



Universidad Austral de Chile

**Facultad de Ciencias
Escuela de Biología Marina**

**PROFESOR PATROCINANTE:
DR. JORGE TORO Y.
INSTITUTO DE BIOLOGÍA MARINA**

**“VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTONICA DURANTE
CICLOS MAREALES, ABUNDANCIA, BIOVOLUMEN, COMPOSICIÓN DE ESPECIES
Y SUS RELACIONES CON VARIABLES AMBIENTALES EN EL ESTUARIO DEL RIO
QUEMPILLÉN, X REGION, CHILE**

Tesis de Grado presentada como
parte de los requisitos para optar
al Título de Biólogo Marino.

**RODRIGO SCHEIHING AGUILA
VALDIVIA – CHILE
2004**

Agradecimientos

Primero que todo quiero agradecer a mi familia, Papá, Mamá, Tata, Oriana, Marcia, Vicente, Tahina y Bebe por el apoyo, la confianza y el esfuerzo durante todos estos años, muy en especial a mi mamá, quien siempre me ha apoyado en todos mis proyectos, Gracias.

A mis profesores, patrocinante e informantes, Prof. Jorge Toro, Prof. Oscar Chaparro y Prof. Guillermo Valenzuela, quienes siempre tuvieron la mejor disposición y gran paciencia para responder mis preguntas e inquietudes.

A la Dra. Elena Clasing y a la Prof. Gladis Asencio, quienes me brindaron un constante apoyo en mi formación, no sólo como profesional sino también como persona.

A Mauro, Yina y Cristian por su infatigable paciencia, por explicarme lo inexplicable y por su amabilidad gracias.

A mis amigos de siempre, Marcos Geremías, Paco, Ita Maud, Vania Carolina, Poncho Smiker, Gómez, Claudio, Rigo y todos los que formaron parte de este largo proceso de aprendizaje.

A todas las personas ligadas a la carrera y que tuvieron siempre buena onda, en las distintas actividades que realice durante mi vida universitaria, Sra. Rosa, Sra. Oriana, Alex, Geisy, Johana.

Esta Tesis fue financiada por el proyecto FONDECYT 1020171

INDICE

Agradecimientos	1
ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE FIGURAS	5
I. RESUMEN	8
II. ABSTRACT	10
III. INTRODUCCIÓN	12
IV. METODOLOGÍA	18
1. <i>Área de trabajo</i>	18
2. <i>Diseño del muestreo</i>	18
3. <i>Variables Ambientales</i>	20
3.1. <i>Cuantificación del seston total (orgánico e inorgánico)</i>	20
3.2. <i>Cuantificación de la Clorofila a</i>	20
3.3. <i>Temperatura y Salinidad</i>	21
3.4. <i>Determinación de la distribución del tamaño de partícula</i>	21
4. <i>Análisis estadístico</i>	22
V. RESULTADOS	23
1. <i>Composición de especies</i>	23
2. <i>Abundancia y biovolumen fitoplanctónico</i>	23
3. <i>Abundancia y biovolumen fitoplanctónico por grupo</i>	27
4. <i>Variables ambientales</i>	27
4.1 <i>Clorofila "a" y Feopigmentos</i>	27
4.2 <i>Cuantificación de Seston</i>	28

4.3	<i>Temperatura y Salinidad</i>	29
4.4	<i>Distribución del tamaño de la partícula</i>	29
VI.	DISCUSIÓN	30
VII.	CONCLUSIÓN	36
VIII.	LITERATURA CITADA	38
ANEXOS		
1.	TABLAS	45
2.	FIGURAS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas

1. Composición y presencia de las especies de fitoplancton identificadas en las cuatro estaciones del año. * marca la presencia de la especie en el respectivo mes.
2. Tamaños promedio de las distintas especies fitoplanctónicas identificadas durante el periodo de estudio
3. Horas de muestreo y los ciclos mareales para los cuatro meses observados, marea alta en verde y marea baja sin colorear.
4. Estandarización de las horas de muestreo y los ciclos mareales para los cuatro meses observados, marea alta en verde y marea baja sin colorear.
5. Análisis de varianza (Multifactor Anova) para arcotangente de la abundancia con relación a los meses de muestreo y la composición de especies fitoplanctónicas
6. Análisis de varianza (Multifactor Anova) para el biovolumen con relación a los meses de muestreo y la composición de especies del fitoplancton.
7. Prueba múltiple para grupos homogéneos, método de Tukey HSD al 95,0%, con relación a los meses de muestreo y la composición de especies, para arco tangente de la abundancia y el biovolumen. La posición de las x indica la similitud entre grupos.
8. Análisis de varianza (Multifactor Anova) para arcotangente de la abundancia con relación a la hora de muestreo de los meses del año muestreados con la composición de especies fitoplanctónicas.
9. Análisis de varianza (Multifactor Anova) para biovolumen con relación a la hora de muestreo en los distintos meses del año y la composición de especies.
10. Cuadro resumen de las condiciones bio-oceanográficas generales para las distintas estaciones del año representadas por los meses de muestreo.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1. Mapa de la Isla de Chiloé, donde se muestra el sector de Quempillén, área en la cual se realizó el estudio.
2. A) abundancia fitoplanctónica; B) biovolumen fitoplanctónico, en porcentaje de los grupos más importantes durante las cuatro estaciones del año. Verano (enero), otoño (Abril), invierno (Agosto) y primavera (Noviembre)
3. Abundancia (Cel/L-1) y Biovolumen (mg/L-1) fitoplanctónico para las cuatro estaciones del año, representadas por los meses de muestreo: A) Enero, B) Abril, C) Agosto y D) Noviembre. La superficie achurada corresponde a marea alta.
4. Abundancia promedio (millones Cel/L), para las cuatro estaciones del año, verano (Enero), otoño (Abril), invierno (Agosto) y primavera (Noviembre).
5. Biovolumen promedio (mg/L), para las cuatro estaciones del año, verano (Enero), otoño (Abril), invierno (Agosto) y primavera (Noviembre).
6. Prueba gráfica para grupos homogéneos, método de Tukey HSD al 95,0%, con relación al arcotangente de la abundancia en las estaciones del año (ATAN Abun) y la composición de especies. 1 verano (Enero) 2 otoño (Abril) 3 invierno (Agosto) 4 primavera (Noviembre)
- 7.. Prueba gráfica para grupos homogéneos, método de Tukey HSD al 95,0%, con relación al biovolumen de las estaciones del año (Bio) y la composición de especies. 1 verano (Enero) 2 otoño (Abril) 3 invierno (Agosto) 4 primavera (Noviembre)
8. Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, con relación al arco tangente de la abundancia del mes de Verano (Enero) (ATAN Abun) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.
9. Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, con relación al biovolumen del mes de Verano (Enero) (Bio) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.

- 10.** Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, con relación al arco tangente de la abundancia del mes de otoño (Abril) (ATAN Abun) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.
- 11.** Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, con relación al biovolumen del mes de otoño (Abril) (Bio) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.
- 12.** Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, con relación al arc tangente de la abundancia del mes de invierno (Agosto) (ATAN Abun) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.
- 13.** Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, con relación al biovolumen del mes de invierno (Agosto) (Bio) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.
- 14.** Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, con relación al arc tangente de la abundancia del mes de primavera (Noviembre) (ATAN Abun) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.
- 15.** Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, con relación al biovolumen del mes de primavera (Noviembre) (Bio) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.
- 16.** Abundancia (Cel/L-1) y Biovolumen (mg/L⁻¹) fitoplanctónico de los grupos taxonómicos, más importantes, presentes en la estación de verano (Enero): A) Microflagelados B) Diatomeas penadas C) Diatomeas centrales D) Otras Spp. La superficie achurada corresponde a marea alta.
- 17.** Abundancia (Cel/L-1) y Biovolumen (mg/L⁻¹) fitoplanctónico de los grupos taxonómicos más importantes, presentes en la estación de otoño (Abril): A) Microflagelados B) Diatomeas penadas C) Diatomeas centrales. La superficie achurada corresponde a marea alta.
- 18.** Abundancia (Cel/L-1) y Biovolumen (mg/L⁻¹) fitoplanctónico de los grupos taxonómicos más importantes, presentes en la estación de invierno (Agosto): A) Microflagelados B) Diatomeas penadas C) Diatomeas centrales. La superficie achurada corresponde a marea alta.

- 19.** Abundancia (Cel/L-1) y Biovolumen (mg/L⁻¹) fitoplanctónico de los grupos taxonómicos más importantes, presentes en la estación de primavera (Noviembre): A) Microflagelados B) Diatomeas penadas C) Diatomeas centrales D) Otras Spp. La superficie achurada corresponde a marea alta.
- 20.** Perfil de Clorofila a y feopigmentos (mg/L⁻¹) registrada para las cuatro estaciones del año, representadas por los meses de muestreo: A) Enero, B) Abril, C) Agosto. La superficie achurada corresponde a marea alta.
- 21.** Relación clorofila a v/s: A) Seston Orgánico, B) Abundancia, C) Biovolumen de la comunidad fitoplanctónica presente en todas las cuatro estaciones del año en el estuario del río Quempillén.
- 22.** Seston total, orgánico e inorgánico (mg/L⁻¹), registrado para las cuatro estaciones del año, representadas por los meses de muestreo: A) Enero, B) Abril, C) Agosto. La superficie achurada corresponde a marea alta.
- 23.** Relación Seston Orgánico v/s A) Abundancia, B) Biovolumen de la comunidad fitoplanctónica presente en las cuatro estaciones del año en el estuario del río Quempillén.
- 24.** Temperatura (°C) y Salinidad (psu) registrada para las cuatro estaciones del año, representadas por los meses de muestreo: A) Enero, B) Abril, C) Agosto D) Noviembre. La superficie achurada corresponde a marea alta.
- 25.** Relación Salinidad v/s A) Abundancia, B) Biovolumen de microflagelados presente en las cuatro estaciones del año en el estuario del río Quempillén.
- 26.** Distribución del tamaño de partícula para las cuatro estaciones del año en el estuario del río Quempillén, representadas por los meses de muestreo A) Enero, B) Abril, C) Agosto, D) Noviembre. La sección achurada corresponde marea alta

I. RESUMEN

En Chile, la mayoría de los estudios sobre fitoplancton han estado enfocados hacia la identificación, composición de las especies y su distribución espacial, así como también, a las fluctuaciones anuales y estacionales de las comunidades fitoplanctónicas.

Los objetivos de esta Tesis fueron estudiar el comportamiento de la comunidad fitoplanctónica a través de todo un ciclo mareal en las cuatro estaciones del año 2003. Se determinó la dinámica poblacional a micro escala y se correlacionó con factores ambientales que regulan la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el estuario del río Quempillén ($41^{\circ} 52' S$; $73^{\circ} 46' W$). El análisis de la abundancia de las muestras de fitoplancton se realizó de acuerdo al método de Uthermöhl. La biomasa fue calculada en forma indirecta a partir del volumen celular.

La diversidad de especies fitoplanctónicas estuvo representada por diatomeas, centrales, penadas y microflagelados, que se mantuvieron a través de las cuatro estaciones. Las abundancias mostraron un patrón típico para aguas frías templadas donde dominan las diatomeas sobre los demás grupos taxonómicos, registrando los promedios estacionales más altos en el mes de primavera (Noviembre).

Las comunidades de microalgas se caracterizaron por presentar una variada composición de micro flagelados, que no superan los 10 a 15 μm . La variación a lo largo del ciclo mareal en las cuatro estaciones del año está dada principalmente por la abundancia de los microflagelados.

Las variables ambientales del estuario no presentaron grandes fluctuaciones, debido a la baja profundidad de donde fueron tomadas las muestras de fitoplancton, esto contribuye a que la columna de agua se mantenga estable y homogénea a lo largo de las cuatro estaciones del año permitiendo una alta dominancia de microflagelados de diverso tamaño por un periodo de tiempo prolongado. Esto concuerda con la dispersión del tamaño de las partículas, ya que más del 90% de éstas se encuentra entre 1 y 10 μm .

El muestreo a microescala, permite realizar una observación continua y diaria de la comunidad fitoplanctónica como oferta alimentaria para los organismos invertebrados de cultivo y aquellos que se desarrollan normalmente en el estuario.

II. ABSTRACT

In Chile most phytoplankton studies focussed towards the taxonomic identification, species composition and spatial distribution, as well as its annual and seasonal fluctuations of the phytoplankton community.

The objectives of the present study were to study the pattern of distribution and abundance of the phytoplankton community through a complete tidal cycle during four consecutive seasons in 2003. The population dynamic of the species was determined based in a temporal micro-scale sampling desing and its abundance was correlated with the main environmental variables that regulate the composition and abundance of the phytoplankton community in the Quempillén River Estuary ($41^{\circ} 52' S$; $73^{\circ} 46' W$). The analysis of the samples were carried out according to Uthermöhl method. Furthermore, the biomass was indirectly estimated using the volume of the phytoplankton cell.

The phytoplanktonic species diversity was represented by central and pennate diatoms and microflagellates, which were present through out the four seasons of the year. Phytoplankton abundance showed a typical pattern for temperate cold waters, where diatoms predominated over the other taxonomic groups, registering the higher average values during spring (November).

The microalgae community was characterized by a high number of microflagellates species sized between $10 \mu m$ to $15 \mu m$. The abundance of this taxa was the only that presented a pattern linked to tidal cycles for each of the four seasons.

The estuarine environmental variables showed only small fluctuations, and this because samples were taken at the bottom of the estuary water column, where physical variables showed less variation resulting in a prolonged high dominance of microflagellates of different sizes. This finding is corroborated by the size particle dispersion, where over 90% of these microalgae measured between 1 and 10 μm .

