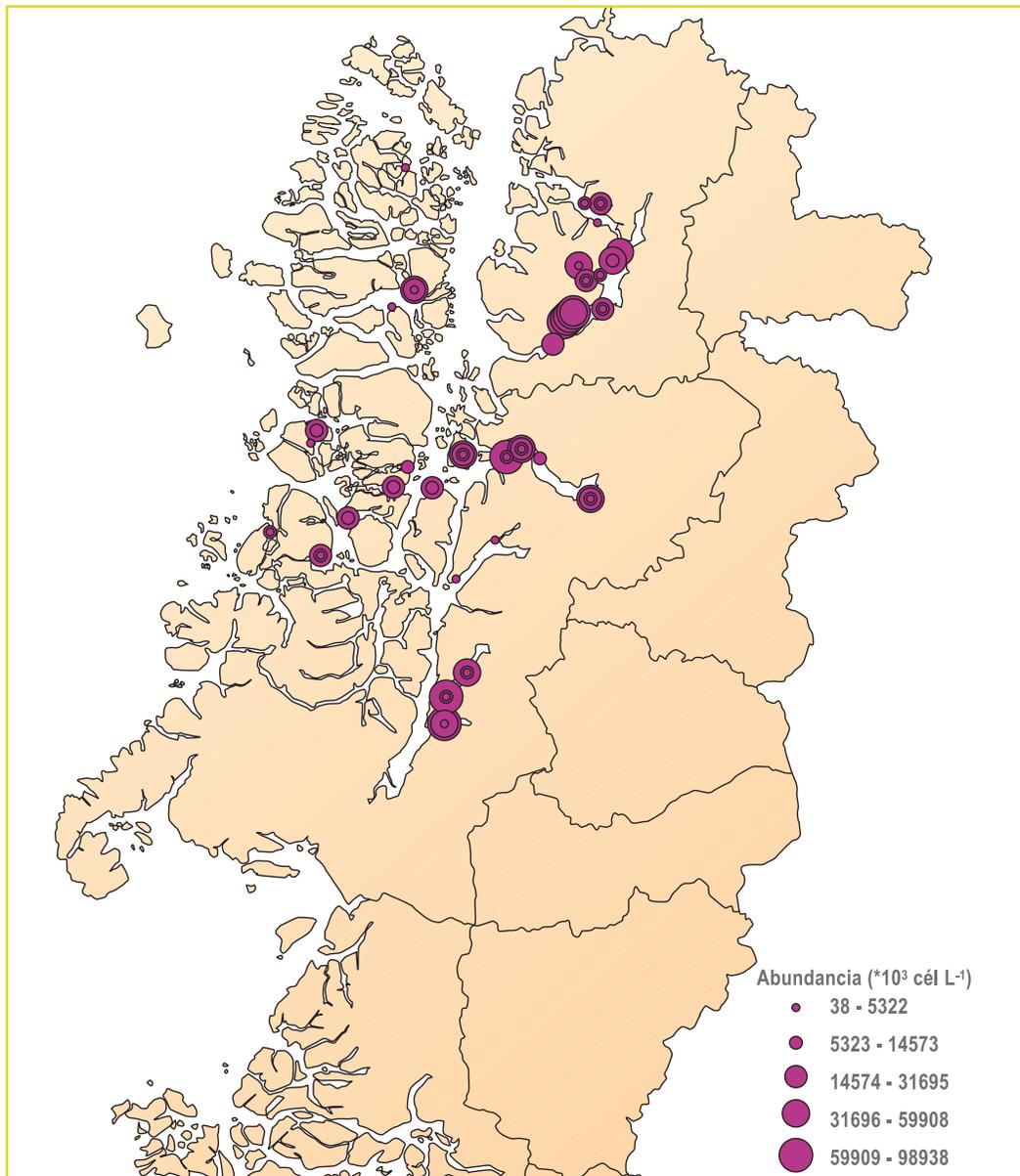


Figura 5. Variabilidad espacial de la comunidad fitoplanctónica registrada durante el año 2008. Los valores corresponden a la abundancia total integrada que se registró en cada una de las estaciones de monitoreo.

### VARIABILIDAD ESPACIAL FITOPLANCTON AÑO 2009

Las mayores abundancias fueron constatadas en el Canal Puyuhuapi (sector B) y en la boca del Fiordo Aysén (Sector D) (Fig. 6). Los máximos que registraron ambos sectores estuvieron asociados principalmente con la dominancia de especies del género *Skeletonema*.

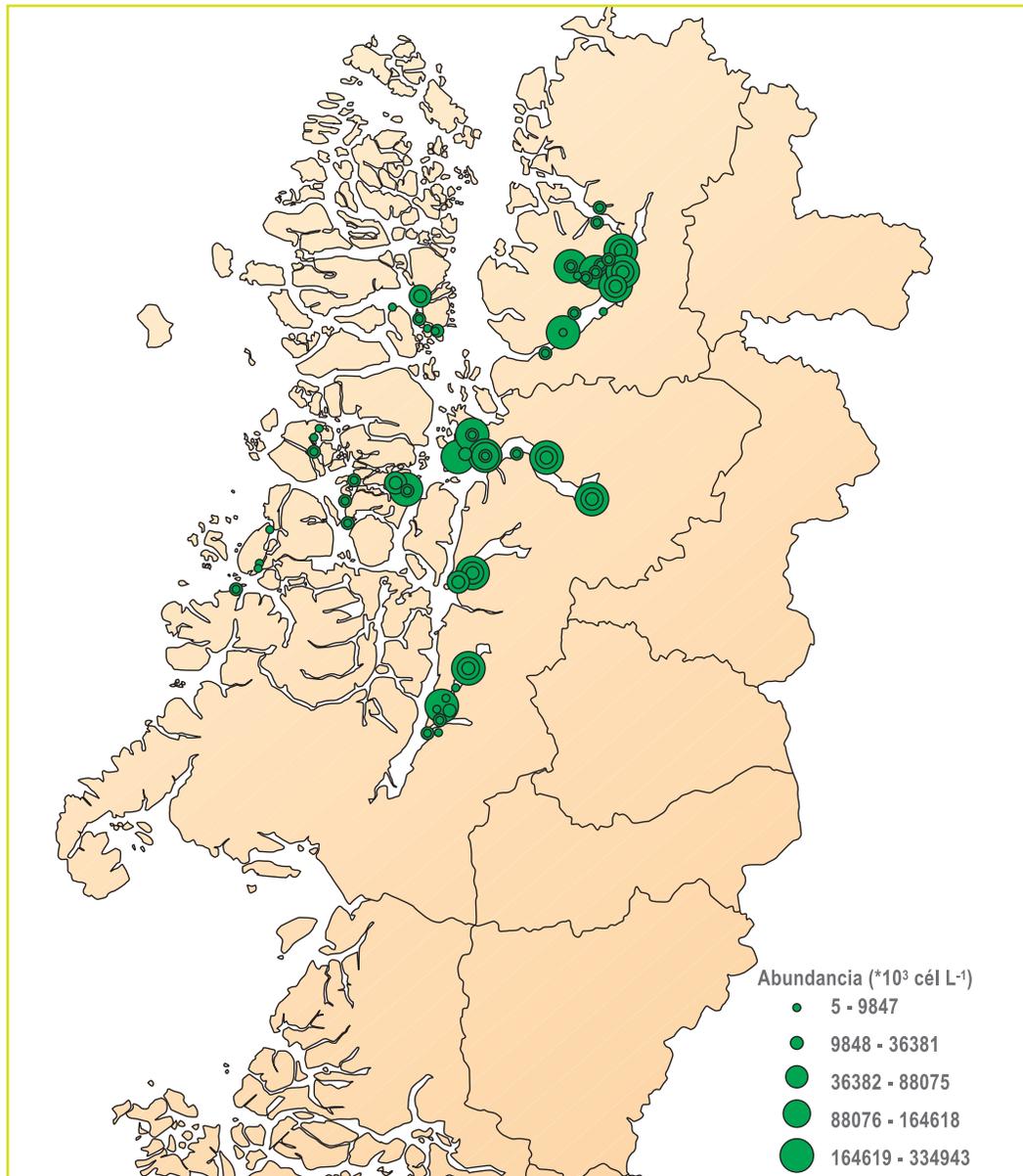


Figura 6. Variabilidad espacial de la comunidad fitoplanctónica registrada durante el año 2009. Los valores corresponden a la abundancia total integrada que se registró en cada una de las estaciones de monitoreo.

## VARIABILIDAD ESPACIAL FITOPLANCTON AÑO 2010

Las mayores abundancias obtenidas fueron registradas en el Canal Puyuhuapi (Sector B), en el Fiordo Aysén (Sector D) y en el Estero Cupquelán (Sector F) (Fig. 7). Los máximos que alcanzó el sector del Canal Puyuhuapi estuvieron principalmente asociados con la presencia de especies pertenecientes a los géneros *Skeletonema* y *Pseudo-Nitzschia*. En el Fiordo Aysén y Estero Cupquelán nuevamente fueron las especies del grupo *Skeletonema* las que dominaron la comunidad fitoplanctónica.

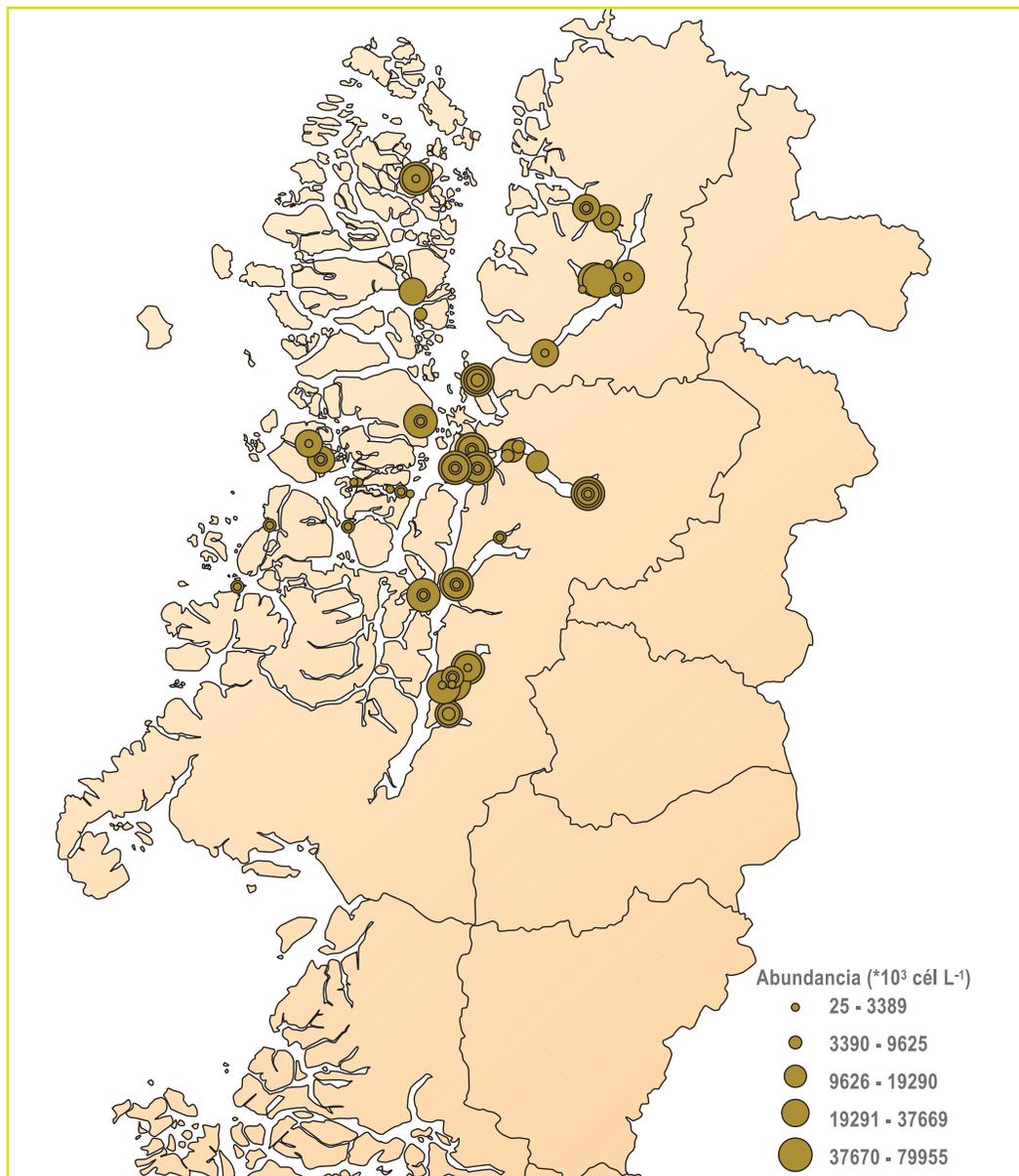


Figura 7. Variabilidad espacial de la comunidad fitoplanctónica registrada durante el año 2010. Los valores corresponden a la abundancia total integrada que se registró en cada una de las estaciones de monitoreo.

## DISTRIBUCIÓN ESPACIO TEMPORAL DEL FITOPLANCTON NOCIVO

### 1. *Alexandrium catenella*

Durante el período de estudio *A. catenella* estuvo presente en forma bastante ocasional en los sectores de monitoreo de la XI región (Fig. 8). Sólo fue registrada en época de verano, especialmente en marzo de 2009, mostrando máximas concentraciones que superaron en promedio las 1000 \*10<sup>3</sup> cél L<sup>-1</sup>.

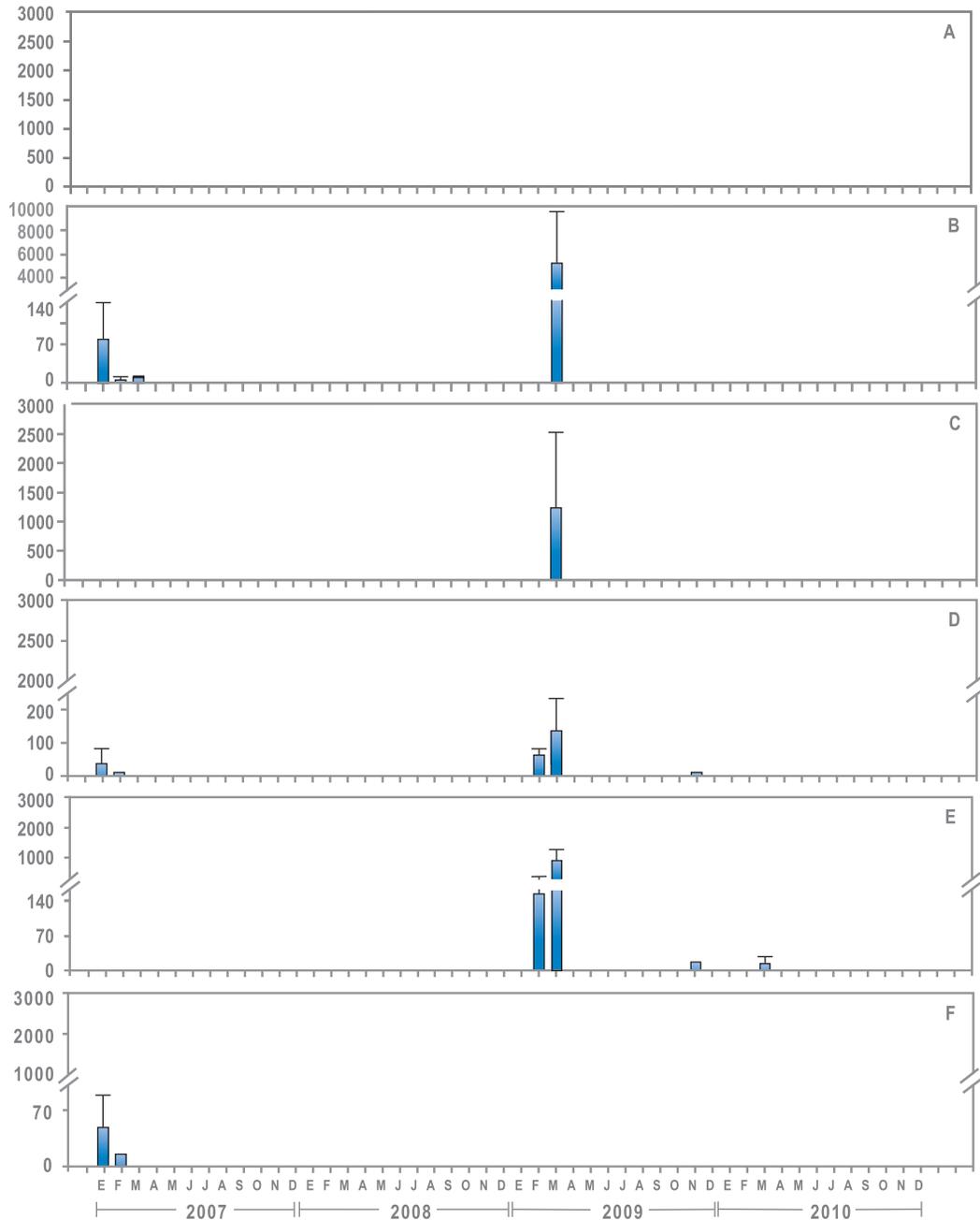


Figura 8. Variación estacional de la abundancia integrada promedio de *A. catenella* (2007–2010) en los sectores: A=Canal Jacaf, B=Canal Puyuhuapi, C=Océanico frente a Canal Puyuhuapi, D=Fiordo Aysén, E=Océanico frente a Fiordo Aysén y F=Estero Cupquelán. La barra blanca corresponde a un muestreo del CIEP (proyecto FONDECYT 1070713) realizado en el área del Canal Puyuhuapi.