The temporal micro-scale sampling, allowed to carry out a continuous observation of the phytoplanktonic community as a food supply for those cultivated invertebrates and those living among the macroinfauna of the estuary.

III. INTRODUCCIÓN

El fitoplancton se define como la fracción vegetal de la comunidad que vive suspendida en el agua (Reynolds 1983) y está constituido por un conjunto de organismos microscópicos, que en general son transportadas en forma pasiva por el movimiento de las masas de agua (Alvial & Avaria, 1981, 1982; Muñoz & Alvial, 1986a), en su mayoría fotosintéticos, unicelulares o formando cadenas y que se distribuye ampliamente en aguas oceánicas, costeras, estuarinas y lacustres. Estas microalgas se concentran, principalmente en la parte superior de la columna de agua (zona fótica), donde se favorecen los procesos de fotosíntesis y se constituye en la puerta de entrada de la energía solar a los ecosistemas marinos (Margalef, 1958, 1967, 1978; Muñoz & Alvial, 1986a, 1986b; Alvial & Avaria, 1982). En virtud a procesos adaptativos convergentes al medio físico altamente estable y heterogéneo en el que habitan estas microalgas, son consideradas como las principales productores primarios en estos ecosistemas, por cuanto a través de éstas se genera materia orgánica y energía, la que queda disponible para los distintos niveles tróficos (Alvial & Avaria, 1982; Muñoz & Alvial, 1986b). Así, desde el punto de vista trófico, las oscilaciones acontecidas a nivel de los productores primarios tienen efecto en todo el ecosistema marino, pudiendo ocasionar, cambios en productividad, en cualquiera de sus niveles.

En Chile, hasta hace unos años, la mayoría de los estudios sobre fitoplancton han estado enfocados hacia la identificación, composición de las especies y su distribución espacial (Avaria, 1965, 1970; Avaria & Orellana, 1975; Rivera & Arcos 1975; Rodríguez, 1987), así como también, hacia investigaciones sobre la oscilación

anual o estacional de los ensambles de fitoplancton, incluyendo estimaciones de la abundancia y biovolumen (Avaria, 1975; Pizarro, 1976; Clément & Lembeye, 1993). En la zona sur del país los estudios existentes son principalmente de tipo descriptivos, incluyendo análisis cuantitativos y cualitativos del fitoplancton, en relación con algunas variables bióticas y abióticas (Winter et al, 1983; Toro 1981; Toro et al, 1999a). También existen estudios que dan cuenta de la variación temporal y estacional del fitoplancton (Toro,1984;1985; Clement & Lembeye, 1993,Toro et al, 1999b). Arcos et al, (1987) realizaron estudios sobre la variación diaria, dentro de un ciclo de marea, observando si existen diferencias en distinto momento, como un fenómeno a micro escala temporal y la relación existente con variables bióticas y abióticas en la Bahía de Concepción, trabajo que analiza alguna de las variables que estarían influyendo sobre la dinámica costera.

La composición de especies de microalgas planctónicas, tanto cuantitativa como cualitativa en un ambiente estuarino, depende de variables físicas tales como temperatura, salinidad, circulación de las aguas como también de variables químicas tales como nutrientes y su tasa de renovación (Toro et al, 1984). Este conjunto de factores podría estar determinando la presencia de una comunidad fitoplanctónica característica para cada tipo de estuario (Wood & Andrews, 1967). Las mareas con el flujo y reflujo, distribuyen en forma diferente la composición de la comunidad fitoplanctónica en marea alta y baja y actúa con distinta intensidad a lo largo de un estuario (Kutchum, 1954, 1967). El gran aporte de material terrígeno hacia los estuarios y bahías contribuye a enriquecer los distintos cuerpos de agua, caracterizados por diversos gradientes de luz, temperatura, distribución de nutrientes y materia orgánica

suspendida, lo que sumado en algunas ocasiones, a la relativa estabilidad de las aguas permite una mayor penetración batimétrica de la luz. Lo anterior asociado a una estabilidad de las variables abióticas determinan una productividad primaria relativamente alta (Paredes & Villagra, 1993).

La alta productividad primaria de los estuarios, producto del fitoplancton se ve reflejada por la presencia de una gran cantidad de organismos invertebrados sedentarios filtradores, los que tienen ventaja sobre otros organismos no filtradores que se desarrollan en un estuario (Ketchum, 1967; Sayda, 1983). En efecto, para los organismos filtradores las microalgas planctónicas representa gran parte de su oferta alimentaria disponible en el cuerpo de agua (Toro, 1984) y es de importancia fundamental en lugares destinados a la acuicultura de estos organismos. Asimismo el potencial que poseen estas microalgas para la producción de una gran variedad de productos asociados a ellas.

Las características adaptativas que presenta el fitoplancton tienen relación con la resistencia a la sedimentación, absorber rápidamente nutrientes cuando están disponibles o acumularlos intracelularmente cuando escasean, ciclos de vida cortos que incluyen la formación de esporas de resistencia o de células de reposo, por lo cual sobreviven a periodos desfavorables, siendo capaces de colonizar ambiente altamente desfavorables (Lewis, 1976).

El fitoplancton produce 27×10^9 ton C al año y es responsable de la liberación de un enorme volumen de oxígeno a la atmósfera (Berger, 1989). Además, es la base para el sostenimiento de todas las pesquerías y cultivo de moluscos filtradores del mundo. Si bien la utilización del fitoplancton como fuente de proteínas es actualmente

muy controvertida (Lara et al, 1996), numerosas investigaciones básicas, como aplicadas en cultivo de laboratorio o masivo de algunas especies, demuestran que la biomasa microalgal puede ser fuente de productos farmacéuticos, biofertilizantes, acondicionadora de suelos, purificadora aeróbica de aguas contaminadas y como alimento para los organismos de la empresa acuícola (Boussiba, 1988).

En función de la alta productividad en los ecosistemas naturales y las aplicaciones mencionadas, actualmente se reconoce la gran importancia del fitoplancton y la necesidad de realizar estudios científicos que den cuenta de la dinámica diaria, estacional y el comportamiento de la comunidad de microalgas, realizando estudios sistemáticos en la naturaleza, concernientes a evaluar la composición de la comunidad, su estructura, posibles propiedades y aplicaciones, ya que esto podría explicar muchas de las incógnitas a nivel de productores primarios y de la cadena trófica superior.

La presente investigación caracteriza los factores bióticos y abióticos que regulan la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en el estuario del río Quempillén. Además, se estudió el comportamiento de la comunidad fitoplanctónica a escala micro temporal, con el fin de establecer si existen fluctuaciones diarias o estacionales y cómo estas comunidades estarían influenciadas por los distintos ciclos mareales, a través de la dinámica de las masas de agua que están influyendo en este estuario. También se determinó la existencia de posibles relaciones, dentro de un ciclo mareal, en la composición de especies de fitoplancton, su abundancia, en número de Cel/L y biovolumen durante las cuatro estaciones del año, observando la dinámica de la comunidad fitoplanctónica a nivel de micro escala temporal.

Sobre la base de los antecedentes ya mencionados se plantean las siguientes Hipótesis:

- 1) La existencia de diferencias estacionales en las características de la columna de agua, impactan a la comunidad fitoplanctónica del estuario Quempillén, determinando variaciones en la abundancia, biovolumen y composición específica.

- 2) Las alteraciones ambientales generadas por los ciclos de marea, producto del ingreso de aguas marinas y llegada de aguas limnéticas, en el estuario Quempillén, producen alteraciones a escala horaria en la abundancia, biovolumen y composición específica.

Objetivo General

- Describir la variación de la comunidad fitoplanctónica dentro de un ciclo mareal durante las cuatro estaciones del año, en el estuario del río Quempillén.

Objetivos Específicos

- Identificar la composición específica de especies fitoplanctónicas a escala horaria para un ciclo mareal en las diferentes estaciones del año.

- Determinar la abundancia y biovolumen de la comunidad fitoplanctónica cada una hora durante un ciclo mareal, para las diferentes estaciones del año.

- Determinar la abundancia y biovolumen fitoplanctónico dentro de cada ciclo mareal en cada una de las cuatro estaciones del año.
- Determinar si existe una relación entre la abundancia y el biovolumen en cada ciclo mareal.
- Cuantificar variables de la columna de agua tales como: Clorofila *a* y Seston total (orgánico e inorgánico), temperatura y salinidad en las cuatro estaciones y a lo largo de cada ciclo mareal estudiado.
- Determinar la relación entre las variables bióticas y abióticas, a escala horaria, mareal y estacional de la comunidad fitoplanctónica.

IV. MATERIAL Y MÉTODO

1. Área de trabajo

Las muestras de fitoplancton fueron colectadas en el estuario el río Quempillén ($41^{\circ} 52' S$; $73^{\circ} 46' W$) ubicado a 2 Km aproximadamente de la ciudad de Ancud, Isla Grande de Chiloé. (Fig. 1)

2. Diseño del muestreo

Los muestreos de fitoplancton se realizaron en cada una de las estaciones del año Enero (verano), Abril (otoño), Agosto (invierno) y Noviembre (primavera) , con una réplica, cada una hora durante las 12 horas correspondiente a un ciclo mareal. Las muestras de fitoplancton fueron colectadas desde el centro del estuario a una profundidad de 1.5 metros y a 15 cm sobre el fondo del estuario evitando la succión de sedimento del fondo, esto se realizó por medio de una bomba de flujo (Pedrollo Top 2). Las muestras de agua fueron recolectadas en botellas volumétricas de 315 ml previa tamización a $120 \mu m$ del agua del estuario, evitando así el paso de partículas de mayor tamaño (zooplancton, macroalgas, y detritus) y fijadas con 3 ml de lugol evitando la descomposición y degradación del material biológico.

El análisis de las muestras de se realizó de acuerdo al método de recuento de células de fitoplancton de Uthermöhl (1958), técnica que proporciona información sobre la abundancia, estado de sucesión y comunidades de fitoplancton.

Previo a la cuantificación de fitoplancton, las muestras fueron dejadas sedimentar en las botellas por 36 horas, sifoneando el sobrenadante lo que permitió obtener un

volumen de reducción que varió según la muestra. Posteriormente una fracción del volumen de reducción se sedimentó en cámaras tubulares Uthermöhl de 5, 10 ó 25 ml, según la concentración de fitoplancton, durante un mínimo de 30 horas. Los recuentos e identificación de las especies fitoplanctónicas se realizaron en un microscopio invertido Olympus CK2, con un aumento de 400x, realizando en cada una de las cámaras, barridos paralelos de franjas de 10 mm de largo por 0.23 mm de ancho, identificando en cada cámara un mínimo de 100 células lo que cubre gran parte del fondo de la cámara. El error máximo de estos recuentos según la fórmula de Jovornicky (1958) es del 20%.

El biovolumen celular correspondiente a una estimación de biomasa de las distintas especies, que fue calculado en forma indirecta a partir del volumen celular, midiendo largos, anchos o diámetros de las células presentes en cada muestra, según Lohmann (1908).

Para la identificación taxonómica de las distintas especies de fitoplancton se utilizaron las claves de Avaria (1965), Rivera (1968) Rivera et al (1982), Tomas (1997) además de un registro fotográfico disponible de las especies fitoplanctónicas de la zona de Chiloé.

Para tener un registro gráfico permanente de las distintas especies de fitoplancton, se filmaron periodos cortos las distintas células presentes en la muestra, con una cámara PULNIX modelo TNC 7 inserta en el ocular del microscopio y grabadas en video por medio de un VHS.

3. Variables Ambientales

3.1. Cuantificación del seston total (orgánico e inorgánico)

Filtros de fibra de vidrio de boro silicato GC/50 de 47 mm fueron previamente lavados con agua destilada, secados a 60° C, muflados a 475° C por 4 horas y pesados,

Con el propósito de cuantificar el material particulado de la columna de agua, se filtró un litro de agua del estuario, con sus tres respectivas réplicas, en los filtros de fibra de vidrio de boro silicato de 47 mm, usando una bomba de vacío con una presión entre 5 a 10 mm Hg. Posteriormente los filtros con el material particulado, fueron secados a 60°C por 24 horas (para extraer la humedad), pesados y quemados a 475° C durante 4 horas. Se calculó la pérdida de peso debido al incinerado correspondiente a la materia orgánica. La materia inorgánica correspondió al residuo sobrante (cenizas) en los filtros, así se obtuvo la información de la materia orgánica e inorgánica presentes en la columna de agua.

3.2. Cuantificación de la Clorofila a

Para cuantificar la clorofila a ($\mu\text{g/L}^{-1}$) se filtró una muestra de un litro de agua del estuario, con sus tres respectivas réplicas, en filtros de fibra de vidrio boro silicato de 24 mm. Inmediatamente después de filtrados se almacenaron en frío (-4°C aprox.) y en oscuridad, por un período no superior a 2 semanas, evitando así la degradación de los pigmentos.

Para la extracción de la clorofila *a* se aplicaron sobre los filtros 5 ml de acetona al 90%. Luego, los filtros fueron incubados durante 16 a 18 horas en oscuridad y frío, evitando la degradación de los pigmentos. Una vez incubadas las muestras, el sobrenadante fue leído en el Fluorómetro TD 700 Turner Designs, como control se usó extracto de clorofila *a* de concentración conocida. Para la determinación de los feopigmentos presentes en la misma muestra, se le agregaron 5 ml de ácido clorhídrico (0.5 N) previa a la lectura en el mismo fluorómetro (Yentsch 1963).