La distribución espacial de *A. catenella* fue principalmente registrada en la zona del Canal Puyuhuapi (Zona B) y la zona oceánica frente a esta área (Zona C) (Fig. 9).

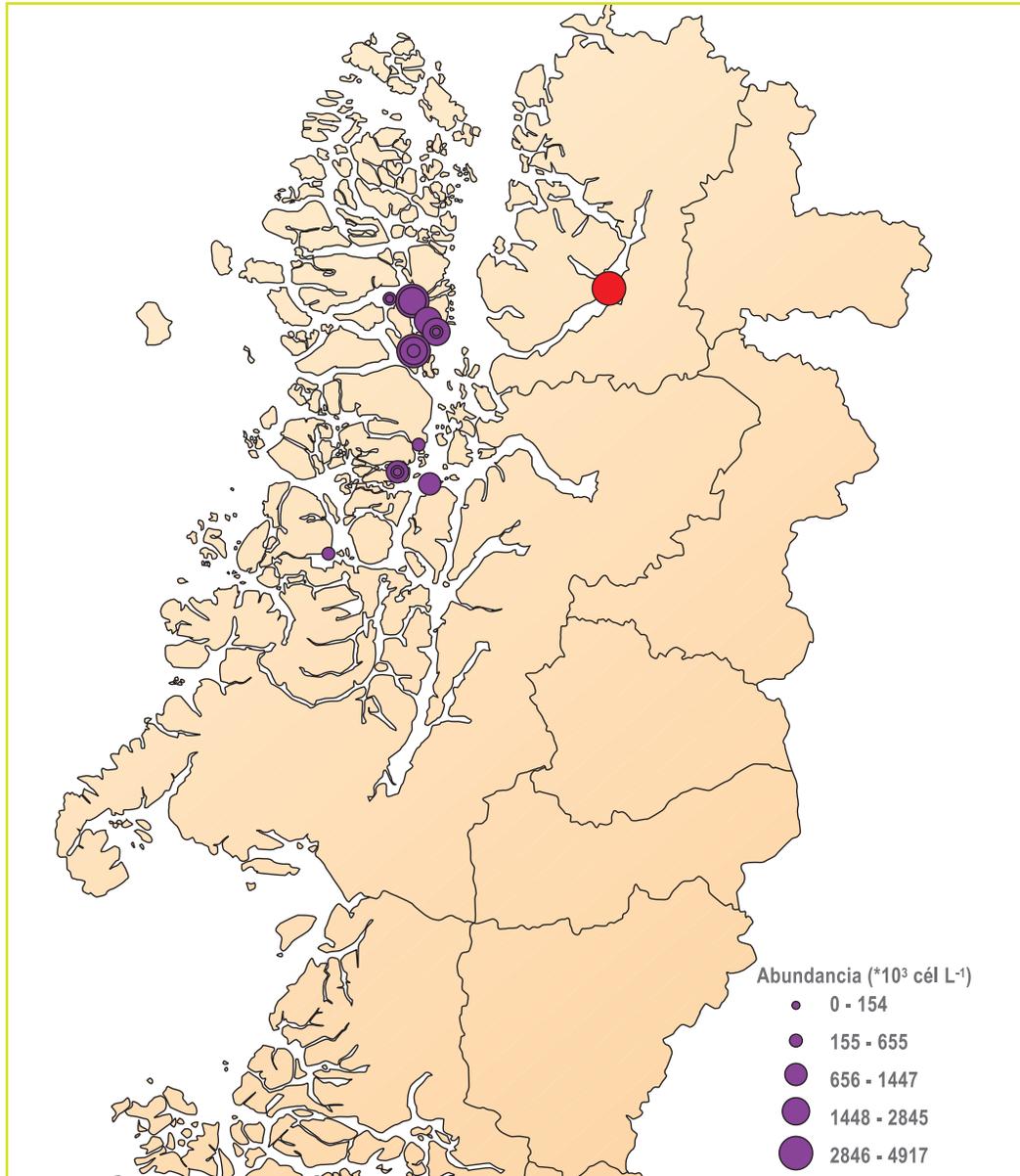


Figura 9. Variabilidad espacial de la abundancia integrada de *A. catenella* (2007–2010) en cada una de las estaciones monitoreadas. La abundancia destacada en rojo forma parte de un muestreo del CIEP (proyecto FONDECYT 1070713) realizado en el área del Canal Puyuhuapi.

Las mayores abundancias de *A. catenella* estuvieron relacionadas con temperaturas del orden de los 12 °C y salinidades mayores a 30 PSU (Fig. 10).

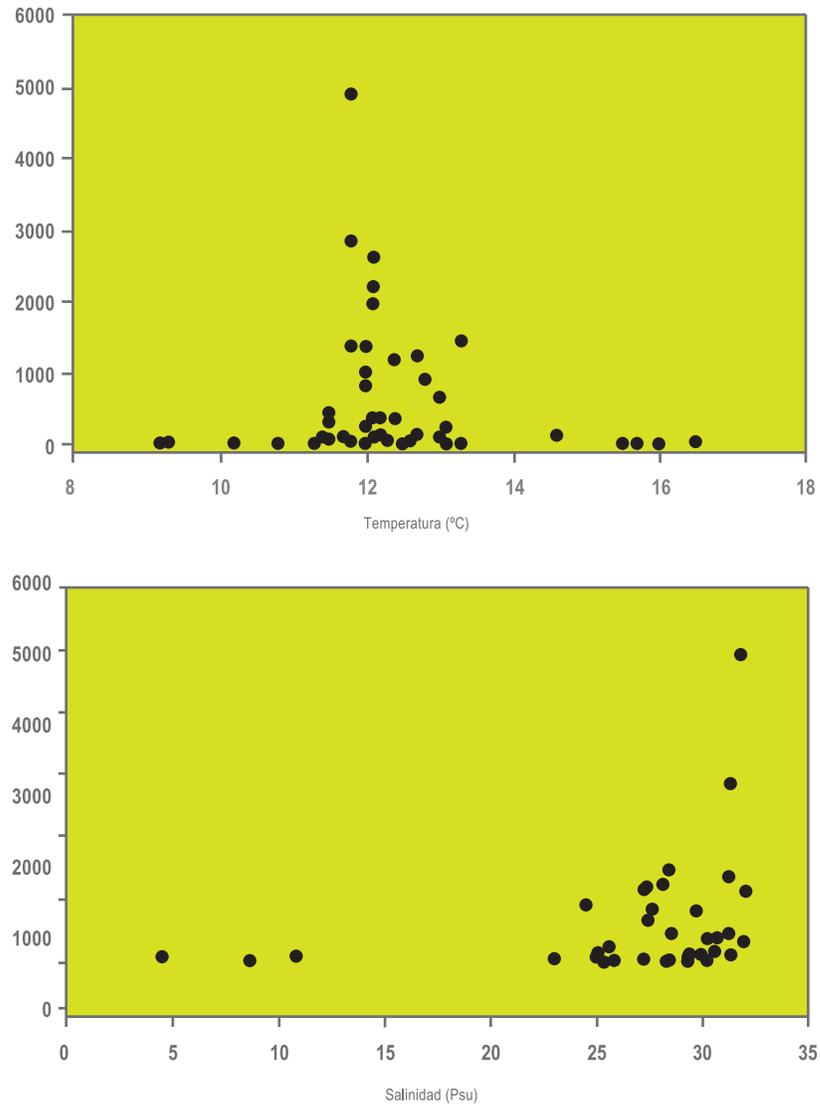


Figura 10. Abundancia integrada de *A. catenella* y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre los años 2007 y 2010.

## 2. *Chaetoceros convolutus*

Durante el período de estudio *Ch. convolutus* estuvo presente en forma bastante ocasional en los sectores de monitoreo de la XI región (Fig. 11). No registró un patrón estacional definido y sus concentraciones fueron homogéneas en el área de muestreo (Fig. 12). El máximo destacó en la boca del Fiordo Aysén (Sector D) con concentraciones promedio que no superaron las  $60 \cdot 10^3$  cél L<sup>-1</sup>.

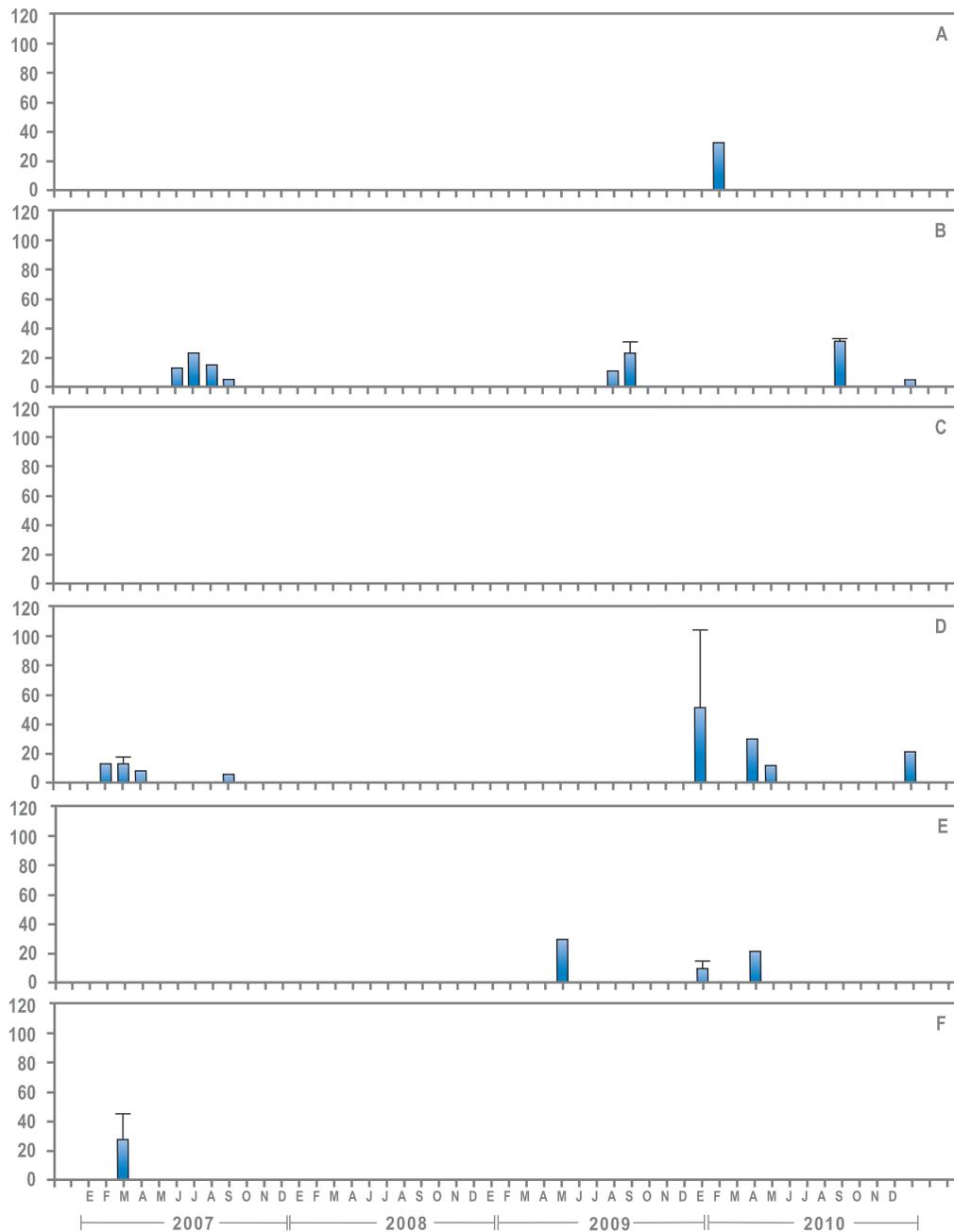


Figura 11. Variación estacional de la abundancia promedio integrada de *C. convolutus* (2007–2010) en los sectores: A=Canal Jacaf, B=Canal Puyuhuapi, C=Océanico frente a Canal Puyuhuapi, D=Fiordo Aysén, E=Océanico frente a Fiordo Aysén y F=Estero Cupuelán.

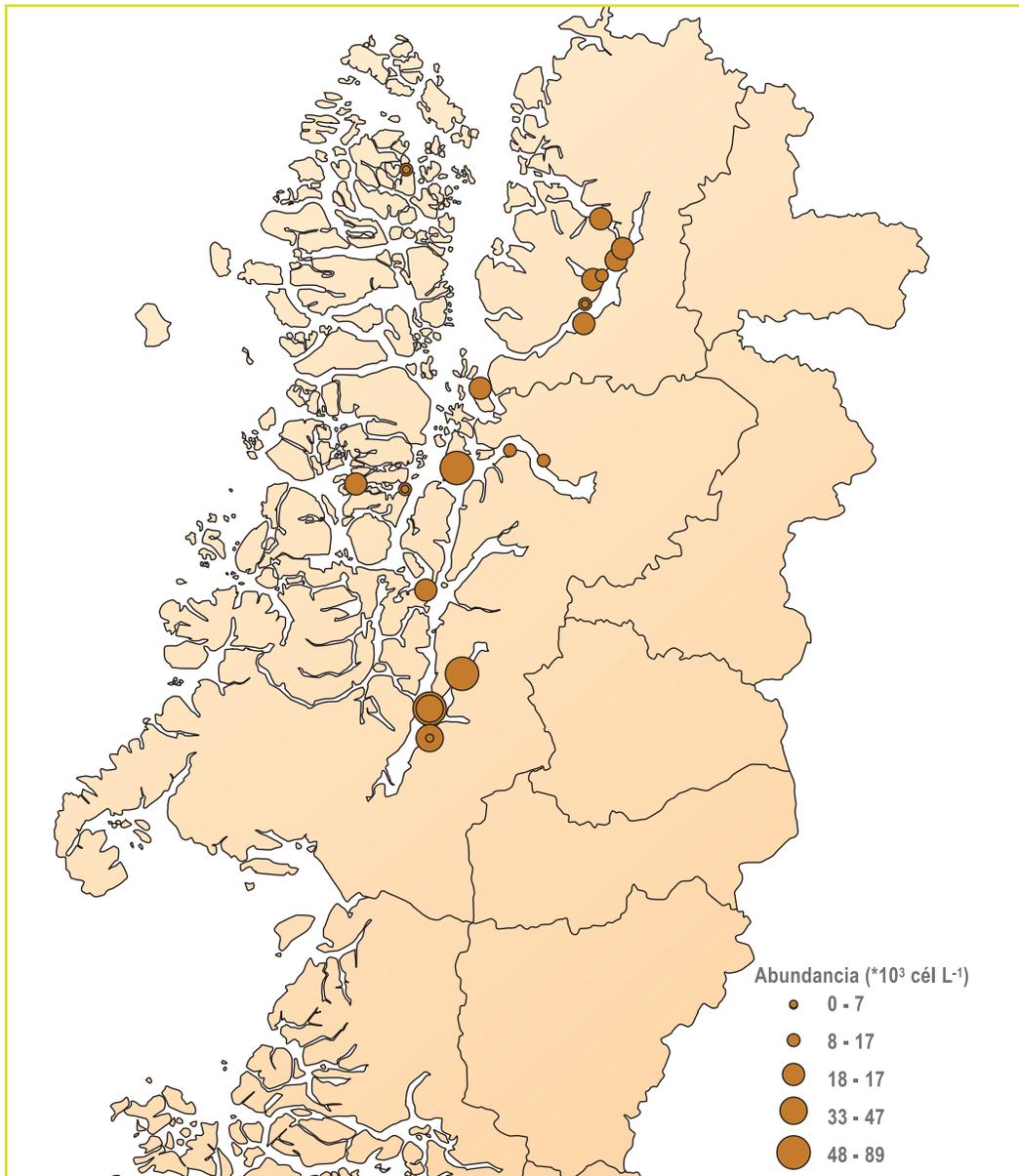


Figura 12. Variabilidad espacial de la abundancia integrada de *C. convolutus* (2007–2010) en cada una de las estaciones monitoreadas.