3.3. *Temperatura y Salinidad*

Estas variables fueron medidas directamente en terreno, en cada periodo de muestreo, cuantificando cada una hora la temperatura (°C) y la salinidad (psu) durante el ciclo mareal mediante un Termoconductímetro YSI Incorporated Modelo 30/10 FT.

3.4. *Determinación de la distribución del tamaño de partícula*

Con el propósito de determinar la distribución del tamaño de las partículas presentes en la columna de agua se contó el número de las partículas del estuario Quempillén presentes de una muestra de agua de un 1 mL en el contador de partículas Coulter Beckman modelo Z2, en el rango de 0 a 60 μm donde se encontraba más del 90 % de las partículas de la muestra de agua.

4. *Análisis estadístico*

Para evaluar las diferencias de la abundancia como número de células fitoplanctónicas por litro de agua del estuario y el biovolumen durante los distintos meses de muestreo se utilizó el programa estadístico StatGraphics Plus 5.1, con el que se comprobaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Para ello la abundancia fue transformada y normalizada al multiplicar los valores por Arcotangente. Posteriormente se realizó un análisis de varianza tipo III, Multifactorial, donde se asoció la composición de especies de fitoplancton con la abundancia y la composición de especies de fitoplancton con el biovolumen. Este análisis se realizó en las distintas estaciones del año, como también, dentro de cada mes, evaluando las diferencias dentro de cada período. Además, se realizó un test de Tukey HSD al 95 % para representar los grupos homogéneos dentro de cada periodo.

V. RESULTADOS

1. *Composición de especies*

Durante los cuatro períodos de muestreo (Enero, Abril, Agosto y Noviembre) se determinó un total de 41 taxa, incluyendo órdenes, familias y especies de fitoplancton (Tabla 1), de las cuales 34 especies pertenecieron a la clase Bacillariophyceae (19 del orden Centrales y 15 del orden Penadas); 3 a la clase Chlorophyceae, (estableciendo una diferencia en tamaño de los Microflagelados; Microflagelados 3, entre 0 y 5 μm ; Microflagelados 2, entre 6 y 10 μm ; Microflagelados 1, entre 11 y 15 μm); 2 a la clase Dinophyceae; una a la clase Ciliata y una a la clase Silicoflagellata. En los distintos periodos de muestreo, la abundancia y composición de especies presentó una variación significativa ($P < 0.05$) en las distintas estaciones del año, determinando que la clase Bacillariophyceae constituyó el 82.9 % del total de las especies encontradas; las clases Chlorophyceae el 7.3 %; Dinophyceae el 4.8 %, Ciliae el 2.4% y Silicoflagellatae el 2.4 %.

2. *Abundancia y biovolumen de fitoplancton*

Las abundancias totales fueron dominadas por la clase Chlorophyceae, con los microflagelados de distinto tamaño, presentando una mayor abundancia por litro de agua y estando en todas las observaciones por sobre el 50 %, seguido por la clase Bacillariophyceae Centrales y Penadas. En el caso del biovolumen, el grupo dominante fueron siempre las diatomeas (Bacillariophyceae centrales), alcanzando en las estaciones de verano otoño e invierno más del 90 % del biovolumen y en primavera sobre el 70 %. En la Fig. 2 se muestra la composición de especies y su diversidad en porcentaje, de los grupos de mayor presencia en el muestreo. Aquí se compara la

abundancia de los grupos más importantes de la comunidad fitoplanctónica (Microflagelados, Diatomeas Centrales y Penadas) con los biovolúmenes de los mismos grupos, en los distintos períodos del muestreo.

La Tabla 2 muestra el tamaño (largo y ancho en μm), correspondiente al los biovolumen promedio de las distintas especies.

Las abundancias de la comunidad fitoplanctónica en verano (Enero) presentó un máximo de $0,655 \times 10^6 \text{ Cel/L}^{-1}$ en la hora 0 del muestreo (Fig. 3a) en marea alta con un promedio de $486271 \text{ Cel/L}^{-1}$ (Fig. 4). En otoño (Abril) se muestran abundancias máximas de $0,647 \times 10^6 \text{ Cel/L}^{-1}$, en la hora 12 (Fig. 3b) en marea baja, un promedio de $0,293 \text{ Cel/L}^{-1}$. El invierno (Agosto) presentó un máximo de $0,68 \times 10^6 \text{ Cel/L}^{-1}$ en la hora 12 (Fig. 3c) marea alta, un promedio de $354233 \text{ Cel/L}^{-1}$ (Fig. 4). El período de muestreo que presentó las mayores densidades de fitoplancton fue la estación de primavera (Noviembre), con un máximo de $1,543 \times 10^6 \text{ Cel/L}^{-1}$, en la hora 11 del muestreo (Fig. 3d) marea baja, y un promedio de $902667 \text{ Cel/L}^{-1}$ (Fig. 4).

Los valores de biovolumen (mg/L^{-1}) son coincidentes con la abundancia para algunos meses del muestreo. Así por ejemplo, las máximas estimaciones de biovolumen fitoplanctónica fueron en la estación de primavera (Noviembre), llegando a un máximo de $2,9 \text{ mg/L}^{-1}$, en la hora 11 del muestreo (Fig. 3d) marea baja y un promedio de $2,32 \text{ mg/L}^{-1}$ (Fig. 5). En verano un máximo de $2,00 \text{ mg/L}^{-1}$ en la hora 0 del muestreo (Fig. 3a) marea alta y un promedio de $1,6 \text{ mg/L}^{-1}$ (Fig. 5). En otoño se muestra un biovolumen máximas de $1,46 \text{ mg/L}^{-1}$, en la hora 1 (Fig. 3b) marea baja y un promedio de $0,536 \text{ mg/L}^{-1}$ (Fig. 5). Para el invierno (Agosto) un máximo de $1,35 \text{ mg/L}^{-1}$ en la hora 11 (Fig. 3c) marea alta y un promedio de $0,79 \text{ mg/L}^{-1}$ (Fig. 5). En las tablas 3

y 4 se muestra, para los cuatro períodos, las horas de muestreo y los ciclos mareales que corresponden a cada día de evaluación, haciendo una estandarización de las distintas mareas (alta y baja) para cada período.

Las variaciones estacionales de la comunidad fitoplanctónica, en relación con composición de especies, la abundancia y el biovolumen, mostraron diferencias significativas ANOVA ($P < 0.05$) (Tabla 5 y 6).

Las fluctuaciones de la comunidad fitoplanctónica asocian distintas fechas de muestreo por medio de la composición de especies y abundancia o biovolumen como grupos homogéneos, que en general, presentan las mismas características, de esta forma se encuentran asociados las estaciones de verano (Enero) y primavera Noviembre (Fig. 6). Para el biovolumen y la composición de especies se asocian las estaciones de verano (Enero), otoño (Abril) e invierno (Agosto) en un grupo, el que muestran diferencias con la estación de primavera (Noviembre) (Fig. 7) (Tabla 7).

Las muestras tomadas de todas las estaciones del año, presentan diferencias significativas dentro de los respectivos ciclos mareales ($P < 0.05$) para la abundancia, el biovolumen y la composición de especies (Tabla 5 y 6). El análisis completo de cada estación del año, por separado y para cada una de las 12 horas de muestreo, correspondiente a un ciclo mareal, refleja la existencia de grupos de las mismas características. La Fig. 8 muestra la abundancia para el mes de verano (Enero) para el cual se asocian las horas 1, 2, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13 como un grupo homogéneo lo que correspondería, en gran parte a marea alta y las horas 3, 4, 5, 7 como otro grupo. El biovolumen, para el mismo mes de verana (Enero) muestra que una asociación de las horas 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, lo que correspondería, en gran parte a marea alta,

como un grupo homogéneo y otro grupo más pequeño que lo forman las horas 3,4,5, marea baja (Fig. 9). La Fig. 10 muestra dos grupos relativamente similares para la abundancia del mes de otoño (Abril), asociando las horas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11 marea alta y otro grupo con las horas 1,2,10,12,13 marea baja; al analizar la Fig. 11, donde observamos el biovolumen del mes de otoño (Abril), se muestran dos grupos homogéneos, que están constituido por las horas 1 y 6 para un caso y en el otro grupo figuran todas las demás horas del muestreo, lo que no presenta una relación con alguna etapa del ciclo mareal. La Fig. 12 muestra la abundancia para la estación de invierno (Agosto), donde se observa que los dos grupos homogéneos que se forman, son distintos. Uno de los grupos se encuentra sólo a la hora 6, sin ninguna asociación, mientras que el otro grupo incluye la mayor parte de las horas muestreadas. La Fig. 13, que presenta el biovolumen para la estación de invierno (Agosto), muestra que los grupos homogéneos están formados por las horas 1, 10, 11, 12, 13, correspondiendo a marea alta, en tanto que el otro grupo, con las horas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, correspondientes a marea baja. La Fig. 14 muestra la abundancia para el mes de primavera (Noviembre), donde se muestran los grupos homogéneos formados por las horas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (marea alta) y las horas 9, 10, 11, 12, 13 (marea baja). En la Fig. 15 se muestra el biovolumen registrado para la estación de primavera (Noviembre) en donde los grupos homogéneos que se forman corresponden a las horas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 (marea alta) y las horas 10,11,12,13 (marea baja) y son coincidentes con los grupos originados sobre la base de la abundancia.

3. Abundancia y biovolumen fitoplanctónico por grupo

Para comparar la comunidad fitoplanctónica, se separaron los distintos grupos por clases y órdenes, que estuvieran presentes en más de siete horas de todo el periodo de muestreo. Estos valores de abundancia y biovolumen fueron promediados y asociándolas en un mismo grupo. Así se obtienen 3 grupos principales, Microflagelados, Diatomeas Penadas, Diatomeas Centrales y otros. La Fig. 16, 17, 18 y 19 muestran la abundancia y biovolumen, promedio para los meses de verano (Enero), otoño (Abril), invierno (Agosto) y primavera (Noviembre) respectivamente, de los grupos fitoplanctónicos más representativos del muestreo. Estas figuras registran las oscilaciones de los distintos grupos fitoplanctónicos a través de todas las horas del muestreo para cada una de los ciclos mareales. El grupo de los microflagelados es el que muestra las mayores oscilaciones a través del ciclo mareal en todas las estaciones del año, aumentando durante las mareas altas y disminuyendo en marea baja; patrón que no se observa en los demás grupos de la comunidad fitoplanctónica.

4. Variables ambientales

4.1 Clorofila "a" y Feopigmentos

Las fluctuaciones de la concentración de clorofila *a* y feopigmentos son similares, presentando una pequeña variación a través del ciclo mareal en las distintas estaciones del año (Fig. 20). El mes de verano (Enero) en donde se observa los valores promedio más altos ($3,27 \mu\text{g/L}^{-1}$), para luego disminuir a $1,43 \mu\text{g/L}^{-1}$ en otoño (Abril) y terminar con $2,0 \mu\text{g/L}^{-1}$ en invierno (Agosto);

Los feopigmentos presentan un patrón similar para el mes de Enero con una concentración de $2,1 \mu\text{g/L}^{-1}$, Abril $1,56 \mu\text{g/L}^{-1}$ y Agosto de $1,6 \mu\text{g/L}^{-1}$ (Tabla 10).

La Fig. 21 muestra las relaciones entre clorofila *a* y Seston orgánico ($r^2=0,67$); clorofila *a* con la abundancia de los microflagelados y biovolumen de los mismo ($r^2=0,82$). Los datos de clorofila del mes de primavera (Noviembre) fueron eliminados por presentar grandes variaciones, lo cual se debió a que las muestras se contaminaron.

4.2 Cuantificación de Seston

La fluctuación diaria (por hora) del seston para los distintos meses de muestreo, no presentan un patrón definido. En verano (Enero) se identificaron, en el período de muestreo, grandes alzas de seston total, en las horas 7 y 10 ambas corresponden a marea alta, alcanzando un promedio de $20,9 \text{ mg/L}^{-1}$ (DS 6.4) para el ciclo mareal. Los meses de otoño (Abril) e invierno (Agosto) presentan un patrón similar sin superar los 10 mg/L^{-1} , con un promedio de $2,8 \text{ mg/L}^{-1}$ y $4,3$ respectivamente (Fig. 22 y Tabla 10).

La Fig. 23 muestra las relaciones que presenta el seston orgánico con la abundancia de microflagelados ($r^2=0,47$) y con el biovolumen de los microflagelados ($r^2=0,54$). Los datos de seston de primavera (Noviembre) se eliminaron por presentar grandes variaciones debido a que las muestras se contaminaron.

4.3 Temperatura y Salinidad

La fluctuación durante el ciclo mareal (por hora) de la temperatura y salinidad para los distintos meses de muestro, no presenta un patrón definido (Fig. 24)(Tabla 10). Se observo para el mes de verano (Enero) un rango de temperatura entre 15°C a 20°C, un promedio 18°C (DS 1,9°C) y una salinidad entre 26,5 psu y 31,3 psu con un promedio de 29,1 psu (DS 1,9 psu), el mes de otoño (Abril) e invierno (Agosto) se observa poca variación de la temperatura con promedios de 1,27°C (DS 0,6°C) y 10,5°C (DS 0,3°C), las salinidades presentan una mayor variación con promedios de 29 psu (DS 2,1 psu) y 26,6 psu (DS 4,2 psu). En el mes de primavera (Noviembre) se registró una variación de la temperatura con extremos de 13°C a 17.1°C y una salinidad que fluctuó entre 20 psu a 31 psu, siendo igual a la estación de invierno (Agosto). La Fig. 25 muestra las relaciones que presenta la salinidad con la abundancia de microflagelados, ($r^2 = 0,16$) y con el biovolumen de los microflagelados ($r^2 = 0,19$).