*C. convolutus*, mostró sus mayores abundancias con temperaturas entre los 10 y 12°C y salinidades mayores a 25 PSU (Fig. 13).

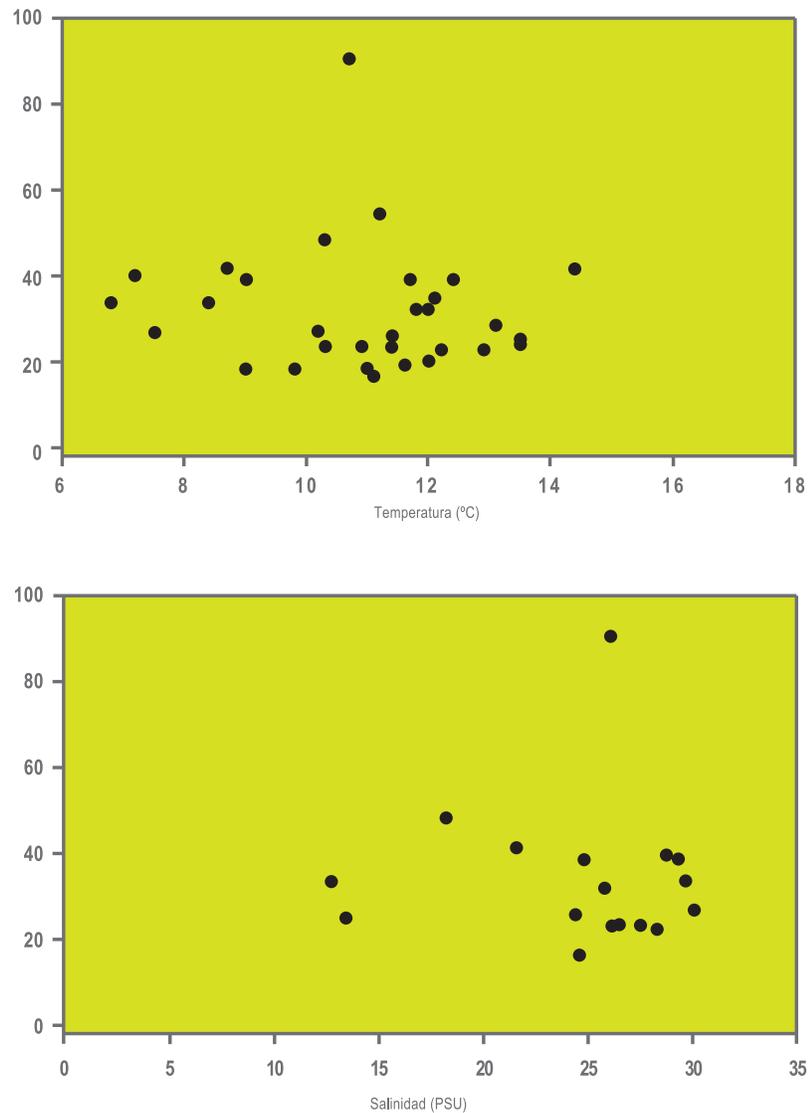


Figura 13. Abundancia integrada de *C. convolutus* y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre los años 2007 y 2010.

### 3. *Dictyocha speculum*

Durante el período de estudio *D. speculum* fue registrada durante la mayoría de los monitoreos realizados en la XI región (Fig. 14). El patrón estacional mostró las mayores abundancias en el período de invierno–primavera. Los máximos fueron registrados en el Canal Jacaf (Sector A) y en el área oceánica frente al Canal Puyuhuapi (Sector C) (Fig. 15), donde las concentraciones promedio fueron mayores a las  $150 \cdot 10^3$  cél L<sup>-1</sup>.

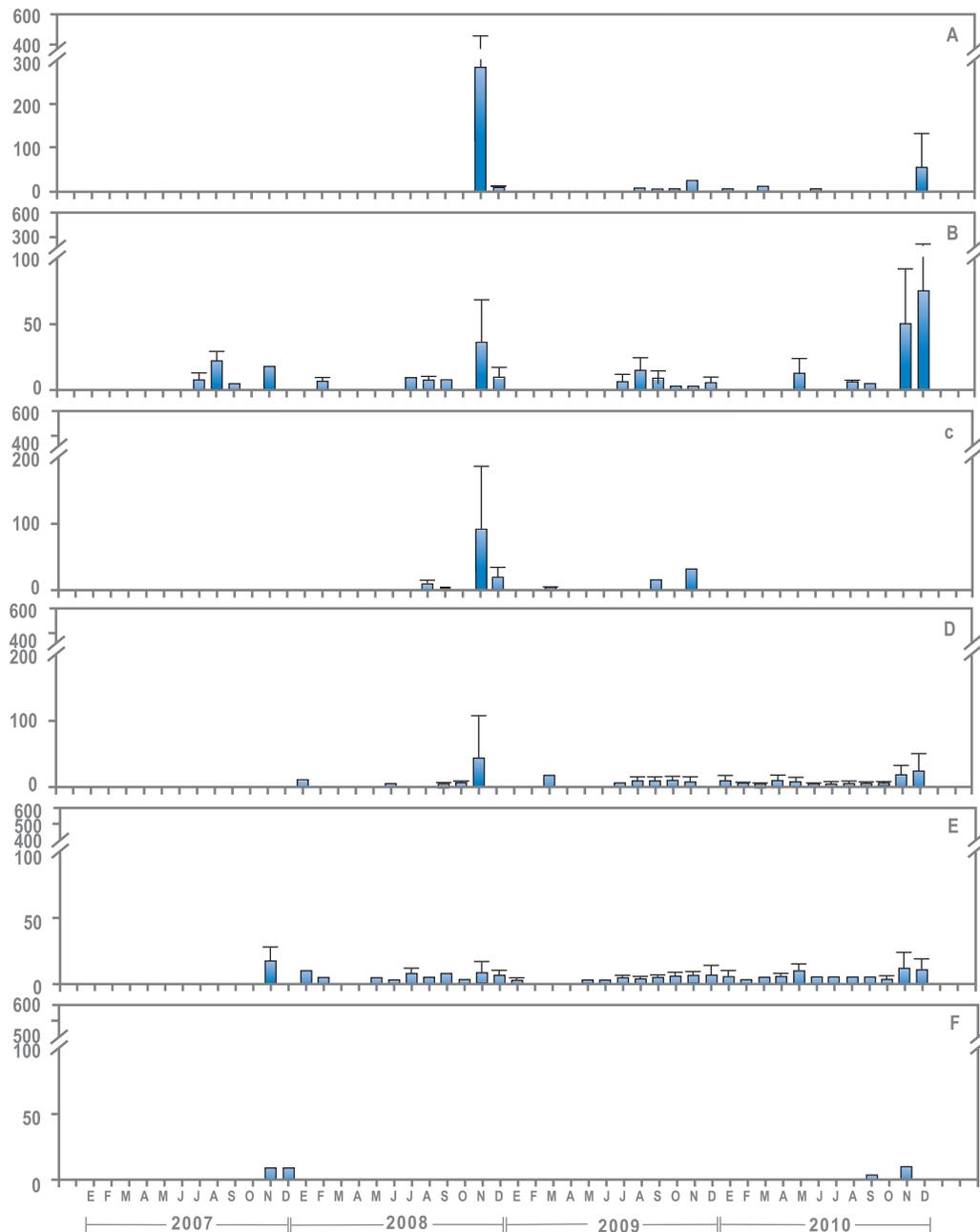


Figura 14. Variación estacional de la abundancia promedio integrada de *D. speculum* (2007–2010) en los sectores de monitoreo: A=Canal Jacaf, B=Canal Puyuhuapi, C=Oceánico frente a Canal Puyuhuapi, D=Fiordo Aysén, E=Oceánico frente a Fiordo Aysén y F=Estero Cupquelán.

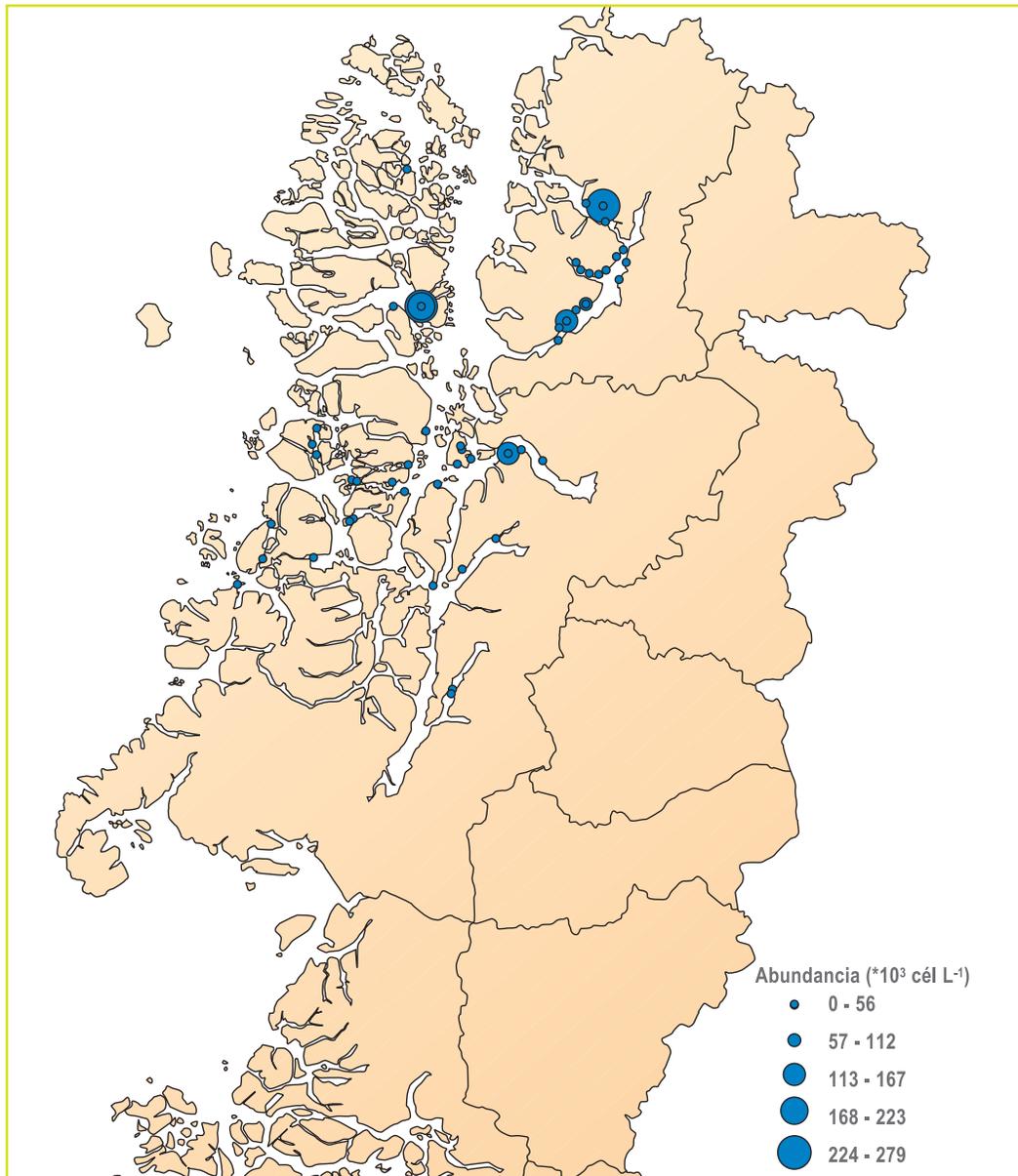


Figura 15. Variabilidad espacial de la abundancia integrada de *D. speculum* (2007–2010) en cada una de las estaciones monitoreadas.

*D. speculum* mostró sus mayores abundancias entre los 11 y 13 °C de temperatura, con salinidades alrededor de 23 y 30 PSU (Fig. 16).

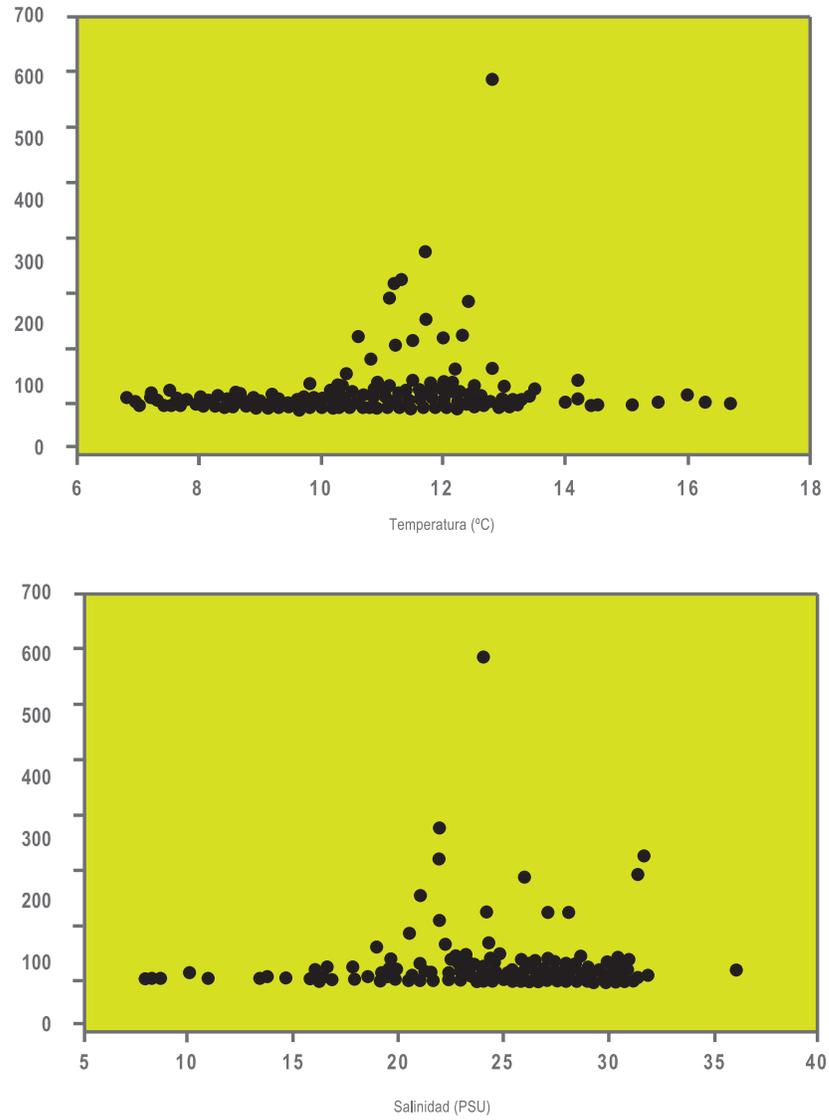


Figura 16. Abundancia integrada de *D. speculum* y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre los años 2007 y 2010.

#### 4. *Letocylindrus danicus*

*L. danicus* fue registrada durante la mayoría de los monitoreos realizados en la XI región (Fig. 17). El patrón estacional se caracterizó por presentar las mayores concentraciones en verano. Los máximos valores fueron registrados en el Fiordo Aysén (Sector D) y en el área oceánica frente a éste (Sector E) (Fig. 18), donde se observaron abundancias promedio mayores a las  $1000 \cdot 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ .

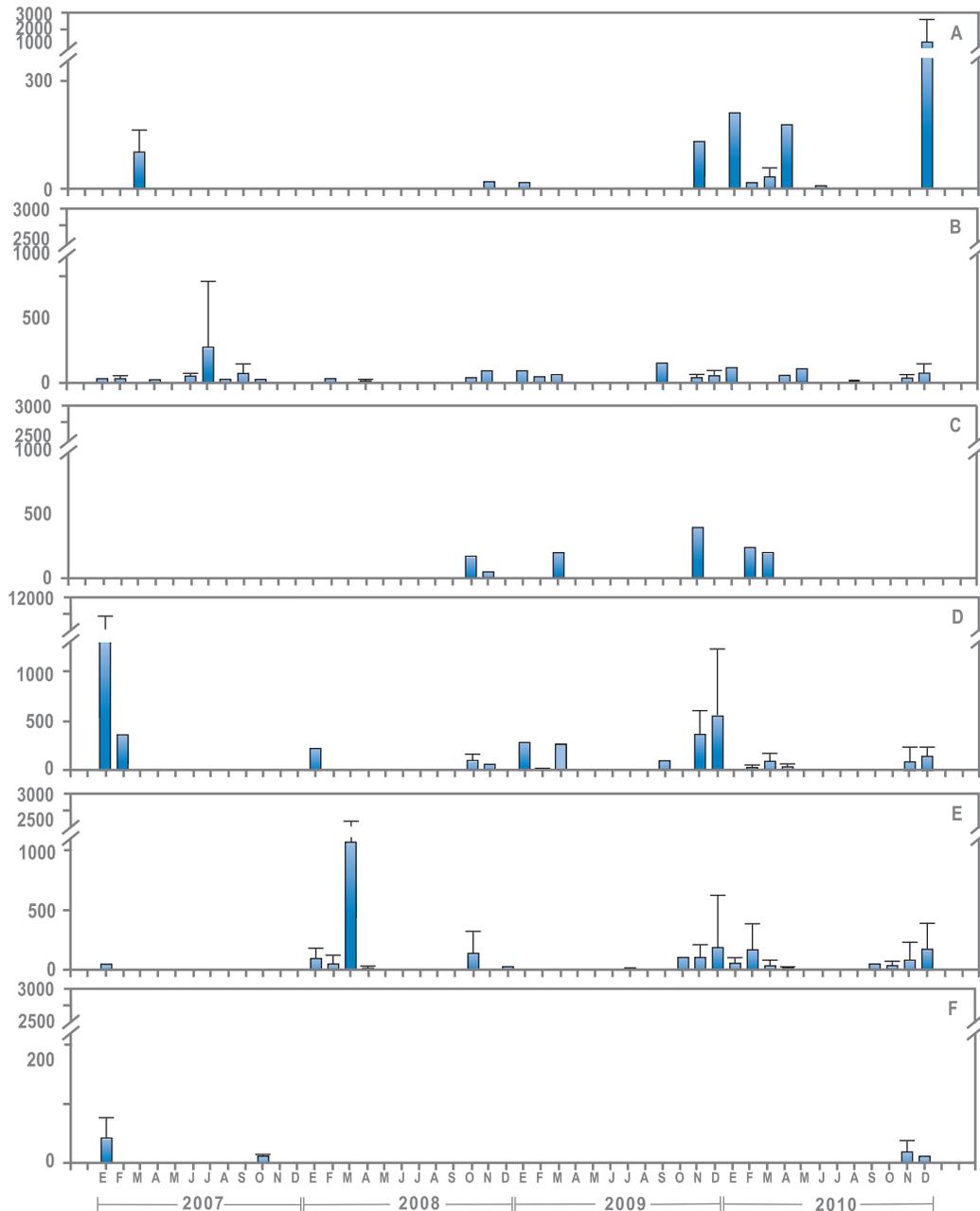


Figura 17. Variación estacional de la abundancia promedio integrada de *L. danicus* (2007–2010) en los sectores de monitoreo: A=Canal Jacaf, B=Canal Puyuhuapi, C=Oceánico frente a Canal Puyuhuapi, D=Fiordo Aysén, E=Oceánico frente a Fiordo Aysén y F=Estero Cupquelán.

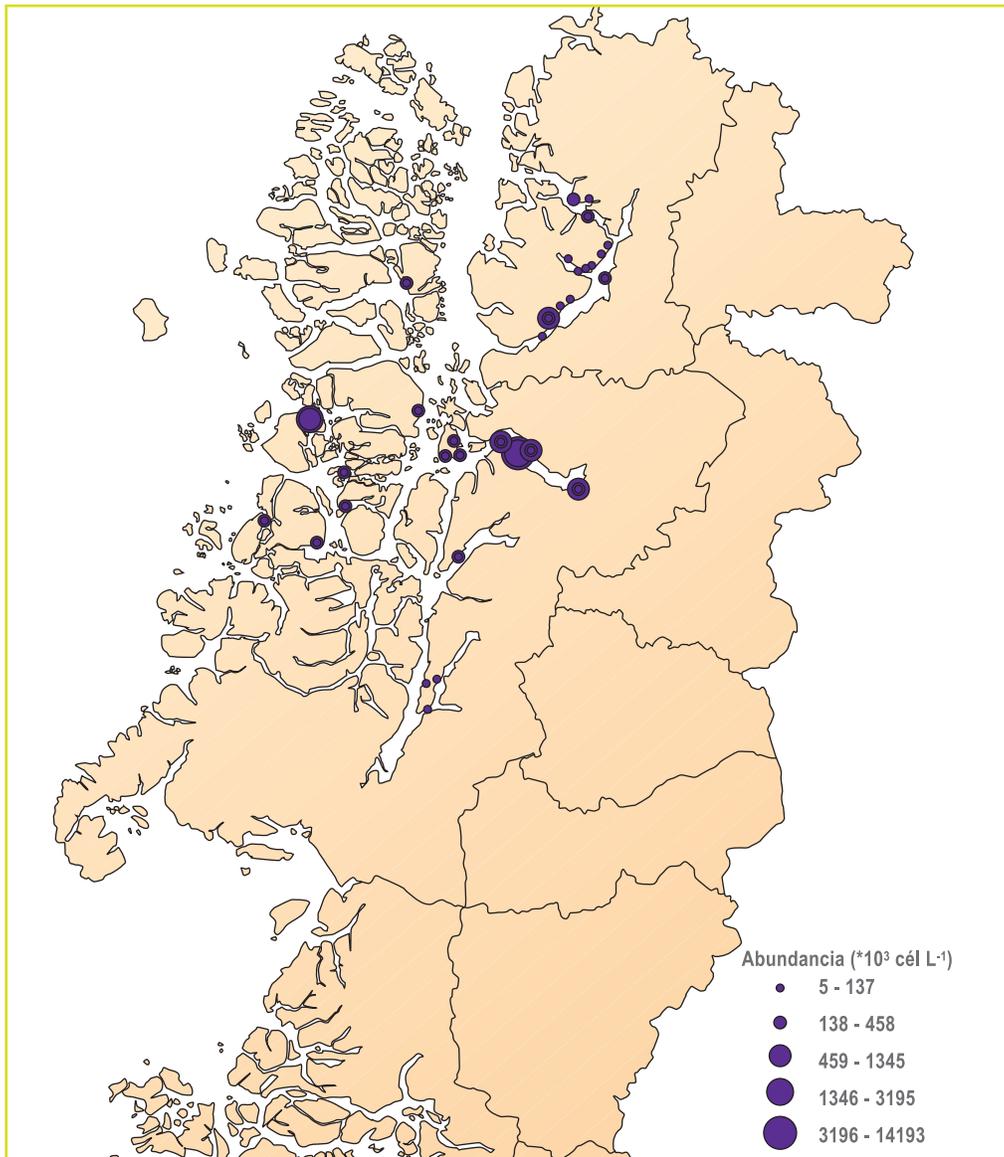


Figura 18. Variabilidad espacial de la abundancia integrada de *L. danicus* (2007–2010) en cada una de las estaciones monitoreadas.

*L. danicus* registró sus máximos niveles de abundancia entre los 11 y 12 °C de temperatura y salinidades muy bajas de alrededor de 5 PSU (Fig. 19). No obstante, también registró altas abundancias con un rango de salinidad mayor.

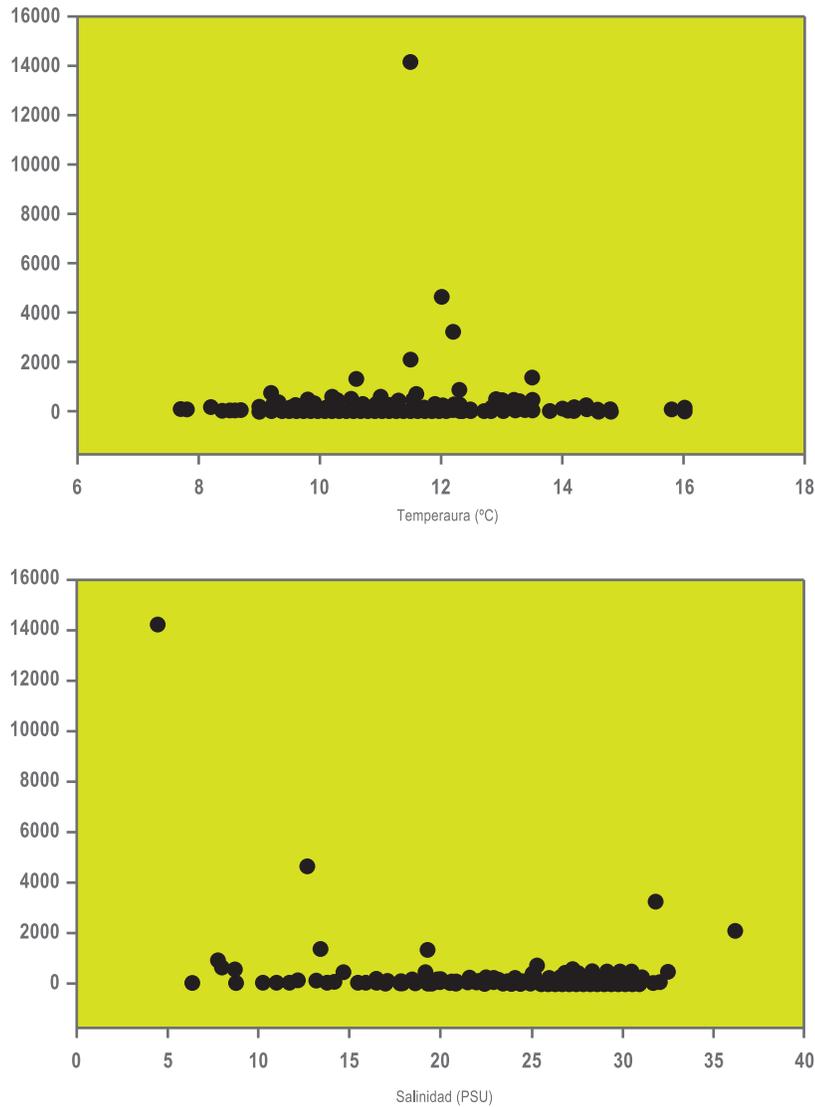


Figura 19. Abundancia integrada de *L. danicus* y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre los años 2007 y 2010.

### 5. *Leptocylindrus minimus*

Durante el período de estudio *L. minimus* fue registrada durante la mayoría de los monitoreos realizados en la XI región (Fig. 20). El patrón estacional fue caracterizado por mostrar las mayores concentraciones en primavera. Los máximos valores fueron registrados en el área oceánica frente al Fiordo Aysén (Sector E) y en el Estero Cupquelán (Sector F) (Fig. 21), donde se observaron abundancias promedio mayores a las  $70000 \cdot 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ .

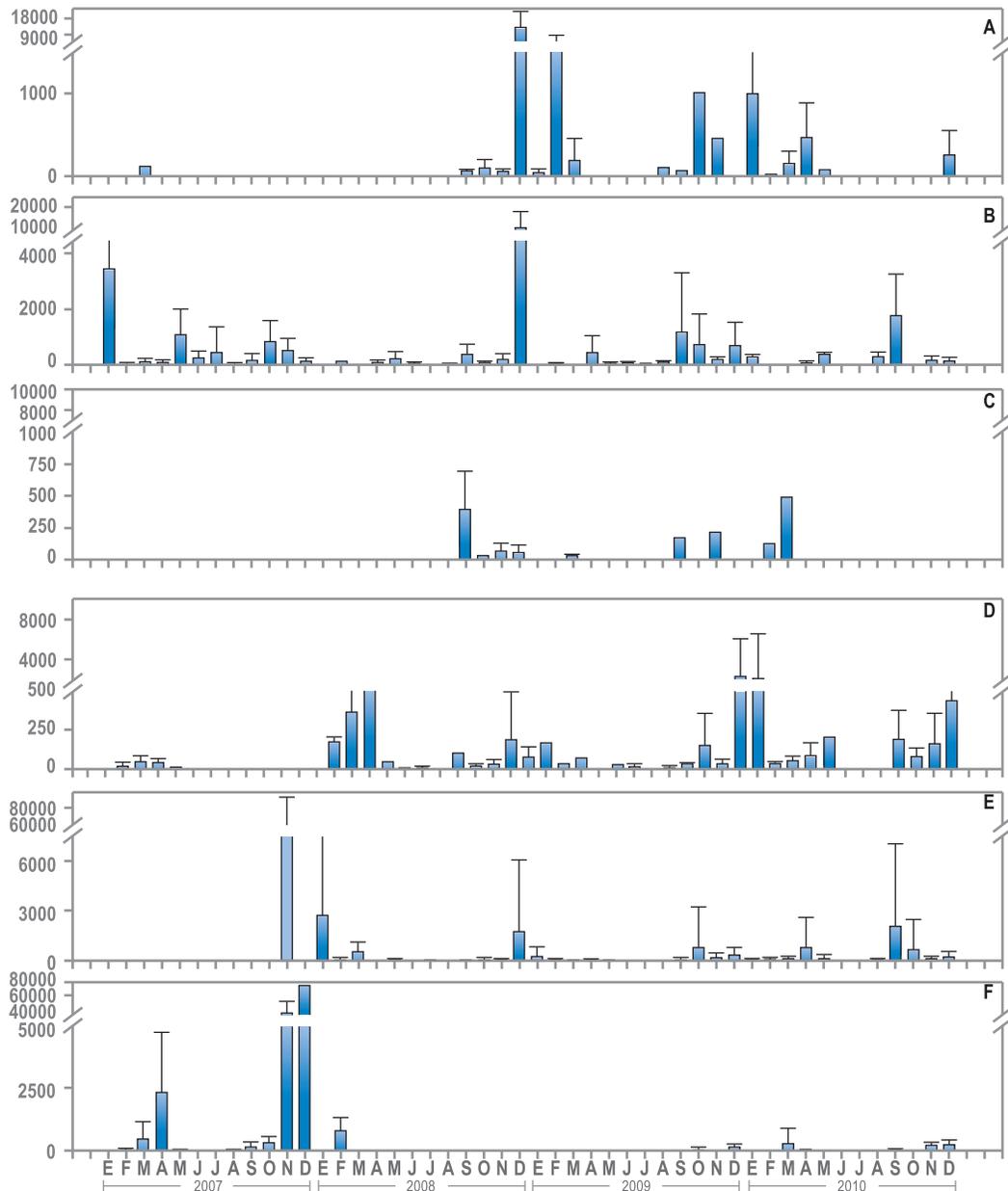


Figura 20. Variación estacional de la abundancia promedio integrada de *L. minimus* (2007–2010) en los sectores de monitoreo: A=Canal Jacaf, B=Canal Puyuhuapi, C=Oceánico frente a Canal Puyuhuapi, D=Fiordo Aysén, E=Oceánico frente a Fiordo Aysén y F=Estero Cupquelán.

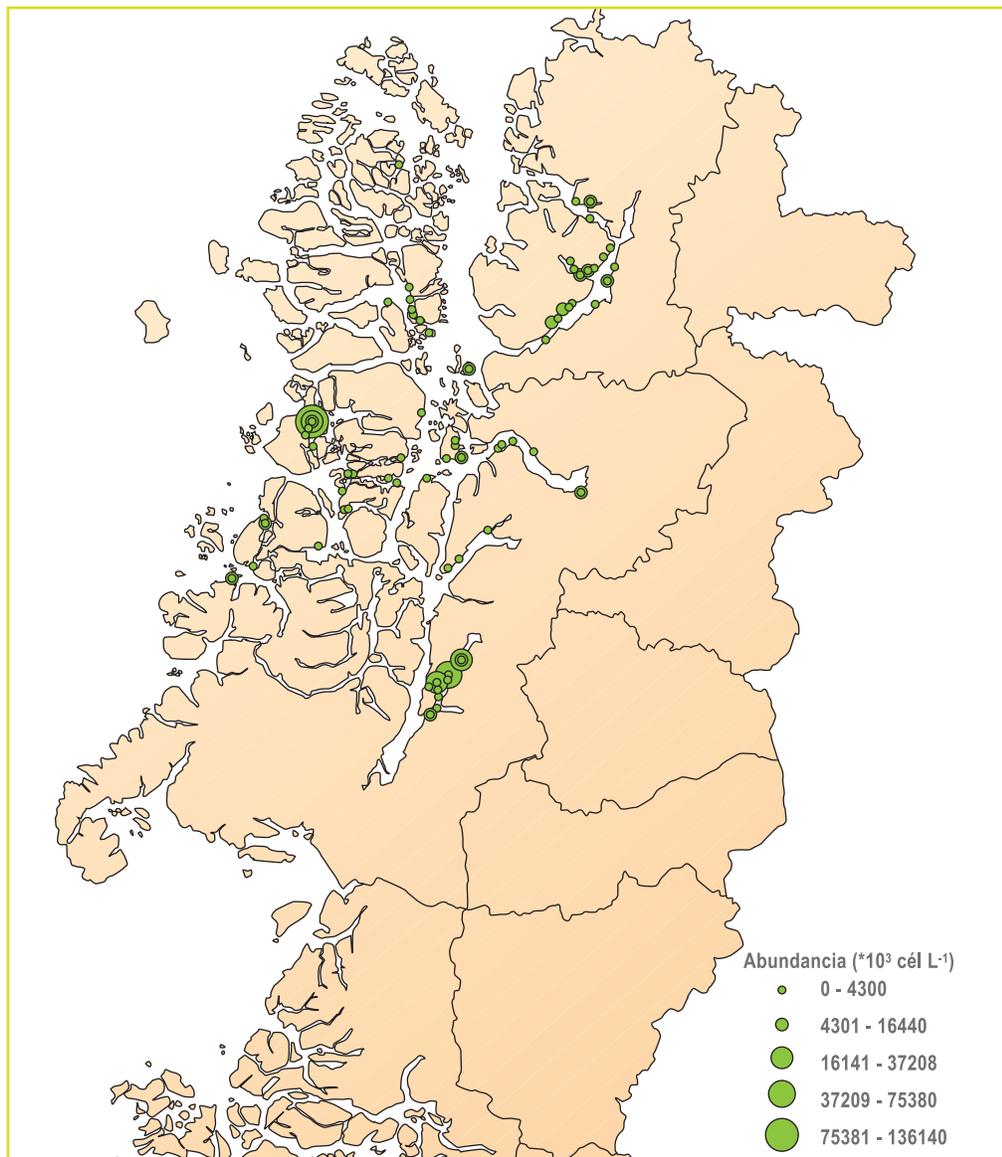


Figura 21. Variabilidad espacial de la abundancia integrada de *L. minimus* (2007–2010) en cada una de las estaciones monitoreadas.