4.4 Distribución del tamaño de la partícula

La Fig. 26 muestra la dispersión del tamaño de las partículas de una muestra de agua del estuario Quempillén, en donde las diferentes estaciones del año muestreadas presentan un mismo patrón de similitud. Este patrón de similitud tiene como resultados para el mes de verano, otoño, invierno y primavera que más del 90% de las partículas, presentes en estas muestras de la columna de agua se encuentran entre los 1 μm a 10 μm de diámetro, siendo superior a este diámetro una fracción muy pequeña de la muestra.

VI. DISCUSIÓN

La diversidad de especies fitoplanctónica está representada por diatomeas, centrales y penadas, microflagelados, ciliados y silico flagelados que en general se mantiene a través de las cuatro estaciones. De lo anterior se puede concluir que la composición de especies fitoplanctónicas es típica de aguas frías templadas, ello debido a que más del 60% de las especies perteneció al grupo de las diatomeas (Smayda, 1980). Esta comunidad varía constantemente en el tiempo y dependiendo de las adaptaciones y preferencia de los taxones a temperatura, salinidad y frecuencia de la mezcla, existiendo para fitoplancton de estuario algunos requerimientos básicos de nutrientes, como fósforo, nitrógeno, silicio (Diatomeas), fierro y zinc, además de algunos metales traza. En estos ecosistemas, las diatomeas y flagelados se destacan sobre otros grupos de microalgas debido a su dominancia numérica (Smayda, 1983; Boney, 1989; Lee, 1999). Esta tendencia en la composición de especies del fitoplancton puede estar explicada por la presencia de turbulencias permanentes, corrientes, aportes terrígenos que mantienen en constante inestabilidad la columna de agua y así la abundancia de organismos de mayor tamaño, como dinoflagelados, no podría desarrollarse con la normalidad esperada para aguas frías templadas y aguas cálidas (Margalef, 1967).

En los distintos periodos de muestreo se registraron densidades y biovolúmenes fitoplanctónicos distintos, en donde se analizan las diferencias que presentó cada estación del año. Se observa que existen mayores diferencias en relación con los valores de abundancia. Estas fluctuaciones son características para comunidades

fitoplanctónicas de aguas templadas donde existe un gran peak de abundancia en primavera y otro peak de menor intensidad en la estación de otoño. (Persons et al., 1988). Este patrón no está representado claramente en el presente estudio, ya que se muestra un peak claro en la estación de primavera (Noviembre) pero en otoño (Abril) las abundancias y biovolúmenes promedio son menores que en las demás estaciones, no reflejando un peak en esta estación, siendo esto un estuario con alteraciones horarias en sus características biofísicas.

Los valores de abundancia estacional de fitoplancton encontrados en este estudio son mayores que los registrados en la zona norte del país por Avaria y Muñoz (1979), Rodríguez (1987) y Marín et al. (1993). Por otra parte, al analizar la abundancia de la comunidad fitoplanctónica presente en la columna de agua del estuario, se pudo establecer que los mayores porcentajes de abundancia corresponden a los microflagelados en contraste con el biovolumen que está representado por las diatomeas centrales.

Al evaluar cada período de muestreo por separado, observamos que existen diferencias significativas ($P < 0.005$) a través de todo el ciclo mareal, es decir, no se observa una tendencia clara de la comunidad fitoplanctónica a ser más abundante o disminuir por efecto de las mareas. Estos resultados contrastan con los de Toro (1984), Toro (1985), Toro et al. (1999) quienes reportan una comunidad fitoplanctónica característica para cada marea en los estuarios de los ríos Queule, Quemillén y Putemún, tal discrepancia es común cuando se compara un estudio basado en un bajo número de muestras colectadas en estoa de marea alta y baja, con otro donde se muestreó durante 12 horas consecutivas a lo largo de todo un ciclo mareal en las cuatro

estaciones del año. La composición taxonómica de las distintas comunidades fitoplanctónicas, su densidad y relativa dominancia de las diferentes especies y grupos de microalgas presentes en un estuario, están sufriendo continuos cambios en la escala temporal, además de existir gradientes medioambientales las que están influyendo de uno u otra forma en la distribución y la abundancia de las distintas comunidades de microalgas (Smayda, 1980).

Al realizar un análisis comparativo de la abundancia y biovolumen por mes de muestreo aclaramos que la variación a lo largo del ciclo mareal está dada principalmente por la abundancia y distribución de los microflagelados. Aunque los microflagelados son los que contribuyen mayoritariamente con la abundancia, representan un bajo biovolumen debido a su pequeño tamaño. Estos flagelados son un grupo característico de aguas frías templadas más cálidas donde la migración vertical constituye una ventaja en la captación de nutrientes. Además, estos fitoflagelados son frecuentemente registrados en altas densidades y están constituidos por representantes de varias divisiones de algas, cada una con preferencias fisiológicas distintas y frecuentemente su identificación se ve dificultada por la exigencia de análisis de material vivo debido a la fragilidad de sus células (Lee, 1999).

Smayda (1980), menciona que las comunidades de microalgas en general se caracterizan por presentar una variada composición de pequeños flagelados, y que colectivamente presentan una gran diversidad fisiológica. El pequeño tamaño de éstos no supera los 10 a 15 μm y su identificación a nivel de especie se realiza mediante microscopía electrónica y fluorescencias de organelos; debido a la gran dificultad, su

identificación más frecuente es a nivel de familia y raramente hasta género, de hecho, en general no son citados en la literatura (Tomas, 1997; Lee, 1999).

La fluctuación anual y estacional de la clorofila *a* y feopigmentos no presentó un patrón de distribución claro, registrándose poca variabilidad tanto entre las estaciones, como dentro de cada periodo de muestreo, siendo el mes de Enero el que presentó los máximos promedios, (no es posible comparar con el mes de Noviembre, cuando se registran los máximos de abundancia y biovolumen ya que estas muestras fueron eliminadas). Las fluctuaciones en la concentración de clorofila *a* muestran una alta relación con el seston orgánico y con la abundancia y biovolumen de los microflagelados, esta relación se debería al alto aporte de materia orgánica y a la alta concentración de microflagelados durante las cuatro estaciones. Además, se registró una relación de la clorofila *a* con los valores de biovolumen, lo que es esperable para sistemas estuarinos.

Los valores de seston, total (orgánico e inorgánico) presentan una gran variabilidad en verano (Enero) y una estabilidad en el resto de las estaciones, lo que refleja una amplia fluctuación a través del año, coincidiendo con lo reportado por Toro (1985), Toro y Winter (1983) y Toro et al. (1999), aunque los valores del presente estudio son inferiores a los antes registrados y presentan buena correlación con los valores de abundancia y biovolumen fitoplanctónico.

La temperatura y salinidad presentaron variabilidad durante los distintos periodos del estudio, presentando los máximos valores en Enero, en tanto que en el mes de Agosto se presenta la mayor dispersión de estas variables, lo cual coincide con los valores reportados por Toro y Winter (1983) y Toro et al. (1999) y que reflejan la

relativa inestabilidad de la columna de agua en el estuario, producto del flujo y reflujo de las mareas. Estos factores abióticos, son muy importantes en los cuerpos de aguas estuarinas, debido a las grandes fluctuaciones que esas variables pueden presentar a través del año (Kutchum 1954). La variabilidad de la salinidad presenta una relación directa con las fluctuaciones estacionales de la abundancia y biovolumen de los microflgelados, concordando con lo que reportan diferentes autores (Ichimura 1967; Margalef, 1967; Smayda 1980; 1984; Toro 1985; Toro et al. 1999) quienes entregan evidencia del efecto de la salinidad y temperatura en la regulación de la comunidad fitoplanctónica de bahías.

Las especies que coexisten en una comunidad fitoplanctónica se caracterizan por tener un coeficiente de competitividad igual a cero, es decir, son poblaciones que alcanzan un equilibrio, según lo señalado por Sayda (1980). Algunos autores hipotetizan que las distintas especies del fitoplancton normalmente no compiten por nutrientes, que estas especies coexisten y se beneficiarían individualmente de los nutrientes restantes. Contrariamente, hay autores que argumentan una severa competencia entre especies fitoplanctónicas, entre otros, Lomas & Glibert (2000) y Fan et al. (2003), reportan evidencia experimental donde concluyen que el nitrógeno orgánico estaría actuando como limitante en el ecosistema fitoplanctónico de bahías y estuarios.

Un alto índice de diversidad implicaría un incremento en la competencia interespecífica por algún nutriente o sustrato. Sin embargo, los rápidos cambios en las variables ambientales inducen cambios rápidos en la dominancia de especies, de manera tal que la comunidad no alcanzaría a lograr un equilibrio temporal. Por lo tanto,

las variables ambientales son un factor clave en la dinámica poblacional de las comunidades fitoplanctónicas, particularmente en zonas costeras y estuarinas.

En el presente estudio las variables ambientales del estuario no evidencia grandes fluctuaciones, lo que sumado a la baja profundidad estaría contribuyendo a que el sistema se mantenga estable a lo largo de las estaciones del año. Además, contribuye a esta estabilidad el hecho que las muestras fueron tomadas a una profundidad de 1.5 metros por sobre el fondo del estuario, donde se presenta una cuña permanente de mayor salinidad, lo que permite alta estabilidad y dominancia de microflagelados de diverso tamaño por un periodo prolongado. Esto concuerda con la dispersión del tamaño de las partículas, ya que más del 90% de éstas se encuentra entre 1 y 10 μm , rango de tamaño de gran parte de estos microflagelados.

VII. CONCLUSIONES

- La composición de la comunidad fitoplanctónica es característica de aguas frías templadas, con una marcada dominancia de la diversidad de diatomeas por sobre los demás grupos taxonómicos.
- La dinámica de la comunidad fitoplanctónica, es característica de aguas frías templadas, con un bloom en primavera-verano y una menor abundancia en otoño e invierno.
- Los meses que presentaron mayor abundancia y biovolumen fitoplanctónico promedio son en primavera (Noviembre) y verano (Enero) seguido de otoño (Abril) e invierno (Agosto) con abundancias y biovolúmenes promedio más bajos.
- En los cuatro periodos de muestreo la composición de especies de la comunidad fitoplanctónica estuvo dominada por la clase Bacillariophyceae, diatomeas centrales y penadas, dominando los géneros *Chaetoceros sp*, *Thalassiosira sp*, *Navicula sp*, *Nitzchia sp*, y *Pleurosigma sp*.
- La abundancia de especies de la comunidad fitoplanctónica fue dominada por los *microflagelados* de pequeño tamaño, en las cuatro estaciones del año.
- El biovolumen de la comunidad fitoplanctónica fue dominado por diatomeas centrales seguido de diatomeas penadas, en las cuatro estaciones del año.
- Existe diferencias significativas de abundancia y biovolumen en la comunidad fitoplanctónica, en los cuatro periodos estudiados
- Existe diferencias significativas de abundancia y biovolumen de la comunidad fitoplanctónica dentro del ciclo mareal (marea alta y baja).

- La variación de la comunidad fitoplanctónica entre marea alta y marea baja está dada por la abundancia de los *microflagelados* de distinto tamaño.
- La fluctuación de los patrones ambientales del estuario del río Quempillén confirman y explican los resultados obtenidos para los valores de abundancia y biovolumen fitoplanctónico.
- Un muestreo a microescala temporal permite realizar una observación diaria e inmediata de la comunidad fitoplanctónica como oferta alimentaria para los organismos invertebrados de cultivo o aquellos que se desarrollan normalmente en el estuario.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alvial, A. & Avaria, S. (1981) Proliferación de primavera del fitoplancton en la Bahía de Valparaíso. I. Condiciones meteorológicas y oceanográficas. *Revista Biología Marina*, 17, 197-227.
- Alvial, A. & Avaria, S. (1982) Proliferación de primavera del fitoplancton en la Bahía de Valparaíso. II. Dinámica de las comunidades. *Revista Biología Marina*, 18, 1-56.
- Arcos, D.F., Núñez, S.P., Castro, I., & Navarro, N. (1987). Variabilidad vertical de la clorofila *a* en un área de surgencia frente a Chile Central. *Invest. Pesq. (Chile)*, 34, 47-55.
- Avaria, S. (1965). Diatomeas y silicoflagelados de la Bahía de Valparaíso. *Revista Biología Marina Valparaíso*, 12, 1-3.
- Avaria, S. (1970). Fitoplancton de la expedición "Doña Berta" en la zona Puerto Montt-Aysén. *Revista Biología Marina*, 14, 1-17.
- Avaria, S. (1975). Estudios de ecología fitoplanctónica en la Bahía de Valparaíso. II. Fitoplancton 1971-1970. *Revista Biología Marina*, 15, 131-148.
- Avaria, S., & Orellana, E. (1975). Estudios de ecología fitoplanctónica en la Bahía de Valparaíso. II. Fitoplancton 1971-1970. *Revista Biología Marina*, 15, 207-226.
- Clement, A. & Lembeye, G. (1993). Phytoplankton monitoring program in the fish farming region of south Chile. En: Toxic phytoplankton blooms in the sea. T.J. Smayda and Y. Shimizu, Editors, 223-228.
- Fan, C., Glibert, P.M., Alexander, J. & Lomas M.W. (2003). Characterization of urease activity in three marine phytoplankton species, *Aureococcus anophagefferens*,

- Prorocentrum minimum*, and *Thalassiosira weissflogii*. *Marine Biology*, 142, 949–958
- Ichimura, S. (1967) Environmental gradients and its relation to primary productivity in Tokyo Bay. *Records Oceanogr. Works. Japan*, 9, 115-128.
- Ketchum, B. (1954). Relation between circulation and planktonic in estuaries. *Ecology*, 35, 191-200.
- Ketchum, B. (1967). Phytoplankton nutrients in estuaries. *Estuaries: Nutrients and Biological Production*. American Association for the Advancement of Science, 329-325.
- Lara, M.A., Moreno, J.L., & Amaro, M. J. (1996). Fitoplancton. Conceptos básicos y técnicas de laboratorio. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, 227 pp.
- Lee, R.E. (1999) *Phycology*. 3a ed Cambridge University Press, Cambridge, pp.
- Lomas, M.,W., & Glibert, P. (2000) Comparisons of nitrate uptake, storage, and reduction in marine Diatoms and Flagellates. *Journal of Phycology*, 36, 903-913.
- Lohmann, S. 1908. Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. *Wissenschaftliche Meeresunters, Kiel*, 19: 129-370.
- Marín, V., Rodríguez, L., Vallejos, L., Fuenteseca, J., & Oyarce, E. (1993) Efectos de surgencia costera sobre la productividad primaria primaveral de bahía Mejillones del Sur (Antofagasta-Chile). *Revista Chilena de Historia Natural*, 66, 479-491.
- Margalef, R. (1958) Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. En: A.A. Buzzati-Traverso. *Perspectives in marine biology*, 323-349. Univ. Calif. Press. Berkeley, Los Angeles, California.

- Margalef, R. (1967) The food-web un the pelagic enviornmental helgolader wiss. *Meeresunters.*, 15, 548-559.
- Margalef, R. (1983). *Limnología*. Barcelona Omega, 1010 pp.
- Muñoz, P. & Alvial A. (1986a) Proliferación de microalgas: origen, mecanismo e impacto sobre la piscicultura. Universidad de Valparaíso. Valparaíso. 42 pp.
- Muñoz, P. & Labial A. (1986b) Análisis taxonómico de los dinoflagelados *Prorocentrum micans* Ehrenberg y *Prorocentrum garcile* Schütt causantes de marea roja en la bahía de Valparaíso, Chile. *Revista Biología Marina Universidad de Valparaíso*, 22 , 141-155.
- Paredes, I. & Villagra D. (1993) Estudio cualitativo (composición de especies, sucesiones, diversidad) y cuantitativo (densidad y biovolumen) del fitoplancton, relacionado con variables ambientales a través de un ciclo anual en cinco localidades de la isla de Chiloé, X Región, Chile. Tesis de grado. Escuela De Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile.
- Pizarro, M.J. (1976) Estudios de ecología fitoplanctónica en la Bahía de Valparaíso. IV. Condiciones físicas y químicas del ambiente. *Revista Biología Marina*, 16, 35-69.
- Reynols, C.S. (1984) *The Ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press.
- Rivera, P. (1968) Sinopsis de las diatomeas de la Bahía de Concepción, Chile. *Gayana, Botánica*, 18, 111 pp.
- Rivera, P. & Arcos D. (1975) Diatomeas más comunes en la desembocadura del Río Bio-Bio. *Bol. Sociedad Biológica de Concepción*, 49, 223-230.

- Rivera, P., Parra, O., Gonzalez, M., Dellarrssa, V.,& Orrellana M. (1982). Manual taxonómico de fitoplancton de aguas continentales, con especial referencia al fitoplancton de Chile. IV *BACILLARIOPHYCEAE*. Concepción
- Rodriguez, L. (1987) Observación sobre el fitoplancton y temperatura superficial en la Bahía San Jorge, Antofagasta, Chile. *Revista Biología Marina*, 23, 1-29.
- Smayda, T.J. (1983) The phytoplankton of estuaries. *Estuaries and Eclosed Seas*, edited by B:H: Ketchum, chapter 4, 65-101.
- Tomas, C. R. (1997) Identifying Marine Phytoplankton. Carmelo R. Tomas Eds. Academic Press, 858 pp.
- Toro, J .E & Winter J.E. (1981) Estudios en la ostricultura Quempillén, un estuario del sur de Chile, parte I. La determinación de los factores abióticos y la cuantificación del seston como oferta alimenticia y su utilización por *Ostrea chilensis*. Memoria de simposio, Colombia1980, Cartagena.
- Toro, J.E. & Winter J.E.(1983) Estudios en la ostricultura Quempillén, un estuario del sur de Chile, parte II. La influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento y los periodos de reproducción de *Ostrea chilensis*. *Mems. Asoc. Latinoam. Acuicult.*, 5,145-159.
- Toro, J.E. (1984) Determinación de las fluctuaciones mensuales de la abundancia y de la biovolumen fitoplanctónica en el estuario del río Queule (Chile, IX Región). *Revista Biología Marina*, 20, 23-37.
- Toro, J.E. (1985) Annual cycle and composition of the phytoplankton in the Quempillén River estuary, southern Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 21, 461-469.

- Toro, J.E. (1989). The growth rate of two species of microalgae used in shellfish hatcheries cultured under two light regimes. *Aquaculture and Fisheries Management*, 20, 249-254.
- Toro, J.E., Sanhueza, M.A., Winter, J.E., Senn, C.M., Aguila, P.R., & Vergara, A.M., (1995). Environmental effects on the growth of the chilean oyster *Ostrea chilensis* in five mariculture locations in the Chiloé Island, southern Chile. *Aquaculture*, 136, 153-164.
- Toro, J.E., Paredes, P.I., D.J. Villagra & Senn, C.M. (1999 a). Seasonal variation in the phytoplanktonic community, seston and environmental variables during a 2-year period and oyster growth at two mariculture sites, southern Chile. *Marine Ecology*, 20 (1), 63-89.
- Toro, J.E., Peredes, P.I., & Villagra D.J. (1999b) Phytoplankton distribution and oyster, *Ostrea chilensis* (Philippi 1845), growth at Putemún Channel, southern Chile. *NZ Journal of Marine and Freshwater Research*, 33, 499-513.
- Uthermöhl, H. (1958) Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mitteilungen Internationale Verein Limnologie*, Stuttgart, 9, 1-38.
- Winter, J.E., Gallardo, C.S., Araya, J.A. Toro, J.E. & Gleisner, A. (1983) Estudios en la ostricultura Quempillén, un estuario del sur de Chile, parte II. La influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento y los periodos de reproducción de *Ostrea chilensis*. *Mems. Asoc. Latinoam. Acuicult.*, 5, 145-159.
- Winter, J. E., Toro, J. E., Navarro, J. M., Valenzuela, G. S. & Chaparro, O. R. (1984). Recent developments, status, and prospects of molluscan aquaculture on the Pacific coast of South America. *Aquaculture*, 39, 95-134.

Wood, J. L. & Andrews, J. D. (1967) Oyster mortality studies in Virginia. VI. History and distribution of *Minchinia nelsoni*, a pathogen of oysters, in Virginia. *Chesapeake Science*, 8,1-13.

Yentsch, C. S., & Menzel, D. W. (1963). A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Woods Hole Oceanographic Institution*, 1384, 221-231.

ANEXOS

Tabla 1. Composición y presencia de las especies de fitoplancton identificadas en las cuatro estaciones del año. * marca la presencia de la especie en el respectivo mes.

ESPECIES	MESES			
	Enero	Abril	Agosto	Noviembre
BACILLARIOPHYCEAE				
CENTRALES				
<i>Auliscus sculptus</i>	*			*
<i>Basteriastrum delicatulum</i>			*	
<i>Biddulphia aurita</i>	*	*	*	
<i>Biddulphia longicuris</i>			*	
<i>Chaetoceros constrictus</i>		*	*	*
<i>Chaetoceros curvisetus</i>			*	*
<i>Chaetoceros dicipiens</i>			*	
<i>Chaetoceros didymus</i>		*	*	*
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>		*		*
<i>Coscinodiscus centralis</i>		*		
<i>Detonula pumila</i>	*	*	*	*
<i>Dytilum brightwellii</i>		*	*	*
<i>Leptocylindrus danicus</i>			*	*
<i>Melosira hustedty</i>	*	*	*	*
<i>Melosira juergensii</i>				*
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	*			*
<i>Skeletonema costatum</i>		*	*	*
<i>Stephanopyxis turris</i>			*	
<i>Thalassiosira sp</i>	*	*	*	*
PENADAS				
<i>Amphora sp</i>	*	*		*
<i>Asterionella japonica</i>	*	*	*	*
<i>Cocconeis sp</i>				*
<i>Grammatophora marina</i>		*	*	*
<i>Gyrosigma fasciola</i>	*	*	*	*
<i>Licmophora abbreviata</i>	*			*
<i>Navicula sp 1</i>	*	*	*	*
<i>Navicula sp 2</i>	*	*	*	*
<i>Nitzschia closterium</i>			*	*
<i>Nitzschia longissima</i>	*	*	*	*
<i>Nitzschia seriata</i>	*		*	*
<i>Pleurosigma intermedium</i>	*	*	*	*
<i>Rhoiscosphenia curvata</i>	*			
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>			*	*
<i>Thalassionema nitzschioides</i>				*

Tabla 1. Continuación...

ESPECIES	MESES			
	Enero	Abri/Mayo	Agosto	Noviembre
CHOLOROPHYCEAE				
<i>Microflagelado 3</i>	*	*	*	*
<i>Microflagelado 2</i>	*	*	*	*
<i>Microflagelado 1</i>	*	*	*	*
DINOPHYCEAE				
<i>Dinophysis sp</i>	*		*	
<i>Peridinium sp</i>	*	*	*	*
CILIAE				
<i>Mesodinium rubrum</i>	*	*	*	*
SILICOFLAGELAE				
<i>Dictyocha speculum</i>		*		

Tabla 2. Tamaños promedio de las distintas especies fitoplanctónicas identificadas durante el periodo de estudio.

ESPECIES	TAMAÑOS PROMEDIO (µm)		
	Largo	Ancho	Diámetro
BACILLARIOPHYCEAE			
CENTRALES			
<i>Auliscus sculptus</i>			38,65
<i>Basteriastrum delicatum</i>	15,35	4,89	
<i>Biddulphia aurita</i>	68,99	38,8	
<i>Biddulphia longicuris</i>	75,23	34,66	
<i>Chaetoceros constrictus</i>	23,31	5,012	
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	11,52	6,51	
<i>Chaetoceros dicipiens</i>	26,63	5,02	
<i>Chaetoceros didymus</i>	13,21	5,12	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	20,7	9,3	
<i>Coscinodiscus centralis</i>			95,4
<i>Detonula pumila</i>	21,04	9,59	
<i>Dytilum brightwellii</i>	90,75	40,3	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	20,6	6,89	
<i>Melosira hustedy</i>	39,9	16,73	
<i>Melosira juergensii</i>	2,35	12,68	
<i>Rhizosolenia styliformis</i>	150,3	6,1	
<i>Skeletonema costatum</i>	12,3	4,05	
<i>Stephanopyxis turris</i>			49,6
<i>Thalassiosira sp</i>	38	12,5	32,1
PENADAS			
<i>Amphora sp</i>	42,54	11,04	
<i>Asterionella japonica</i>	13,59	6,8	
<i>Cocconeis sp</i>	26	13,5	
<i>Grammatophora marina</i>	53,38	13,27	
<i>Gyrosigma fasciola</i>	100,23	15,98	
<i>Licmophora abbreviata</i>	50	20,1	
<i>Navicula sp 1</i>	22,01	6,8	
<i>Navicula sp 2</i>	34,62	9,1	
<i>Nitzschia closterium</i>	17,2	4	
<i>Nitzschia longissima</i>	20,2	4,6	
<i>Nitzschia seriata</i>	44,2	7,31	
<i>Pleurosigma intermedium</i>	100,08	13,9	
<i>Rhoiscosphenia curvata</i>	36,01	10,2	
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	49,05	6,98	
<i>Thalassiothrix nitzschioides</i>	33,2	9,2	

Tabla 2. Continuación...

ESPECIES	TAMAÑOS PROMEDIO (μm)		
	Largo	Ancho	Diámetro
CHOLOROPHYCEAE			
<i>Microflagelado 3</i>			5,391346154
<i>Microflagelado 2</i>			12,39663462
<i>Microflagelado 1</i>			19,535625
DINOPHYCEAE			
<i>Dinophysis sp</i>			33,5
<i>Peridinium sp</i>			21,5
CILIAE			
<i>Mesodinium rubrum</i>			20,74
SILICOFLAGELAE			
<i>Dictyocha speculum</i>			22,5

Tabla 3. Horas de muestreo y los ciclos mareales para los cuatro meses observados, mareas Alta en verde y marea baja sin colorear .

Enero	Abril	Agosto	Noviembre
0	0	0	0
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	11	11	11
12	12	12	12

Tabla 4. Estandarización de las horas de muestreo y los ciclos maréales para los cuatro meses observados, mareas Alta en verde y marea baja sin colorear.

Enero	Abril	Agosto	Noviembre
0	4	0	0
1	5	1	1
8	6	2	2
9	7	3	3
10	8	4	4
11	9	5	5
12	0	12	6
2	1	6	7
3	2	7	8
4	3	8	9
5	10	9	10
6	11	10	11
7	12	11	12

Tabla 5. Análisis de varianza (Multifactor Anova) para arcotangente de la abundancia en relación a los meses de muestreo y la composición de especies fitoplanctónicas.