*L. minimus* mostró sus mayores abundancias en un amplio rango de temperatura (8–18 °C) y salinidad (10–33 PSU). (Fig. 22).

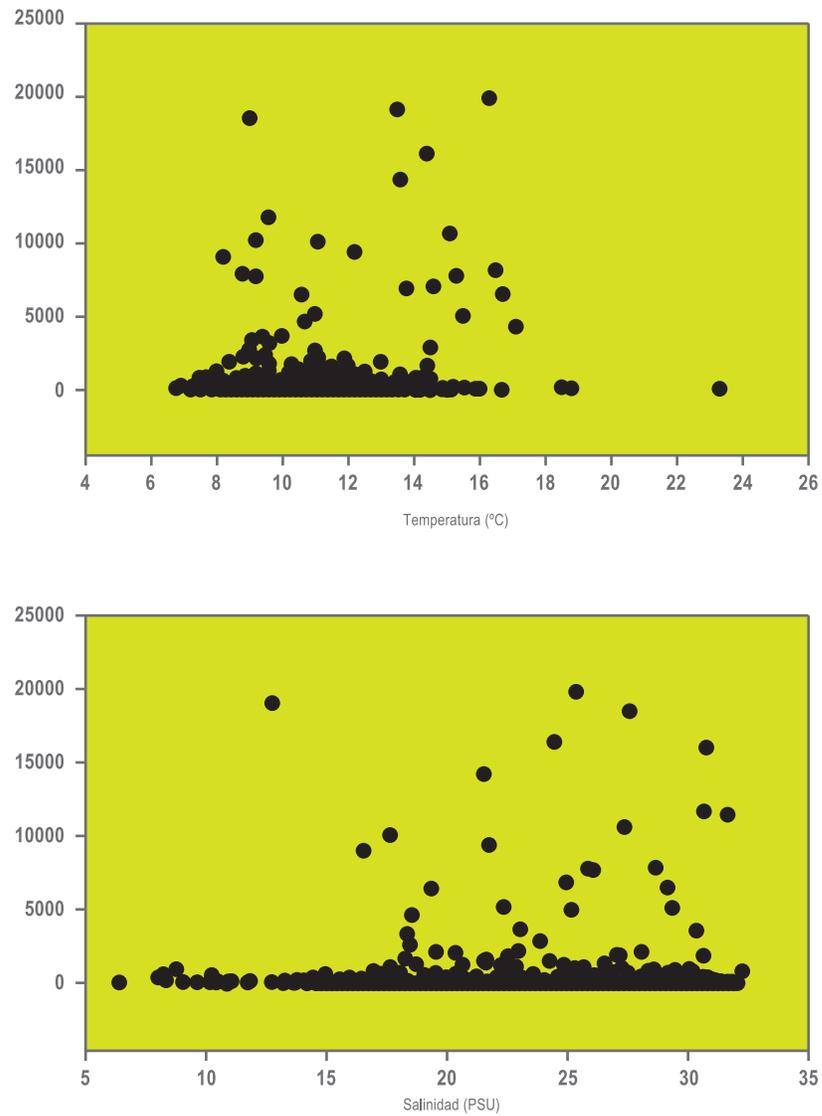


Figura 22. Abundancia integrada de *L. minimus* y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre los años 2007 y 2010.

### 6. *Eucampia*

Las especies del género *Eucampia* fueron registradas durante la mayoría de los monitoreos realizados en la XI región, principalmente en los meses de otoño (Fig. 23). Los máximos valores alcanzados se presentaron en el Fiordo Aysén (Sector D) y en el área oceánica frente a éste (Sector E) (Fig. 24), donde se observaron abundancias promedio mayores a las  $14000 \cdot 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ .

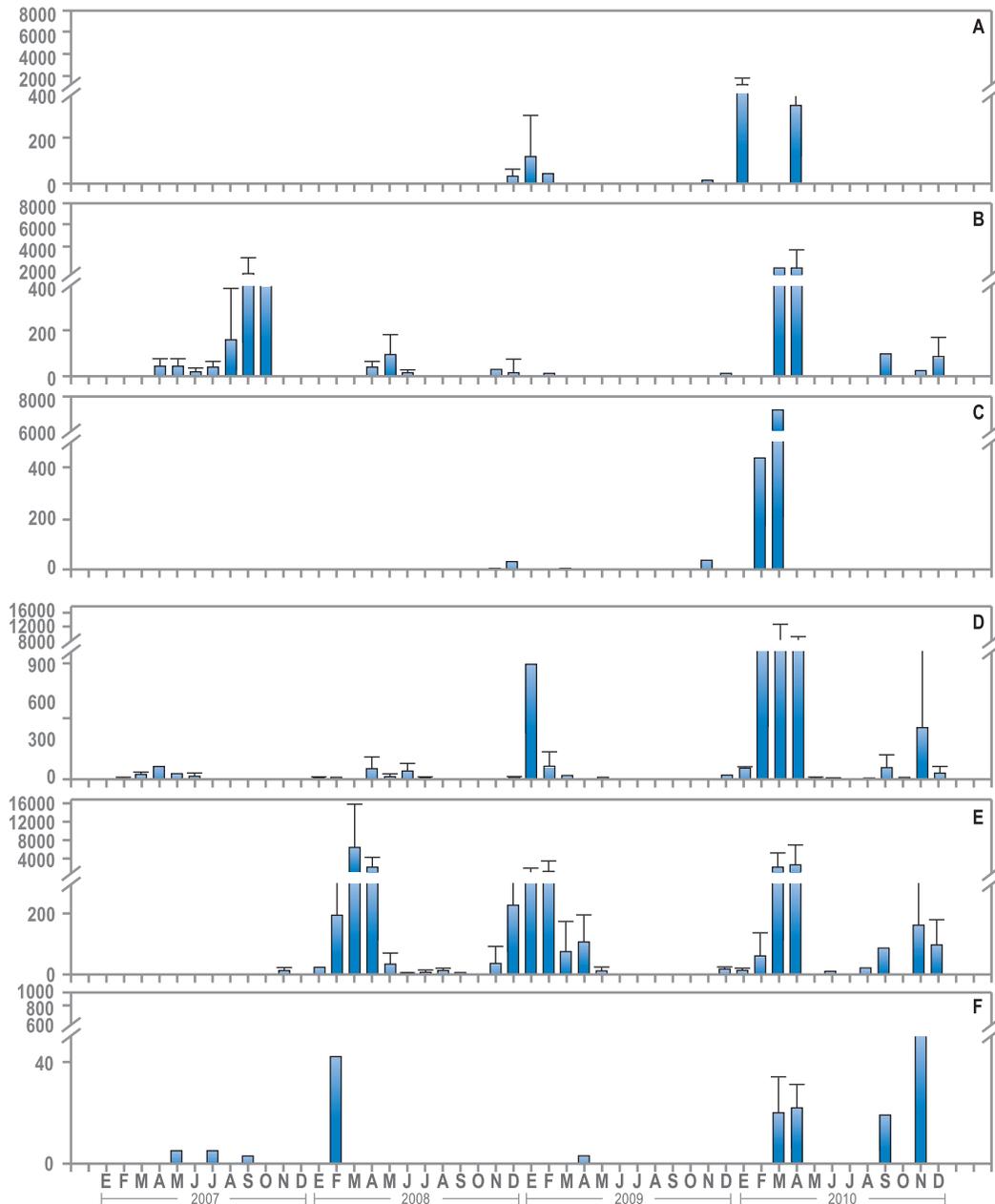


Figura 23. Variación estacional de la abundancia promedio integrada de *Eucampia* (2007-2010) en los sectores A=Canal Jacaf, B=Canal Puyuhuapi, C=Océanico frente a Canal Puyuhuapi, D=Fiordo Aysén, E=Océanico frente a Fiordo Aysén y F=Estero Cupquelán.

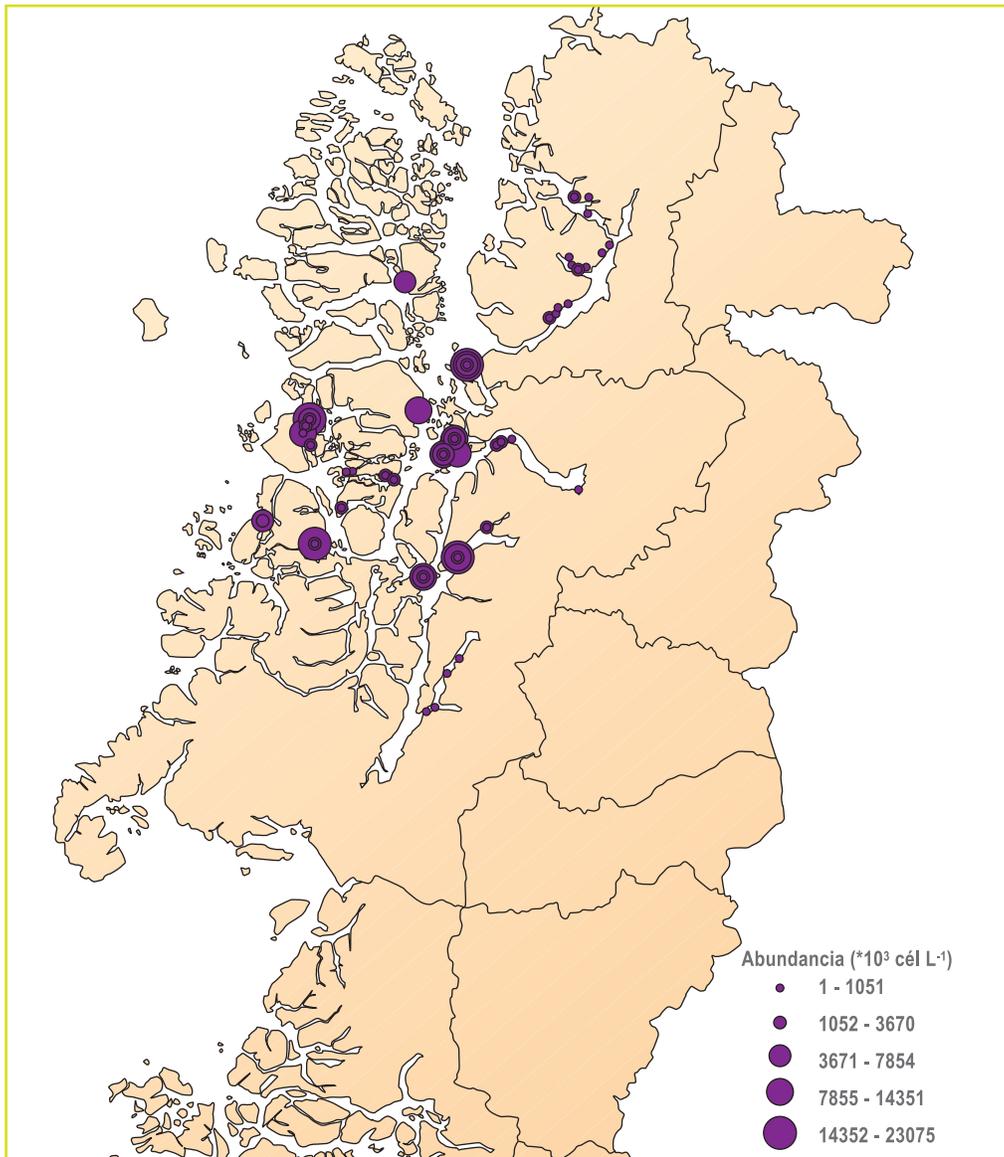


Figura 24. Variabilidad espacial de la abundancia integrada de *Eucampia* (2007–2010) en cada una de las estaciones de muestreo.

Las especies pertenecientes al género *Eucampia* mostraron sus mayores abundancias entre un rango de temperatura de 11 a 14 °C y salinidades entre 25 y 32 PSU (Fig. 25).

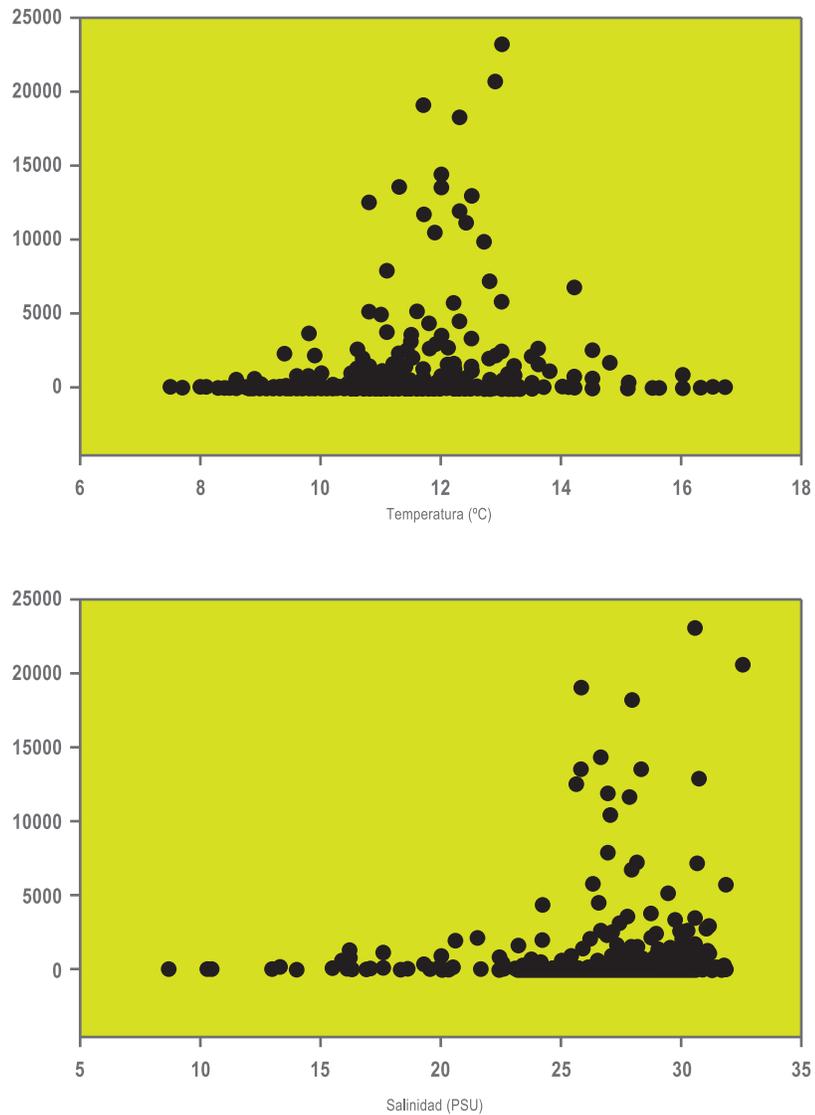


Figura 25. Abundancia integrada de *Eucampia* sp. y su relación con los niveles de temperatura y salinidad entre los años 2007 y 2010.

### 7. *Rhizosolenia setigera*

Durante el período de estudio *R. setigera* fue registrada durante la mayoría de los monitoreos realizados en la XI región (Fig. 26). Los máximos valores fueron observados entre el período verano-otoño, principalmente en el Canal Jacaf (Sector A) y Canal Puyuhuapi (Sector B) (Fig. 27), donde se consignaron abundancias promedio mayores a las  $4000 \times 10^3$  cél L<sup>-1</sup>.

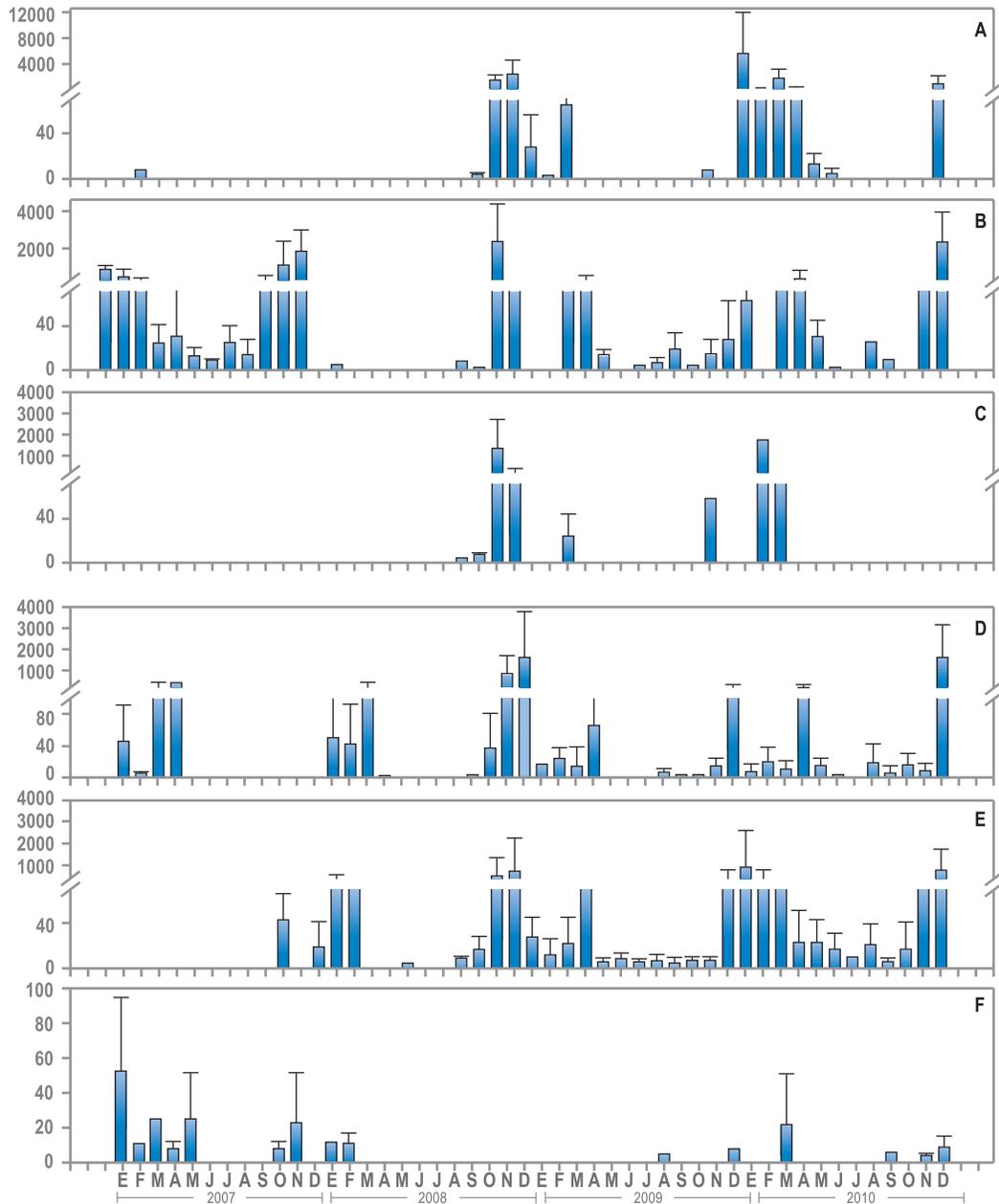


Figura 26. Variación estacional de la abundancia promedio integrada de *R. setigera* (2007-2010) en los sectores A=Canal Jacaf, B=Canal Puyuhuapi, C=Océánico frente a Canal Puyuhuapi, D=Fiordo Aysén, E=Océánico frente a Fiordo Aysén y F=Estero Cupquelán.

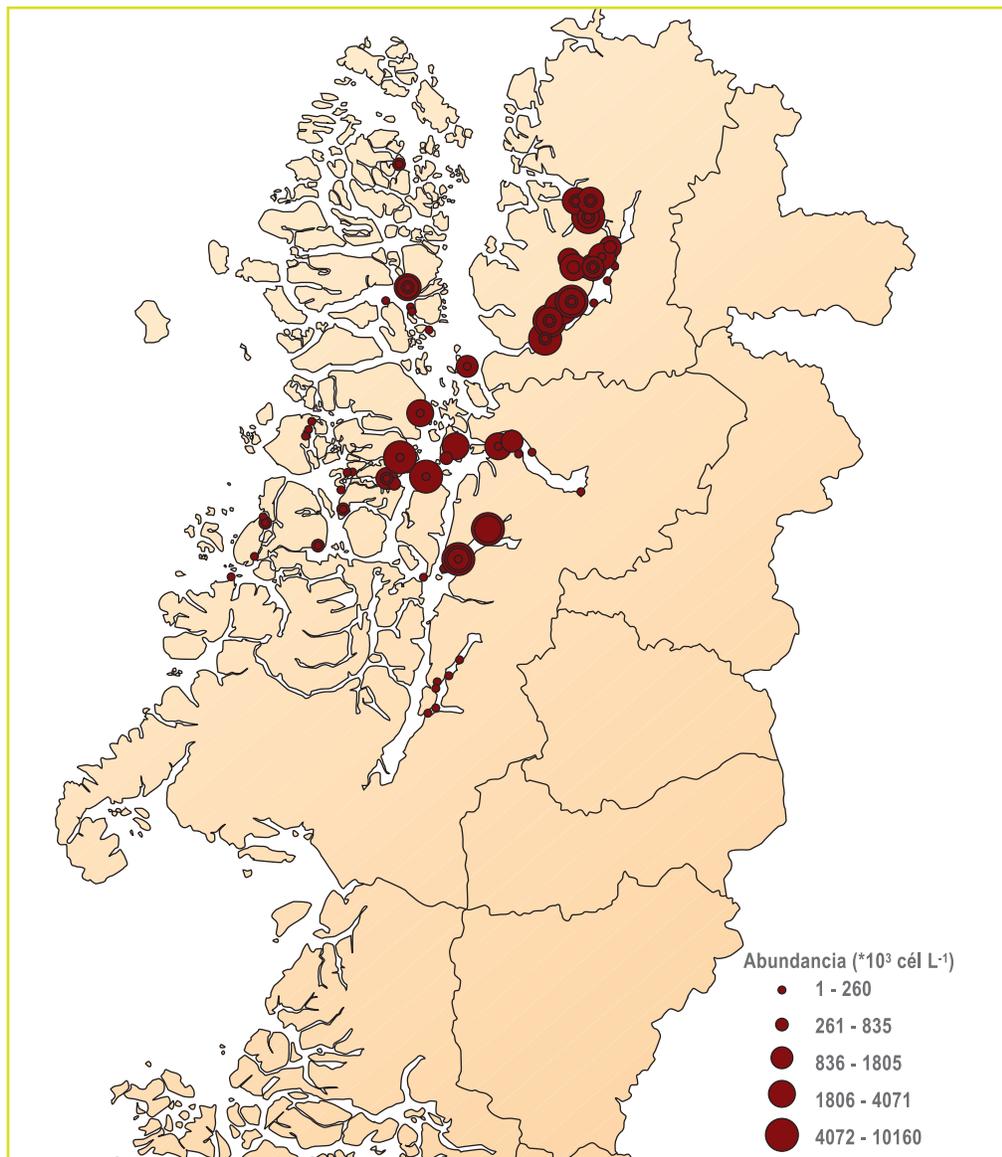


Figura 27. Variabilidad espacial de la abundancia integrada de *Rhizosolenia setigera* (2007–2010) en cada una de las estaciones de muestreo.

Las mayores abundancias de *R. setigera* estuvieron relacionadas con temperaturas entre los 11 y 16° C y salinidades entre los 20 y 25 PSU (Fig. 28).

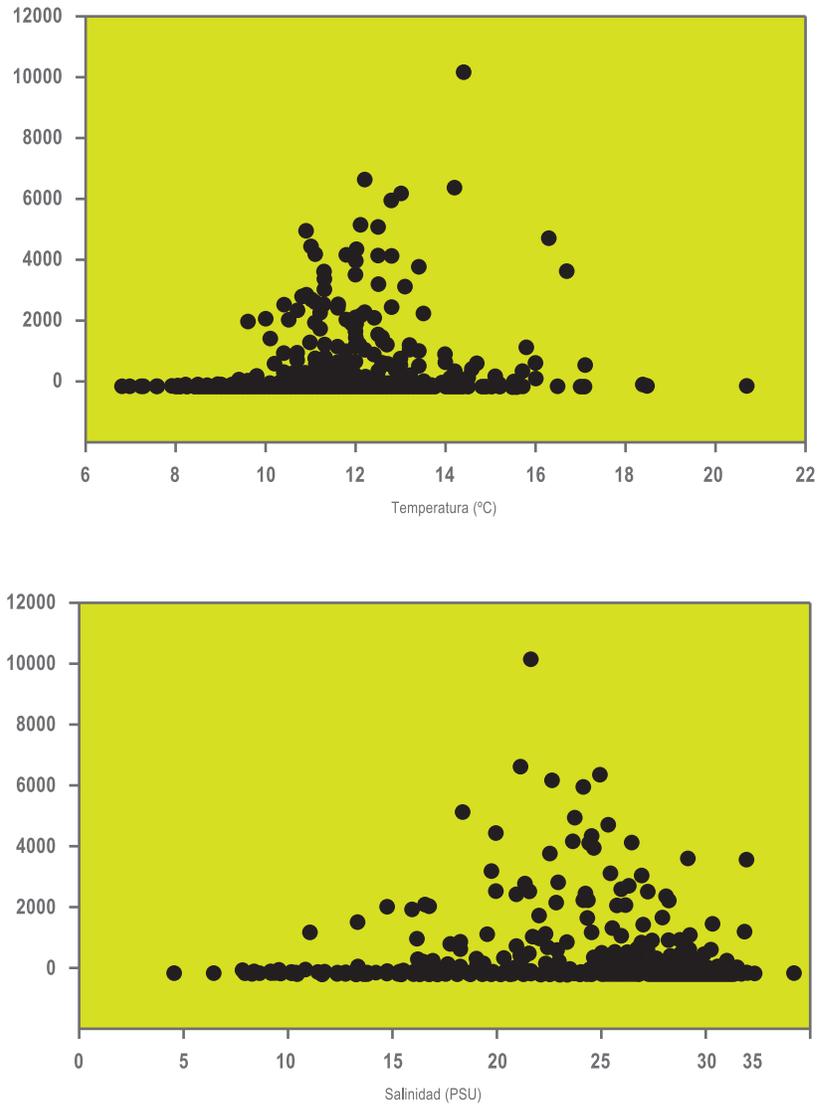


Figura 28. Abundancia integrada de *Rhizosolenia setigera* y su relación con las variables de temperatura y salinidad entre los años 2007 y 2010.

El Análisis de Correspondencia Múltiple (Fig. 29) mostró que la distribución estacional (primavera, verano, otoño e invierno) y espacial (Sectores A, B, C, D, E y F) presenta distintos conglomerados de especies fitoplanctónicas nocivas. La distribución de las especies revela que durante invierno – primavera, y principalmente hacia el interior de la zona de canales y fiordos (áreas A, B y F), la mayor aparición de algas nocivas corresponde a *D. speculum*, *L. minimus* y *C. convolutus* (Fig. 29). En verano, se registran mayoritariamente las diatomeas *R. setigera* en la zona norte de canales y fiordos del área de estudio (Sectores A y B) y *L. danicus* en la zona del Fiordo Aysén (Sector D y E). En este mismo período, aunque en forma bastante, ocasional se observa el dinoflagelado *A. catenella* en la zona oceánica frente al Canal Puyuhuapi (Sector C). En tanto en otoño, sólo las diatomeas del género *Eucampia* aparecen dominando la comunidad fitoplanctónica, principalmente en el sector del Fiordo Aysén (Sector D y E) (Fig. 29).

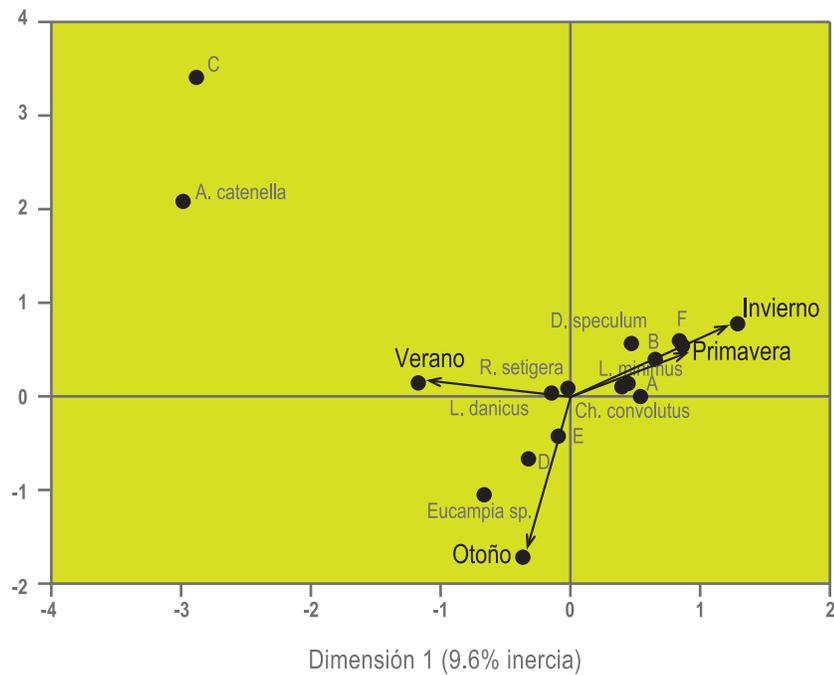


Figura 29. Ordenación espacio temporal de las especies nocivas registradas en la XI región entre los años 2007 y 2010.

## ■ 4. DISCUSIÓN

La abundancia promedio del fitoplancton en la XI región, entre los años 2007 y 2010, permite identificar dos contrastantes periodos estacionales en un ciclo anual: uno de altas abundancias ( $5000-18000 \cdot 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ ) que se extendió desde primavera hasta fines de otoño y otro de mínimas ( $< 2000 \cdot 10^3 \text{ cél L}^{-1}$ ) registrado en invierno. Este patrón estacional es similar al que han reportado otros autores para el área de estudio (Cassis et al., 2002; Avaria et al., 2004; Iriarte & González, 2008). Las abundancias promedio obtenidas por cada año analizado no mostraron diferencias significativas, lo que indica que no existe una tendencia al aumento o disminución de la concentración de fitoplancton en el área de estudio. No obstante, se observa que los valores de altas abundancias registrados en el período mantienen un amplio rango de variación, alrededor de la media mensual, mientras que durante el invierno los valores son bastante más homogéneos. La alta heterogeneidad de las condiciones oceanográficas que presenta la zona de estudio -desde el interior de los fiordos y canales hasta las áreas oceánicas- junto a las fluctuaciones estacionales en las condiciones atmosféricas (radiación solar, cambios en la dirección del viento y precipitación; Pickard, 1971; Acha et al., 2004) pueden, en gran medida, modular estos cambios espacio temporales del conglomerado fitoplanctónico (Montero et al., 2011).

La abundancia de fitoplancton total del área de estudio mostró un gradiente temporal, indicando un retraso en el inicio del bloom primaveral desde septiembre (observado principalmente en la zona norte, entre el Canal Jacaf y el Fiordo Aysén), hasta diciembre (en el área sur entre Estero Quitalco y Estero Cupquelán). Especialmente se observó un gradiente de abundancia longitudinal, donde los máximos fueron registrados mayoritariamente en la zona de fiordos y canales (Canal Puyuhuapi, Fiordo Aysén, Estero Cupquelán) más que en la zona oceánica. Estos desajustes pueden relacionarse con la incidencia latitudinal de la radiación solar y los diferentes regímenes físicos (mezcla y estabilidad) que influyen la composición de especies fitoplanctónicas (Pizarro et al., 2000; Pizarro et al., 2005; Iriarte et al., 2007; Iriarte & González 2008).