Grupo	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados medios	P- Valor
Fecha	0,001308	3	0,000436001	0,0000
Sp	0,0158331	40	0,000395827	0,0000

Tabla 6. Análisis de varianza (Multifactor Anova) para el biovolumen en relación a los meses de muestreo y la composición de especies del fitoplancton.

Grupo	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados medios	P-Valor
Fecha	1,70278	3	0,567592	0,0000
Sp	30,6726	40	0,766814	0,0000

Tabla 7. Prueba múltiple para grupos homogéneos, método de Tukey HSD al 95,0%, en relación a los meses de muestreo y la composición de especies, para arco tangente de la abundancia y el biovolumen. La posición de las x indica la similitud entre grupos.

Fecha	Grupos homogéneos	
	Arctg Abundancia	Biovolumen
(1) Enero	X	X
(2) Abril	X	X
(3) Agosto	X	X
(4) Noviembre	X	X

Tabla 8. Análisis de varianza (Multifactor Anova) para arcotangente de la abundancia en relación a la hora de muestreo de los meses del año muestreados con la composición de especies fitoplanctónicas.

Mes	Grupo	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados medios	P-Valor
Enero	Hora	0,00038445	12	0,0000320375	0,0104
	Sp	0,00347145	21	0,000165307	0,0000
Abril	Hora	0,000423801	12	0,0000353167	0,0022
	Sp	0,00829886	23	0,00036082	0,0000
Agos.	Hora	0,000952999	12	0,0000794166	0,0000
	Sp	0,00448471	30	0,00014949	0,0000
Nov.	Hora	0,000438097	12	0,0000365081	0,0000
	Sp	0,00276945	31 0	0,0000893371	0,0000

Tabla 9. Análisis de varianza (Multifactor Anova) para biovolumen en relación a la hora de muestreo en los distintos meses del año y la composición de especies.

Mes	Grupo	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrados medios	P-Valor
Enero	Hora	0,288465	12	0,0240387	0,05000
	Sp	10,3652	21	0,493583	0,0000
Abril	Hora	0,0705673	12	0,00588061	0,01088
	Sp	1,30582	23	0,0567748	0,0000
Agos.	Hora	0,0558198	12	0,00465165	0,0962
	Sp	2,13894	30	0,071298	0,0000
Nov.	Hora	0,0597245	12	0,00497704	0,02495
	Sp	37,7801	31	1,21871	0,0000

Tabla 10. Cuadro resumen de las condiciones bio-oceanográficas generales para las distintas estaciones del año representadas por los meses de muestreo.

	Enero	Abril	Agosto	Noviembre
Temperatura (C°)	18,0	12,7	10,5	15,4
DS Temp.	1,9	0,6	0,3	1,9
Salinidad (psu)	29,1	29,0	26,7	26,0
DS Salin.	2,0	2,2	4,3	4,0
Clorofila "a" (µg/L)	3,2795	1,4306	2,0095	
DS Cl-a	0,9661	0,5861	0,8341	
Feopigmentos (µg/L)	2,1609	1,5661	1,6471	
DS Feopig.	1,1320	0,7260	1,0157	
Seston Total (Mg/L)	20,9000	2,8000	4,3000	
DS Sest.	6,4000	0,4000	0,1500	

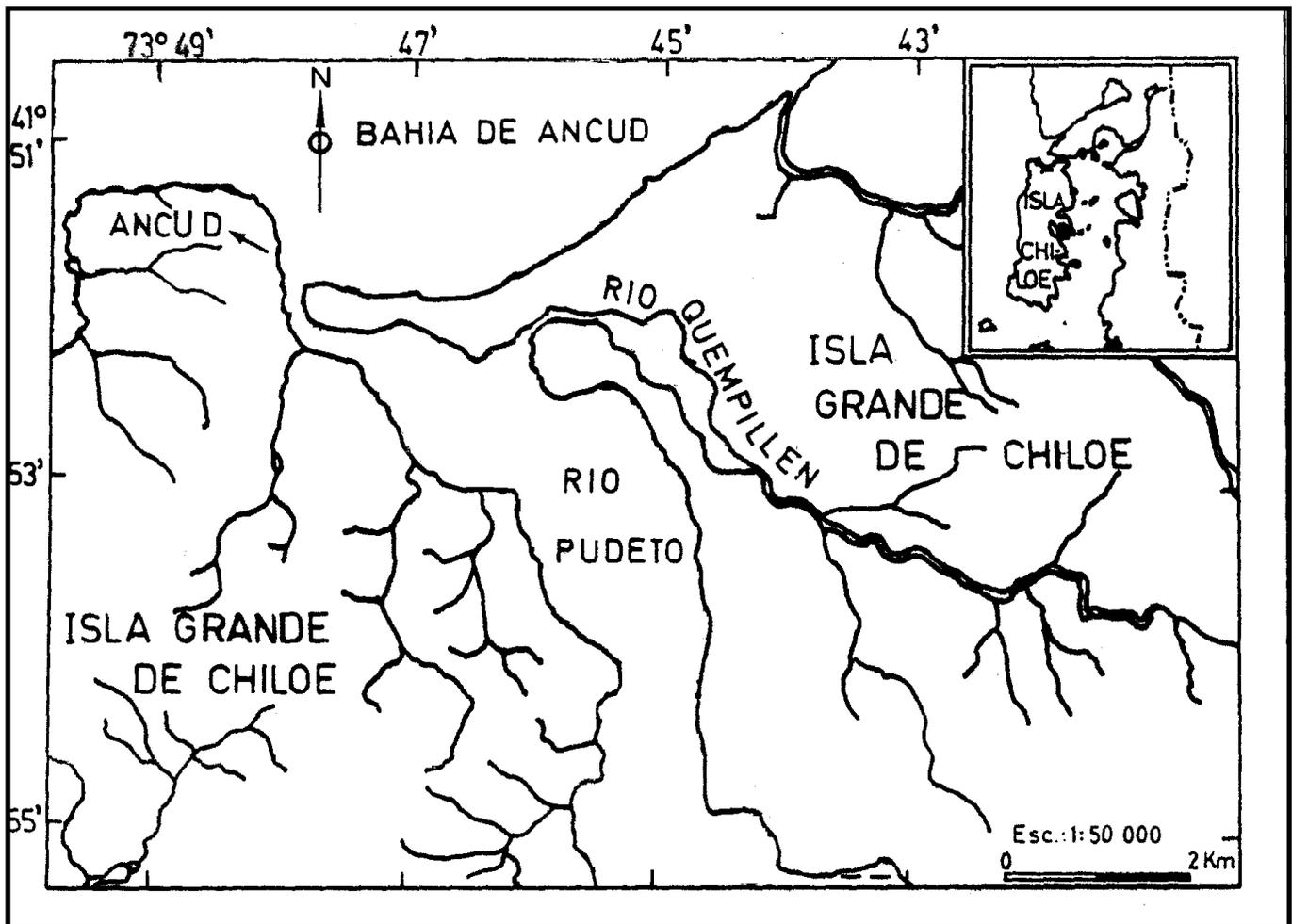


Figura 1. Mapa de la isla de Chiloé, donde se muestra el sector de Quempillén área donde se realizó el muestreo.

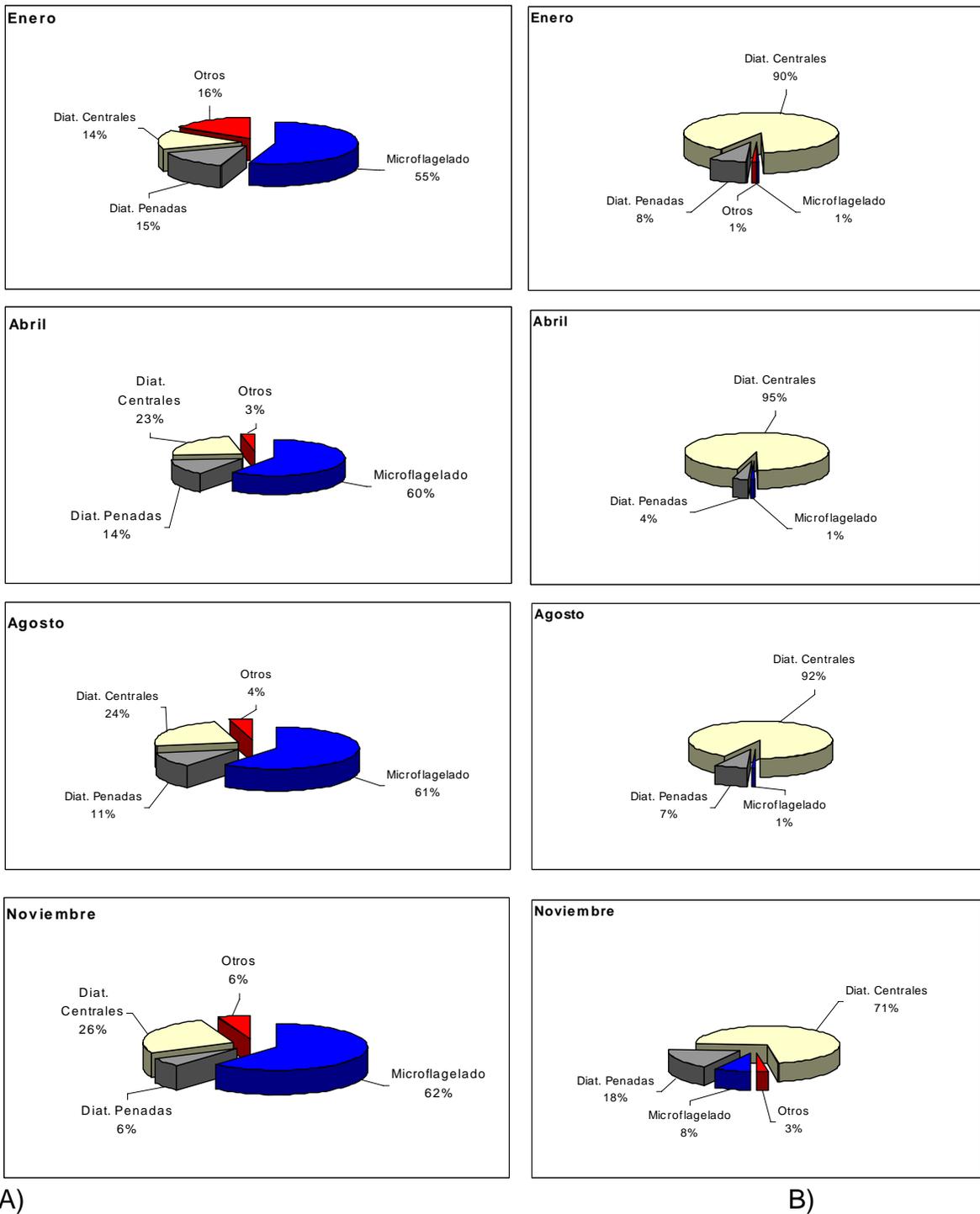


Figura 2. A) abundancia fitoplanctónica; B) biovolumen fitoplanctónico, en porcentaje de los grupos más importantes durante las cuatro estaciones del año. Verano (enero), otoño (Abril), invierno (Agosto) y primavera (Noviembre)

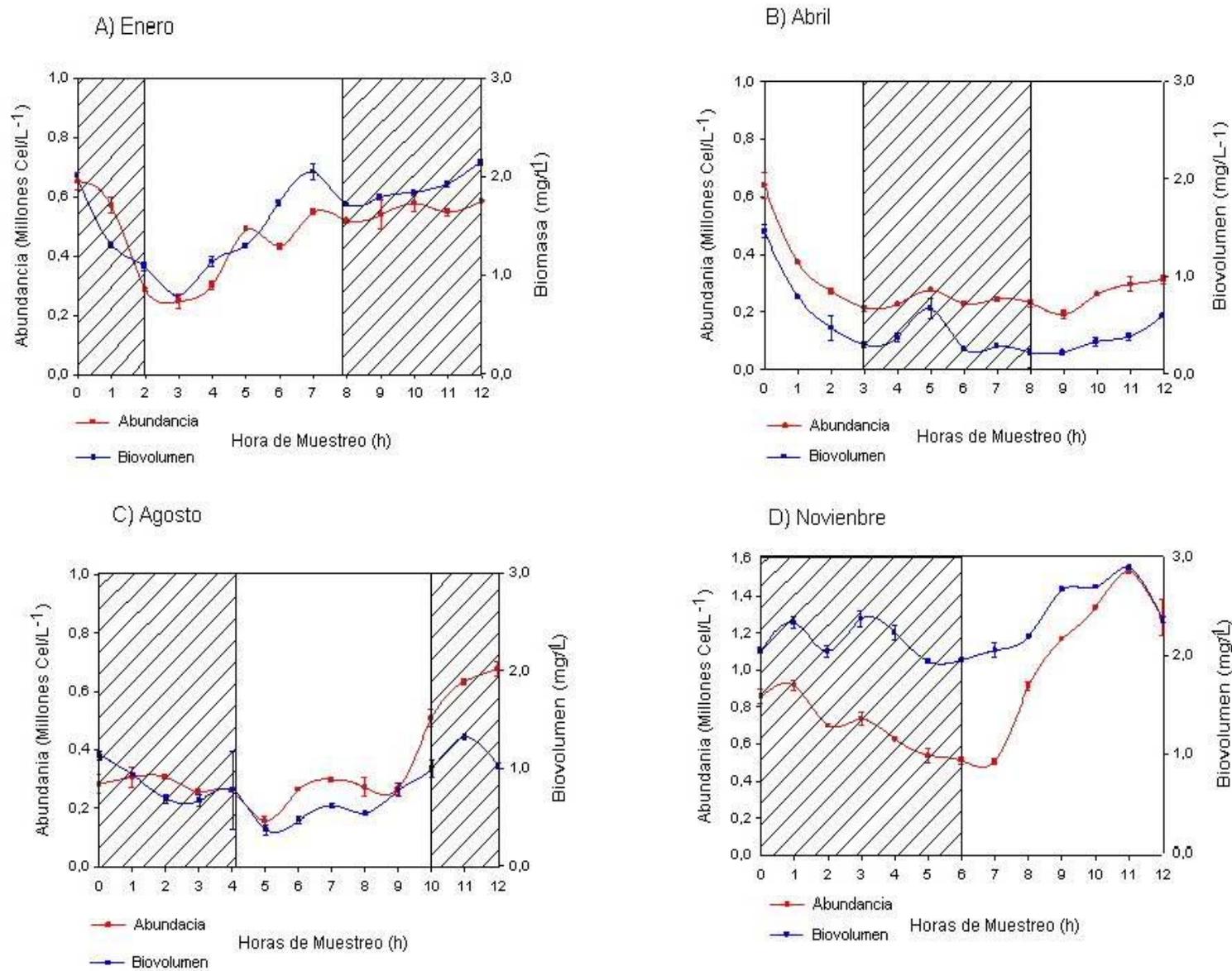


Figura 3. Abundancia (Cel/L^{-1}) y Biovolumen (mg/L^{-1}) fitoplanctónico para las cuatro estaciones del año, representadas por los meses de muestreo: A) Enero, B) Abril, C) Agosto y D) Noviembre. La superficie achurada corresponde a marea alta.