En general la abundancia de fitoplancton en toda el área de estudio estuvo caracterizada por la dominancia de diatomeas. Dentro de este grupo (y con abundancias mayores al 50 % del total de fitoplancton) destacan las pertenecientes al hábitat marino (*Skeletonema*, *Pseudo-Nitzschia*, *Thalassiosira*, *Chaetoceros*, *Leptocylindrus*, *Eucampia*), por sobre aquellas de origen estuarino (*Rhizosolenia* y limnético (*Melosira*) (Cassis et al., 2002). Los máximos observados en cada año de estudio fueron principalmente asociados con las diatomeas *Skeletonema*, *Pseudo-Nitzschia*, *Leptocylindrus*, *Eucampia* y *Rhizosolenia*, destacándose entre éstas *S. costatum* como la más abundante de todo el periodo y con mayor presencia en las diferentes estaciones de muestreo. Esto probablemente asociado a los distintos morfotipos que presenta esta diatomea de acuerdo a las diferentes condiciones hidrográficas que muestra el área de estudio (Romero 1994, Cassis et al., 2002).

Excesivas abundancias o “blooms” fitoplanctónicos de ciertas especies de microalgas en la columna de agua son considerados de alto riesgo para los peces en cautiverio. Especies como *L. minimus*, *L. danicus*, *C. convolutus*, *R. setigera* y *D. speculum* han sido descritos principalmente como nocivos, ya que pueden dañar las branquias de los peces o incluso causarles la muerte por agotamiento de oxígeno en la columna de agua (Horner et al., 1990; Prego et al., 1998; Clément et al., 2000; Sunesen et al., 2009). Por otro lado están los fitoplanctores ictiotóxicos, como *A. catenella* y *H. akawashiwo* capaces de producir toxinas que fácilmente pueden ingresar al organismo del pez (Anderson et al. 2001; Tang and Au 2004). Géneros como *Skeletonema* y *Eucampia* no han sido reportados como nocivos, pese

a que algunos autores han relacionado altos niveles de stress y mortalidades en peces con la presencia de altas concentraciones de estas diatomeas (Kent et al., 1995; Martin et al., 2007; Clément et al., 2010).

Las especies nocivas exhiben una amplia diversidad de adaptaciones morfológicas y fisiológicas, que les permiten competir y proliferar frente a otros grupos de microalgas en la columna de agua (Glibert et al., 2005). Ventajas comparativas tales como la formación de quistes en dinoflagelados, producción de sustancias alelopáticas (Yamasaki et al., 2007; Tillman et al., 2007; Tillman et al., 2008; Granéli et al., 2008) y principalmente la utilización de distintas formas de nutrición (mixotrofia; Jeong et al., 2005; Burkholder et al., 2008; Cochlan et al., 2008), son algunas de las estrategias que les permiten incrementar o mantener sus poblaciones en muchos ecosistemas acuáticos.

En Chile, los episodios nocivos que han afectado a la industria del salmón en la región sur austral han sido reportados desde 1983. El caso más emblemático se asocia con la floración de la especie *Heterosigma akashiwo*, que provocó mortalidades importantes de peces en el mar interior de la región de Los Lagos. Posteriormente se han registrado otras floraciones nocivas provocadas por las diatomeas *L. minimus* (Clément 1994), *C. convolutus* (Clément & Lembeje, 1993) y los dinoflagelados *Gymnodinium* sp. (Clément et al., 1999) y *A. catenella* (Clément et al. 2002; Molinet et al., 2003; Fuentes et al. 2008; Mardones et al. 2010). Durante el período 2007–2010 en la XI región, las principales especies nocivas que se presentaron con concentraciones críticas para los peces en cautiverio fueron *A. catenella*, *C. convolutus*, *D. speculum*, *L. minimus*, *L. danicus*, *R. setigera* y *Eucampia*.

Hasta la fecha la dinámica poblacional de *A. catenella* en la XI región presenta un patrón estacional que muestra sus mayores abundancias entre los meses de enero y marzo (Molinet et al., 2003). La última gran floración de este dinoflagelado fue registrada en una extensa área comprendida entre el Canal Puyuhuapi y el Fiordo Aysén durante marzo de 2009. No obstante, las máximas concentraciones ( $> 500$  cél L<sup>-1</sup>) fueron detectadas al interior del Canal Puyuhuapi (sector B) y en el área oceánica frente al Canal (sector C). Se destaca que en esta zona se han observado las mayores abundancias ( $> 1000$  cél L<sup>-1</sup>) de *A. catenella* durante las floraciones de los años 2006 y 2009.

Este dinoflagelado es productor del Veneno Paralizante de Mariscos (VPM) y sus toxinas son capaces de provocar la muerte, tanto en personas como en peces. En salmónidos, en base a los datos empíricos del Programa de Monitoreo de Fitoplancton (PROMOFI), se define como concentración nociva niveles  $>500$  cél L<sup>-1</sup>. Estudios realizados en condiciones controladas de laboratorio en Canadá han señalado que *Alexandrium fundyense* en altas concentraciones, de entre 100 y 200 cél L<sup>-1</sup>, puede fácilmente causar la muerte en *smolt* de *Salmo salar* (Burrige et al., 2010). Según estos autores, el pez al entrar en contacto con un bloom de *Alexandrium* presenta una pérdida de equilibrio, generando un nado errático que finalmente lo conduce a la muerte. La hipótesis para explicar esta conducta se relaciona con las toxinas que absorbe el pez a través del tracto digestivo que rápidamente afectan su sistema nervioso central.

Las floraciones nocivas de *A. catenella* en el área de estudio han sido registradas prácticamente en forma bienal: 1996, 1998, 2000, 2002, 2006 y 2009. Molinet et al. (2003) relacionan la presencia y origen de esta especie en la columna de agua, con las oscilaciones de temperatura y la presencia de bancos de quistes. No obstante, las concentraciones de quistes que se han reportado en la literatura para el área de fiordos y canales del sur de Chile (Lembeje, 2004; Seguel et al., 2005) podrían ser consideradas extremadamente bajas para contribuir al origen de nuevas floraciones, si las comparamos con aquellas observadas en diferentes sectores de Japón (Yamaguchi et al., 1996; Fukuyo, 2003), el Golfo de Maine (McGillicuddy et al., 2003) y el NW del mar Mediterráneo (Bravo et al., 2008), donde efectivamente “las camas de quistes” son el inóculo para futuras floraciones. En la costa europea, las células

vegetativas de *A. catenella* han sido principalmente relacionadas con altas temperaturas de verano (21–25° C) y altas concentraciones de NO<sub>3</sub> y NH<sub>4</sub> (Bravo et al., 2008). Estudios preliminares realizados en el Canal Puyuhuapi también muestran una alta asociación entre las células de *A. catenella* y los niveles de nitrato, donde las máximas concentraciones se registran en un rango de temperatura de 11–16° C entre los 10 y 2 m de profundidad de la columna de agua, respectivamente (Montero et al., data no publicada). Para este análisis las mayores abundancias de *Alexandrium* se observaron con temperaturas de 12° C y salinidades mayores a 27.

*C. convolutus* y *D. speculum* se presentaron en general en bajas concentraciones en el área de estudio (< 200 cél mL<sup>-1</sup>), no obstante estos valores son suficientes para causar algún tipo de daño en los peces de cultivo. Algunos autores señalan que en el caso de *Ch. convolutus* bastan 5 cél L<sup>-1</sup> para provocar mortalidad en peces (Albright et al., 1993; Horner et al., 1997), mientras que *Dictyocha* podría hacerlo con concentraciones entre 75 y 100 cél mL<sup>-1</sup> (PROMOFI, datos empíricos). Tanto *C. convolutus* como *D. speculum* son capaces de penetrar las branquias de los peces con sus espinas o estimular la producción de mucus causando hipoxia (Yang & Albright, 1992; Kent et al., 1995). La presencia de silicoflagelados en la columna de agua ha sido relacionada por algunos autores con el enriquecimiento de nutrientes, particularmente de NO<sub>3</sub> (Prego et al., 1998), y/o el escurrimiento de aguas lluvias en invierno (Bruno et al., 1989; Rhodes et al., 1993). Durante este estudio, *D. speculum* mostró una alta asociación con las condiciones de invierno–primavera, en especial hacia el interior de la zona de canales y fiordos. *C. convolutus*, aunque no registró un patrón estacional definido, estuvo principalmente asociado con condiciones de primavera. En otros ecosistemas de fiordos se ha señalado que esta especie es relativamente abundante en otoño y en el inicio de primavera (Albright et al., 1992), siendo controlada su distribución y tasa de crecimiento primariamente por la salinidad (~25) y por la baja incidencia de luz (Harrison et al., 1993).

*R. setigera* es otra de las diatomeas que debido a sus largas espinas puede causar daño mecánico en las branquias de los peces. Sin embargo, no existen demasiados reportes en la literatura que relacionen a esta especie con un real efecto nocivo en salmónidos de cultivo, pese a mostrar altas abundancias en la columna de agua (> 2000 cél mL<sup>-1</sup>, en este estudio durante episodios de floración). Horner et al. (1997) en la costa oeste de Estados Unidos la reporta como floración nociva por provocar mortandad en peces e invertebrados, debido al agotamiento de oxígeno. Sus mayores apariciones dentro de la comunidad fitoplanctónica del área de estudio son en la zona norte de canales y fiordos, donde sus máximas abundancias se relacionan con condiciones de verano. En otros ecosistemas su presencia es de escasa a dominante en verano, otoño e invierno (Sunesen et al., 2009).

Las diatomeas *L. minimus* y *L. danicus* no presentan espinas en su forma estructural, sin embargo son consideradas nocivas, ya que la rigidez estructural del frústulo que poseen obstruye las branquias de los peces limitando la superficie para el intercambio gaseoso. De las dos especies mencionadas, sólo *L. minimus* ha sido vinculada con la muerte de salmónidos en cautiverio dentro del área de estudio (Clément & Lembeye, 1993; Clément, 1994), aunque también existen casos de mortalidad en la X región asociados a la presencia de *L. danicus* (data no publicada). La presencia de estas diatomeas dentro de la zona de estudio estuvo principalmente asociada con condiciones de primavera (*L. minimus*) -verano (*L. danicus*), donde sus concentraciones (3000–70000 cél L<sup>-1</sup>) pueden fácilmente dominar la comunidad fitoplanctónica al mostrar abundancias >70% del total. Tal vez esta condición esté relacionada con el amplio rango de salinidad en que se distribuyen. Frente a la costa sur de Argentina *L. minimus* y *L. danicus* han sido reportadas en verano, otoño e invierno (Sunesen et al., 2009).

Las especies del género *Eucampia*, principalmente la diatomea *E. zodiacus*, han sido relacionadas con altos niveles de stress y mortalidades de peces de cultivo (Martin et al., 2007 Clément et al 2010). No obstante, Burridge et al. (2010) señalan que la exposición de *Salmo salar* a concentraciones tan altas como 900 cél L<sup>-1</sup> de *E. zodiacus*, no provoca la muerte de estos peces, sino más bien los debilita, dejándolos susceptibles a otros estresores ambientales. Durante este estudio se detectaron blooms de *Eucampia* con concentraciones promedio entre 2000 y 14000 cél mL<sup>-1</sup>, que coincidieron con comportamientos irregulares en peces. Las floraciones que presentaron estas diatomeas dentro de la zona de estudio, estuvieron principalmente asociadas con condiciones de otoño. En ecosistemas del Hemisferio Norte (Japón), blooms de estas especies han sido reportados desde el invierno hasta el inicio de primavera (Nishikawa et al., 2007), donde utiliza eficientemente el nitrógeno a bajas temperaturas (Nishikawa et al., 2008).

Finalmente, los resultados indican que las floraciones de fitoplancton nocivo en el área de estudio de la XI región pueden ocurrir a través de todo el año, alternando la dominancia de especies de acuerdo a una escala estacional y espacial. Sin embargo, el real enigma con respecto a la dinámica de un bloom es relacionar los forzantes que determinan qué especie de la comunidad fitoplanctónica será la dominante y permanecerá por mayor tiempo y espacio en la columna de agua.

Dada la alta variabilidad interanual en la magnitud e inicio de una floración, los blooms algales nocivos son notoriamente difíciles de predecir. No obstante, extensas series de tiempo poseen un alto potencial para establecer ciertos patrones de comportamiento frente a la dinámica fitoplanctónica.

## ■ 5. CONCLUSIONES

1. El ciclo anual del fitoplancton del área de estudio estuvo caracterizado por dos marcados períodos estacionales uno de altas abundancias, que se extendió desde primavera hasta fines de otoño, y otro de mínimas, registrado durante el invierno.

2. Durante el período de estudio el fitoplancton de la XI región estuvo compuesto principalmente por diatomeas. Dentro de este grupo las especies dominantes pertenecen a los géneros *Skeletonema*, *Pseudo-Nitzschia*, *Leptocylindrus*, *Eucampia* y *Rhizosolenia*.

3. *Skeletonema costatum* se presentó como la especie más abundante de todo el período de estudio.

4. El dinoflagelado ictiotóxico *Alexandrium catenella* se presentó en el área de estudio en forma ocasional, preferentemente durante el verano y con altas abundancias hacia el sector norte de la XI región. Las máximas concentraciones que se registraron en la columna de agua fueron mayores a 1000 cél mL<sup>-1</sup>.

5. La diatomea nociva *Chaetoceros convolutus* se presentó ocasionalmente dentro del área de estudio, aunque no mostró un patrón estacional definido. Su presencia estuvo principalmente asociada a condiciones de primavera. Sus registros fueron mayormente observados hacia el interior de canales y fiordos. Las máximas abundancias que se registraron en la columna de agua fueron mayores a 50 cél mL<sup>-1</sup>.

6. El silicoflagelado *Dictyocha speculum* se presentó durante la mayor parte del período de estudio, principalmente bajo condiciones de invierno–primavera y hacia el interior de la zona de canales y fiordos. Las máximas abundancias que se registraron en la columna de agua fueron mayores a 150 cél mL<sup>-1</sup>.

7. La diatomea nociva *Leptocylindrus danicus* se presentó durante gran parte del período de estudio, mostrando sus máximas concentraciones en época de verano y dentro de la zona del Fiordo Aysén. Las máximas abundancias que se registraron en la columna de agua fueron mayores a 3000 cél mL<sup>-1</sup>.

8. La diatomea nociva *Leptocylindrus minimus* se presentó en la mayor parte del período de estudio. Su presencia fue registrada principalmente hacia el interior de la zona de fiordos y canales, bajo condiciones de invierno–primavera. Las máximas abundancias que se registraron en la columna de agua fueron mayores a 70000 cél mL<sup>-1</sup>.

9. La diatomea nociva *Rhizosolenia setigera* se presentó durante gran parte del período de estudio. Sus apariciones dentro de la comunidad fitoplanctónica destacan hacia la zona norte de canales y fiordos en verano. Las máximas abundancias que se registraron en la columna de agua fueron superiores a 4000 cél mL<sup>-1</sup>.

10. Las diatomeas pertenecientes al género *Eucampia spp.* se presentaron durante la mayor parte del período de estudio. Su presencia fue principalmente registradas en la zona del Fiordo Aysén en el otoño. Las máximas abundancias que se observaron en la columna de agua fueron mayores a 14000 cél mL<sup>-1</sup>.

11. Las diatomeas *Leptocylindrus minimus* y aquellas pertenecientes al género *Eucampia* presentaron máximas abundancias dentro del período de estudio, indicando que fácilmente pueden dominar la comunidad fitoplanctónica por sobre otras especies.

12. Las necesidades de investigación, asociadas específicamente al tema de algas nocivas, fueron escritas en la sección de recomendaciones N° 3, 4 y 5.

## ■ 6. RECOMENDACIONES

1. Se debe mantener la frecuencia de muestreo (~10 días) que indica el programa durante todo el año. Se observa un bajo número de muestras ingresadas durante el período de invierno, principalmente desde los sectores geográficos más aislados.
2. Es fundamental que el muestreo en cada una de las estaciones siempre incluya el registro de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y comportamiento de los peces.
3. Es necesario conocer mediante estudios de laboratorio cuáles son las concentraciones umbrales de algas nocivas que pueden causar daño o muerte en los peces de cultivo.
4. Evaluar la utilidad de las imágenes satelitales para la detección de floraciones fitoplanctónicas.
5. Establecer modelos de circulación hidrodinámica de ciertas áreas geográficas críticas, que permitan simular la trayectoria de un bloom fitoplanctónico.

## ■ REFERENCIAS

1. Acha, E.M., Mianzan, H.W., Guerrero, R.A., Favero, M., Bava, J., 2004. Marine fronts at the continental shelves of austral South America: Physical and ecological processes. *J. Marine Syst.* 44, 83–105.
2. Albright, L.J., Johnson, S., Yousif, A. 1992. Temporal and spatial distribution of harmful *Chaetoceros* spp. within several southern British Columbia coastal waters (Queen Charlotte, Johnstone and Georgia Straits) and several of their contiguous inlets. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49, 1924–1931.
3. Albright, L.J., Yang, C., Johnson, S. 1993. Sub-lethal concentrations of the harmful diatoms *Chaetoceros concavicornis* and *C. convolutes* increase mortality rates of penned Pacific Salmon. *Aquaculture* 117, 215–225.
4. Anderson, D.M, Fukuyu, Y., Matsuoka, K. 1995. Cyst methodology. En: *Manual on Harmful Marine Microalgae*. Hallegraeff G.M, Anderson D.M., Cembella A.D. (eds). IOC Manuals and Guides N° 33, UNESCO. 229 – 249.
5. Anderson, D.M., Andersen, P., Bricelj, V.M., Cullen, J.J., Rensel, J.E. 2001. Monitoring and management strategies for harmful algal blooms in coastal waters. APEC #201–MR–01.1 Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Tech. Ser. No 59 Paris.
6. Avaria, S., Cáceres, C., Muñoz, P. 2004. Distribución del microfitoplancton marino entre el Golfo Corcovado y el Estero Elefantes en la primavera de 1998 y en el verano de 1999 (Crucero Cimar 4 Fiordos). *Cienc. Tecnol. Mar.* 27: 17–47.
7. Bravo, I., Vila, M., Masó, M., Figueroa, R.I., Ramilo, I. 2008. *Alexandrium catenella* and *Alexandrium minutum* blooms in the Mediterranean Sea: Toward the identification of ecological niches. *Harmful Algae* 7, 515–522.
8. Bruno, D.W., Dear, G., Seaton, D.D. 1989. Mortality associated with phytoplankton blooms among farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Scotland. *Aquaculture* 78, 217 – 222.
9. Burkholder J.M., Glibert, P.M., Skelton, H.M. 2008. Mixotrophy, a major mode of nutrition for harmful algal species in eutrophic waters. *Harmful Algae* 8, 77–93.
10. Burrige, L.E., Martin, J.L., Lyons, M.C., LeGresley, M.M. 2010. Lethality of microalgae to farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 308: 101–105.
11. Cassis, D., Muñoz, P., Avaria, S. 2002. Variación temporal del fitoplancton entre 1993 y 1998 en una estación fija del seno Aysén, Chile (45° 26`S–73° 00`W). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 37 (1): 43–65.
12. Cembella, A.D., Ibarra, D.A., Diogene, J., Dahl, E. 2005. Harmful algal blooms and their assessment in fjords and coastal embayments. *Oceanography* 18 (2), 158–171.

13. Clément, A., Lembeye, G. 1993. Phytoplankton monitoring programme in the fish farm region of South of Chile. En: Smayda, T.J., Shimizu, Y. (Eds.). Toxic phytoplankton blooms in the sea, pp. 223–228.
14. Clément, A. 1994. Harmful blooms of *Leptocylindrus minimus* in Southern Chile. Harmful Algae News, 8: 1.
15. Clément, A., Seguel, M., Arzul, G. 1999. Fish kill in Chile associated with bloom of *Gymnodinium* sp. Harmful Algae News 19, 5–6.
16. Clément, A., A. Aguilera, & C. Fuentes. 2002. Análisis de la Marea Roja en el Archipiélago de Chiloé, Contingencia verano 2002. Resumen. XXII Congreso de Ciencias del Mar. Valdivia, UACH. Chile.
17. Clément A., Mardones, J., Moyano, A. & Rojas, X. 2010. Floración de la diatomea *Eucampia* e Irregularidades en Salmónidos. Boletín N° 8. Programa Monitoreo de Fitoplancton, INTESAL. Abril 20, 2010.
18. Cochlan, W.P., Herndon J., Kudela, R.M. 2008. Inorganic and organic nitrogen uptake by the toxigenic diatom *Pseudo-nitzschia australis* (Bacillariophyceae).
19. Eppley, R.W, & Peterson, B. J. 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. Nature, Lond. 282: 677-680
20. Erard-Le Denn, E., Ryckaert, M. 1990. Trout mortality associated to *Distephanus speculum*. In: Granéli, E., Sundström, B., Edler, L., Anderson, D.M. (Eds.), Toxic marine Phytoplankton. Elsevier, New York, p. 137.
21. Fuentes, C., Clément, A. & Aguilera, A. 2008. Summer *Alexandrium catenella* bloom and the impact on fish farming, in the XI Aysén region, Chile: In: Proceedings of the 12th International Conference on Harmful Algae and International Oceanographic Commission of UNESCO. Copenhagen, 183-186. Moestrup. O et al (eds).
22. Fukuyo Y. 2003. Red-Tides species and environmental conditions. En Red Tides. T. Okaichi (ed). Ocean Sciences Research Volume 4, 364–367.
23. Glibert, P.M., Anderson, D.M., Gentien, P., Granéli, E., Sellner, K.G. 2005. The global, complex phenomena of harmful algal blooms. Oceanography 18 (2), 136–147.
24. Granéli, E., Weberg, M., Salomon P.S. 2008. Harmful algal blooms of allelopathic microalgal species: The role of eutrophication.
25. Harrison, P.J., Thompson, P.A., Guo, M., Taylor, F.J.R. 1993. Effects of light, temperature and salinity on the growth rate of harmful marine diatoms, *Chaetoceros convolutes* and *C. concavicornis*, that kill net pen salmon. J. Appl. Phycol. 5, 259–265.
26. Horner, R.A., Postel, J.R., Rensel, J.E. 1990. Noxious phytoplankton blooms in western Washington waters. A review. IN: Granéli, E., Sundström, B., Edler, L., Anderson, D.M. (Eds.), Toxic Marine Phytoplankton. Elsevier, New York, pp. 171–176.

27. Horner, R.A., Garrison, D.L., Plumley, F.G. 1997. Harmful algal blooms and red tide problems on the U.S West coast. *Limn. and Oceanography* 42, 1076–1088.
28. Iriarte, J.L., González, H.E., 2008. Phytoplankton bloom ecology of the inner Sea of Chiloé, Southern Chile. *Nova Hedwigia*, Beiheft 133, 67–79.
29. Iriarte, J.L., González, H.E., Liu, K.K., Rivas, C., Valenzuela, C., 2007. Spatial and temporal variability of chlorophyll and primary productivity in surface waters of southern Chile (41.5–43°S). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 74, 471–480.
30. Kent, M.L., Whyte, J.N.C., LaTrace, C. 1995. Gill lesions and mortality in seawater penreared Atlantic salmon *Salmo salar* associated with a dense bloom of *Skeletonema costatum* and *Thalassiosira* species. *Dis. Aquat. Org.* 22, 77–81.
31. Lembeye G. 2004. Distribución del quiste *Alexandrium catenella* y otros dinoflagelados en sedimentos de la zona sur austral de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar* 27 (2), 21–31.
32. Mardones, J., Clément, A., Rojas, X., & Aparicio, C. 2010. *Alexandrium catenella* during 2009 in Chilean waters and recent expansion to coastal ocean. *HAN* ° 41. IOC.
33. Martin, J.L., Hasteley, C.D., LeGresley, M.M., Page, F.H. 2007. Temporal and spatial characteristic of the diatom *Eucampia zodiacus* in the Western Isles region of the Bay of Fundy. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2705 iii + 22 pp.
34. McGillicuddy, D.J. Signell, R.P., Stock, C.A., Keafer, B.A., Keller, M.D., Hetland, R.D., Anderson, D.M. 2003. A mechanism for offshore initiation of harmful algal blooms in the coastal Gulf of Maine. *J. of Plank Res* 25 (9), 1131–1138.
35. Molinet C., Lafón A., Lembeye G. & Moreno C.A. 2003. Patrones de distribución espacial y temporal de floraciones de *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoid) Balech 1985, en aguas interiores de la Patagonia noroccidental de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 76, 681–698.
36. Montero, P., Daneri, G., González, H.E., Iriarte, J.L., Tapia, F.J., Lizárraga, L., Sánchez, N., Pizarro, O. 2011. Seasonal variability in primary production in a fjord ecosystem of the Chilean Patagonia: implications for the transfer of carbon within pelagic food webs. *Continental Shelf Research* 31, 202–215.
37. Nishikawa, T., Hori, Y., Tanida, K., Imai, I. 2007. Population dynamics of the harmful diatom *Eucampia zodiacus* Ehrenberg causing bleaching of *Porphyra thalli* in aquaculture in Harima–Nada, the Seto Inland Sea, Japan. *Harmful Algae* 6, 763–773.
38. Nishikawa, T., Tarutani, K., Yamamoto, T. 2008. Nitrate and phosphate uptake kinetics of the harmful diatom *Eucampia zodiacus* Ehrenberg, a causative organism in the bleaching of aquacultured *Porphyra thalli*. *Harmful Algae* 8, 513–517.

38. Nishikawa, T., Tarutani, K., Yamamoto, T. 2008. Nitrate and phosphate uptake kinetics of the harmful diatom *Eucampia zodiacus* Ehrenberg, a causative organism in the bleaching of aquacultured *Porphyra* thalli. *Harmful Algae* 8, 513–517.
39. Pickard, G.L., 1971. Some physical oceanographic features of inlets of Chile. *J. Fish. Res. Board Can.* 28, 1077–1106.
40. Pizarro, G., Iriarte, J.L., Montecino, V., Blanco, J.L., Guzmán, L., 2000. Distribución de la biomasa fitoplanctónica y productividad primaria máxima de fiordos y canales australes (47° – 50° S) en octubre 1996. *Ciencia y Tecnología del Mar* 23, 25–48.
41. Pizarro, G., Astoreca, R., Montecino, V., Paredes, M.A., Alarcón, G., Uribe, P., Guzmán, L., 2005. Patrones espaciales de la abundancia de la clorofila, su relación con la productividad primaria y la estructura de tamaños del fitoplancton en Julio y Noviembre de 2001 en la región de Aysén (43°–56°S). *Ciencia y Tecnología del Mar* 28(2), 27–42.
42. Prego, R., Pazos, Y., Maneiro, J., Mariño, J. 1998. First bloom of silicoflagellate *Dyctiocha speculum* causing mortality in a Galician Ria (NW Spain). In Reguera, B., Blanco, J., Fernández, M.L., Wyatt, T. (Eds.), *Harmful Algae*, Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. p, 106.
43. Rhodes, L.L., Haywood, A.J., Ballantine, W.J., MacKenzie, A.L. 1993. Algal blooms and climate anomalies in north–east New Zealand, August–December 1992. *N.Z.J. Mar. Freshw. Res* 27, 419–430.
44. Romero, O. 1994. Variación morfológica de *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve (Bacillariophyceae) en el Fiordo Aysén, Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 29 (1), 1–21.
45. Seguel, M., Tocornal, M.A., Sfeir, A. 2005. Floraciones algales nocivas en los canales y fiordos del sur de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar.* 28 (2), 5–13.
46. Sunesen, I., Bárcena, A., Sar, E.A. 2009. Diatomeas potencialmente nocivas del Golfo San Matías (Argentina). *Rev. Biol. Mar. Oce.* 44 (1), 67–88.
47. Tang, J.Y.M., Au, D.W.T. 2004. Osmotic distress: a probable cause of fish kills on exposure to a subloom concentration of the toxic alga *Chatonella* marina. *Environ. Toxicol. Chem.* 23, 2727–2736.
48. Tillman, U., John, U., Cembella, A. 2007. On the allelochemical potency of the marine dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* against heterotrophic and autotrophic protists. *J. of Plank Res* 29 (6), 527–543.
49. Tillmann U., Tillman A., Uwe J., Cembella A. 2008. Allelochemical interactions and short-term effects of the dinoflagellate *Alexandrium* on selected photoautotrophic and heterotrophic protist. *Harmful Algae* 7, 52–64.
50. Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton. *Methodik. Mitt. Int. Ver. Theor Angew Limnol* 9, 1–39.

50. Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton. Methodik. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol 9, 1–39.
51. Vila M., Garcés E., Masó M. & Camp. J. 2001. Is the distribution of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* expanding along NW Mediterranean coast? Mar Ecol Prog Ser 222, 73–83.
52. Yamaguchi M.S, Itakura S., Nagasaki K. & Imai I. 1996. Distribution and abundant of resting cysts of the toxic dinoflagellates *Alexandrium tamarensis* and *A. catenella* in sediments of the eastern Seto Inland Sea, Japan. IN: Harmful and Toxic Algal Blooms, Yasumoto T., Oshima Y. & Fukuyo Y. (eds). Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. 177–180.
53. Yamasaki, Y., Nagasoe, S., Matsubara, T., Shikata, T., Shimasaki, Y., Oshima, Y., Honjo, T. 2007. Allelopathic interactions between the bacillariophyte *Skeletonema costatum* and the raphidophyte *Heterosigma akashiwo*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 339, 83–92.
54. Yang, C., Albright, J.L. 1992. Effects of the harmful diatom *Chaetoceros concavicornis* on respiration of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Dis. Aquat. Org. 14, 105–114.

## ■ TRABAJO CONJUNTO INTESAL –CIEP



Este compendio nace en el marco del convenio establecido entre la Asociación de la Industria del Salmón de Chile A.G. (SalmonChile) y el Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), creado en el marco del Programa Regional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile de CONICYT y el Gobierno Regional de Aysén.



El CIEP comenzó sus actividades a fines del año 2005 y se proyecta como un importante centro de excelencia académica y de investigación que tiene entre sus ámbitos de acción la Acuicultura. SalmonChile, entendiendo la importancia de establecer vínculos con este tipo de instituciones, principalmente en aquellas Regiones donde se desarrolla la actividad de industria salmonicultora, ha sido parte del Comité Estratégico, aportando además al financiamiento de Programas y Proyectos ejecutados por CIEP que son de interés para el sector.

El Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia ha permitido el desarrollo de investigación fundamental y aplicada en Aysén, ofreciendo un marco de referencia para organizaciones públicas, privadas y académicas. Responde en especial a la necesidad regional de contar con una institución dedicada a la investigación, innovación y transferencia tecnológica, al alinear su estrategia de acción sobre las prioridades productivas y fortalecer redes de colaboración nacional e internacional que benefician al desarrollo regional. El protagonismo asumido por el Centro le ha valido la categorización y desafío de ser el “brazo tecnológico del Gobierno Regional de Aysén”. Destaca asimismo el aporte que brinda al desarrollo sustentable de la Región de Aysén, a través de investigación científica de excelencia y pertinente a los intereses de la comunidad y sectores productivos.

## Visión

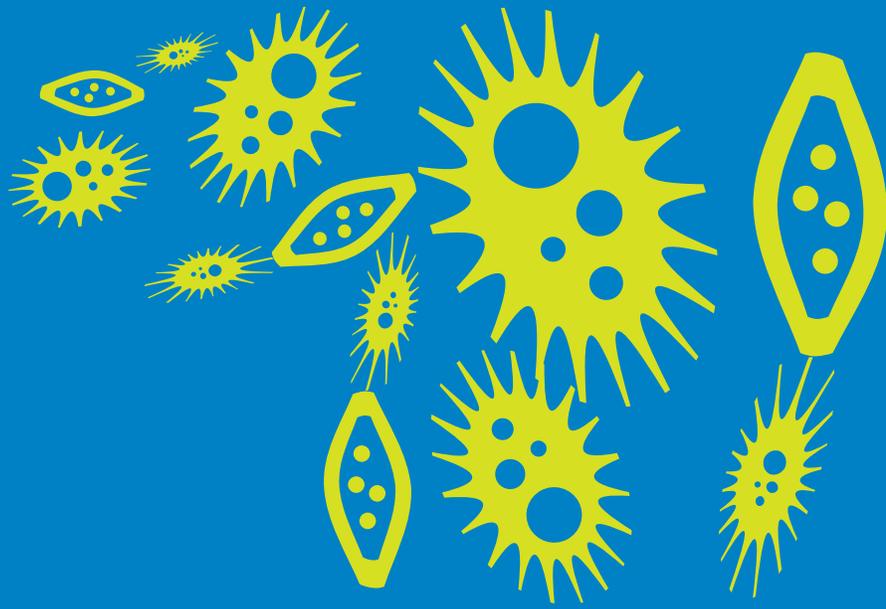
El CIEP aspira ser un referente mundial en investigaciones relacionadas con el desarrollo y la sostenibilidad de ecosistemas patagónicos, habiendo logrado implementar una institucionalidad que garantiza su autonomía y consolida sus fuertes vínculos con otros centros de investigación, con sectores académicos, empresariales y públicos.

## Misión

Su principal objetivo se centra en aportar al desarrollo y sustentabilidad de la Patagonia a través de investigación científica de excelencia y pertinente a los intereses de la comunidad y sectores productivos.

## Objetivos

- Consolidar la investigación fundamental en ecosistemas acuáticos y terrestres, en particular para determinar el impacto del cambio climático en los ecosistemas regionales.
- Promover el desarrollo de actividades productivas sustentables, en particular en los sectores acuicultura, turismo y pesca artesanal.
- Intensificar la investigación aplicada y fomentar el traspaso de conocimiento científico a la sociedad regional.
- Extender las redes científicas internacionales para multiplicar las investigaciones desarrolladas en la región y mejorar la calidad del conocimiento de sus ecosistemas.



SalmonChile  
Intesal