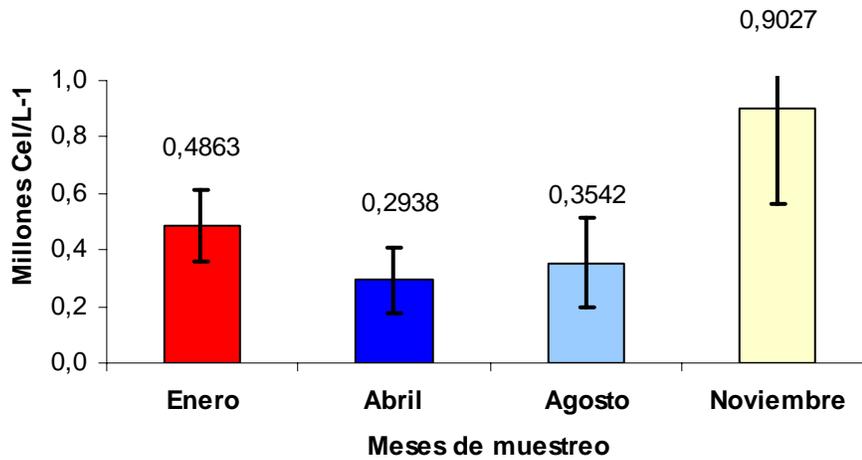


Figura 4. Abundancia promedio (millones Cel/L), para las cuatro estaciones del año, verano (Enero), otoño (Abril), invierno (Agosto) y primavera (Noviembre).

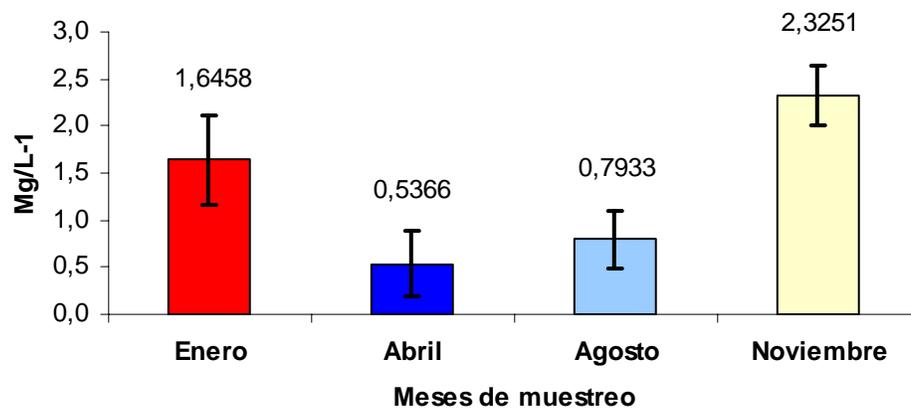


Figura 5 . Biovolumen promedio (mg/L), para las cuatro estaciones del año, verano (Enero), otoño (Abril), invierno (Agosto) y primavera (Noviembre).

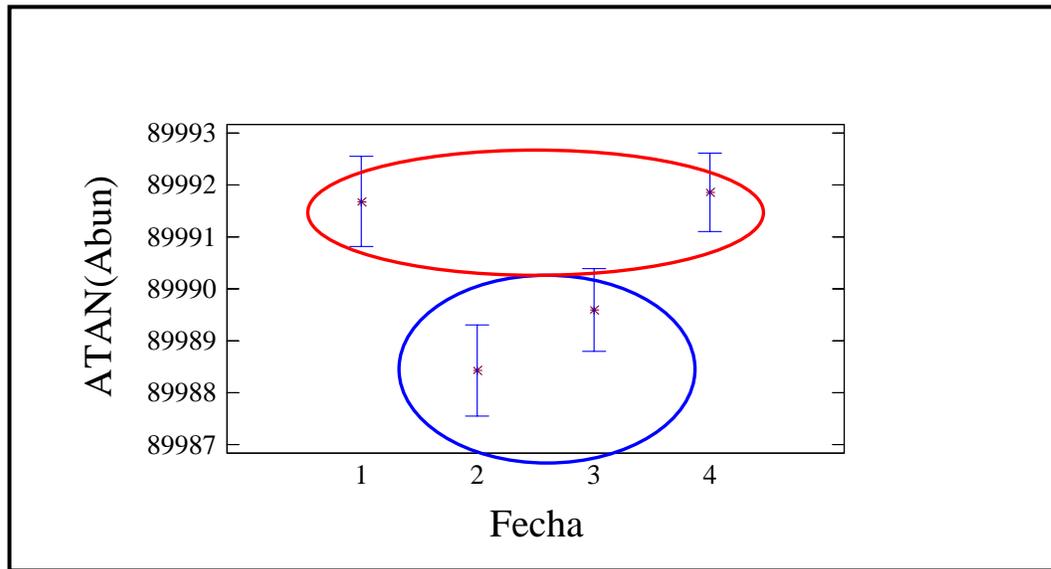


Figura 6. Prueba gráfica para grupos homogéneos, método de Tukey HSD al 95,0%, en relación al arcotangente de la abundancia en las estaciones del año (ATAN Abun) y la composición de especies. 1 verano (Enero) 2 otoño (Abril) 3 invierno (Agosto) 4 primavera (Noviembre)

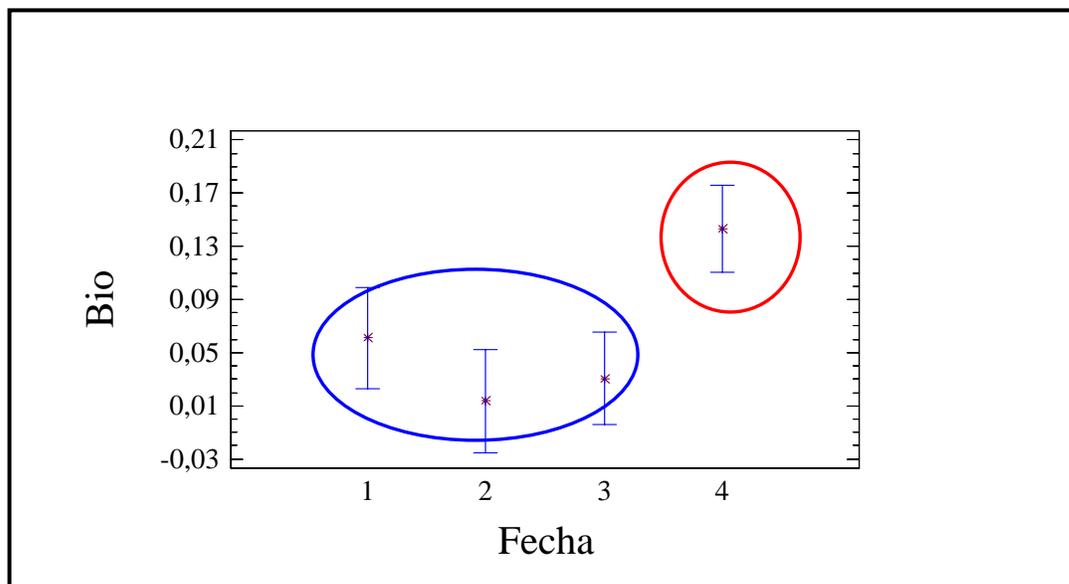


Figura 7. Prueba gráfica para grupos homogéneos, método de Tukey HSD al 95,0%, en relación al biovolumen de las estaciones del año (Bio) y la composición de especies. 1 verano (Enero) 2 otoño (Abril) 3 invierno (Agosto) 4 primavera (Noviembre)

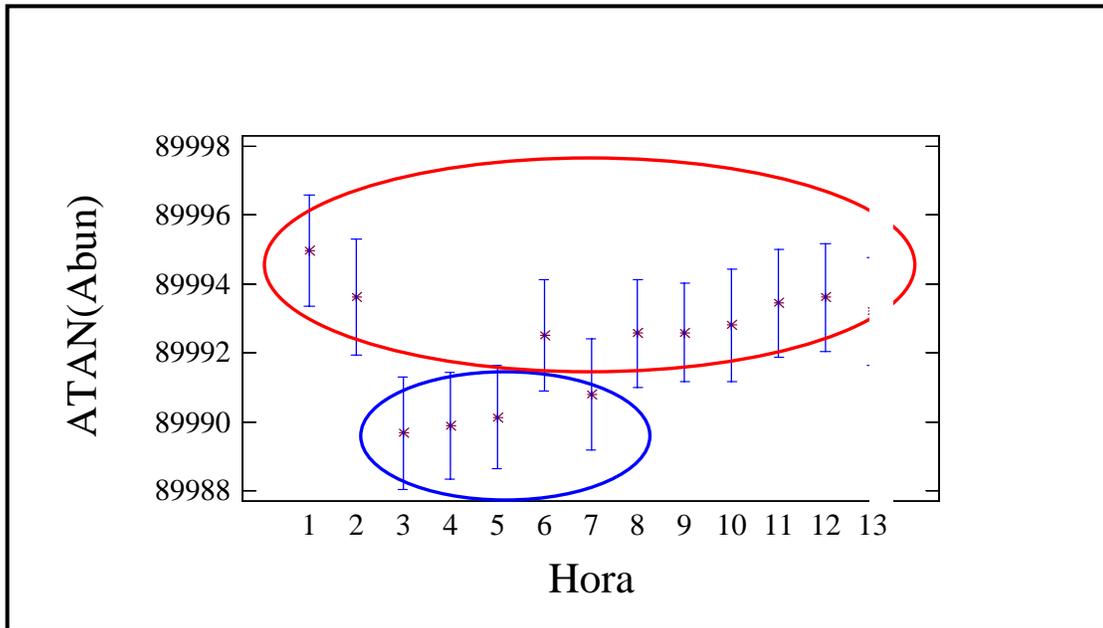


Figura 8. Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, en relación al arc tangente de la abundancia del mes de Verano (Enero) (ATAN Abun) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.

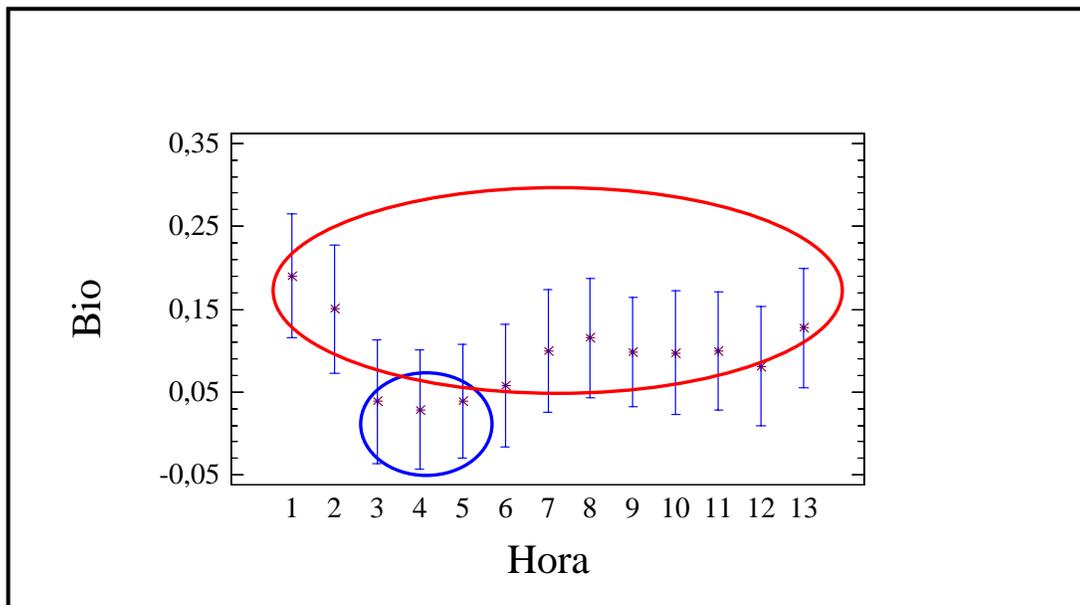


Figura 9. Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, en relación al biovolumen del mes de Verano (Enero) (Bio) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.

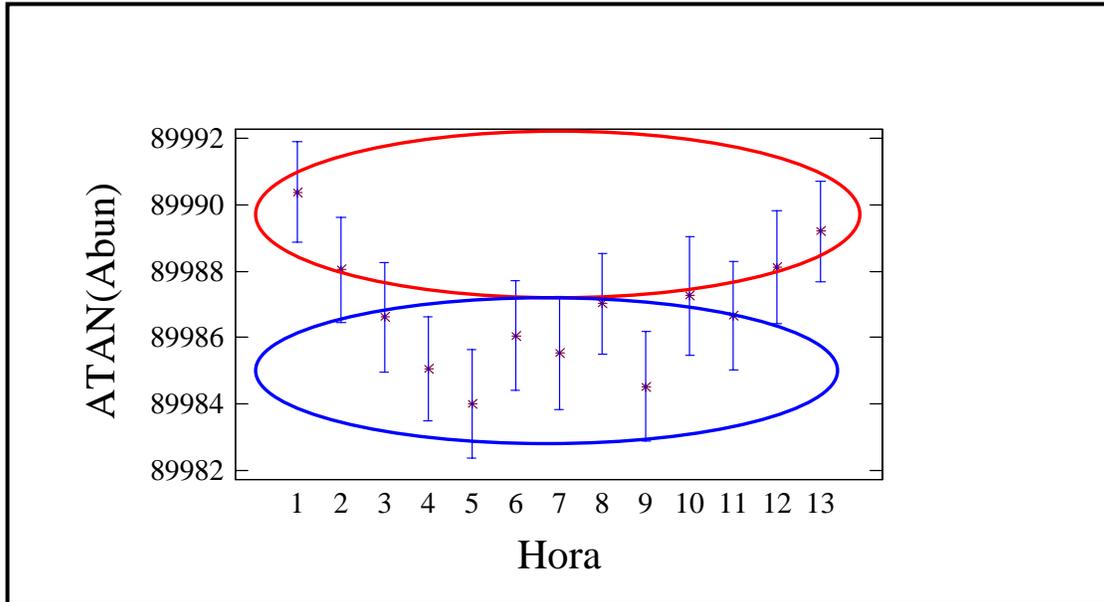


Figura 10. Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, en relación al arc tangente de la abundancia del mes de otoño (Abril) (ATAN Abun) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.

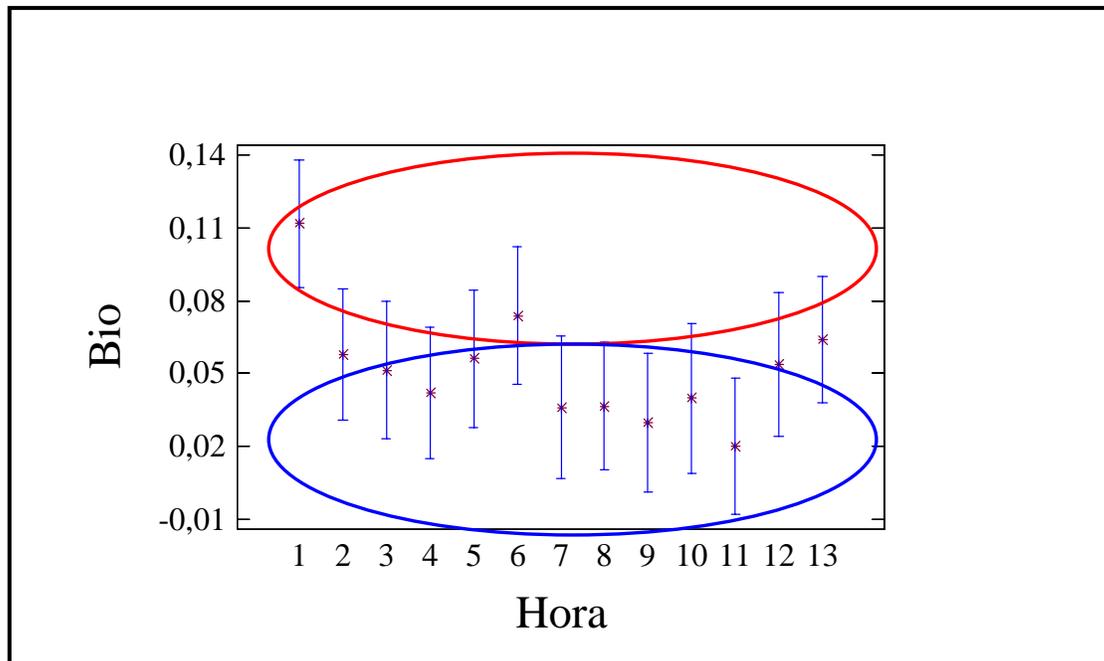


Figura 11. Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, en relación al biovolumen del mes de otoño (Abril) (Bio) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.

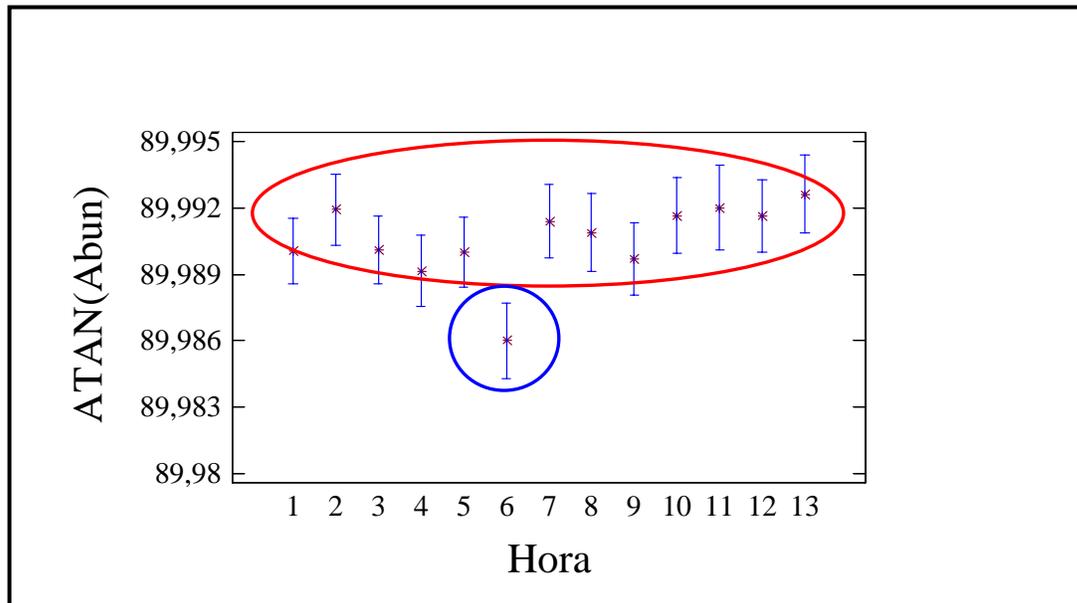


Figura 12. Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, en relación al arc tangente de la abundancia del mes de invierno (Agosto) (ATAN Abun) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.

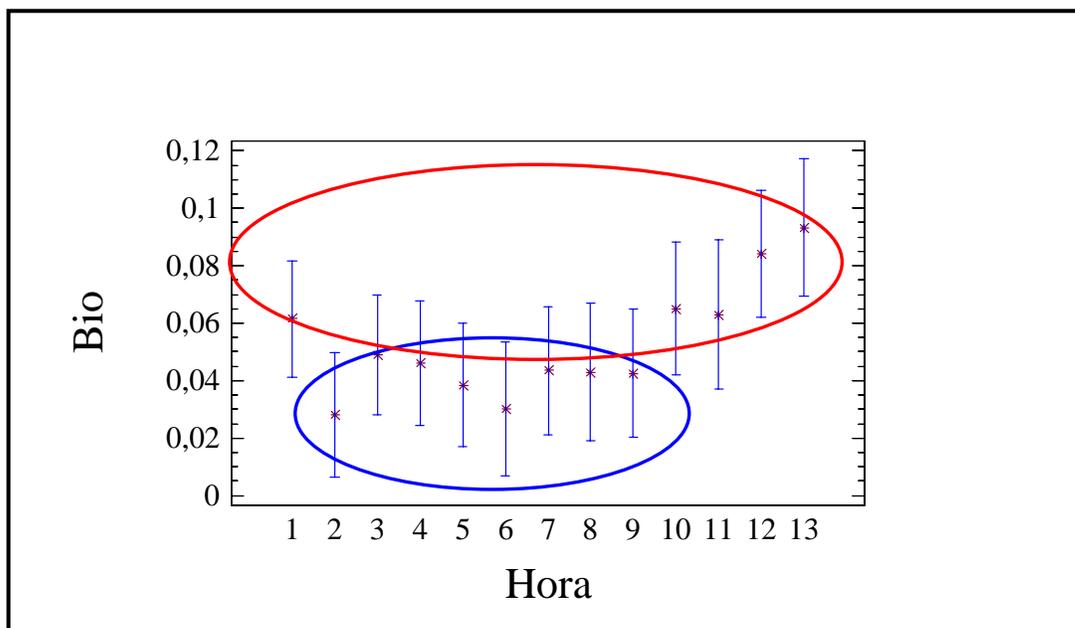


Figura 13. Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, en relación al biovolumen del mes de invierno (Agosto) (Bio) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.

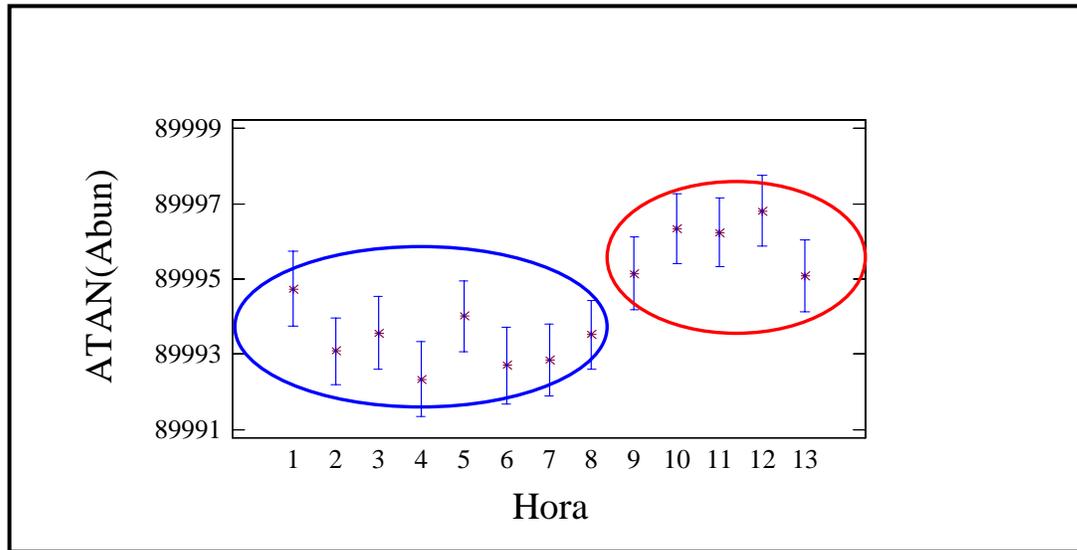


Figura 14. Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, en relación al arc tangente de la abundancia del mes de primavera (Noviembre) (ATAN Abun) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.

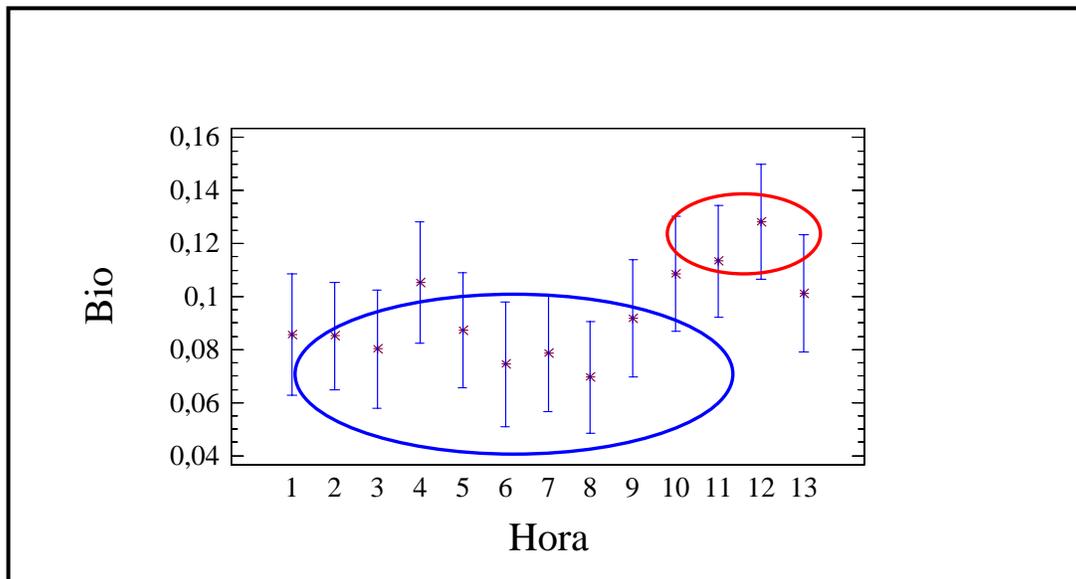


Figura 15. Prueba gráfica para grupos homogéneos, Método de Tukey HSD al 95,0%, en relación al biovolumen del mes de primavera (Noviembre) (Bio) y la composición de especies a través del ciclo mareal desde la hora 1 a la 13.

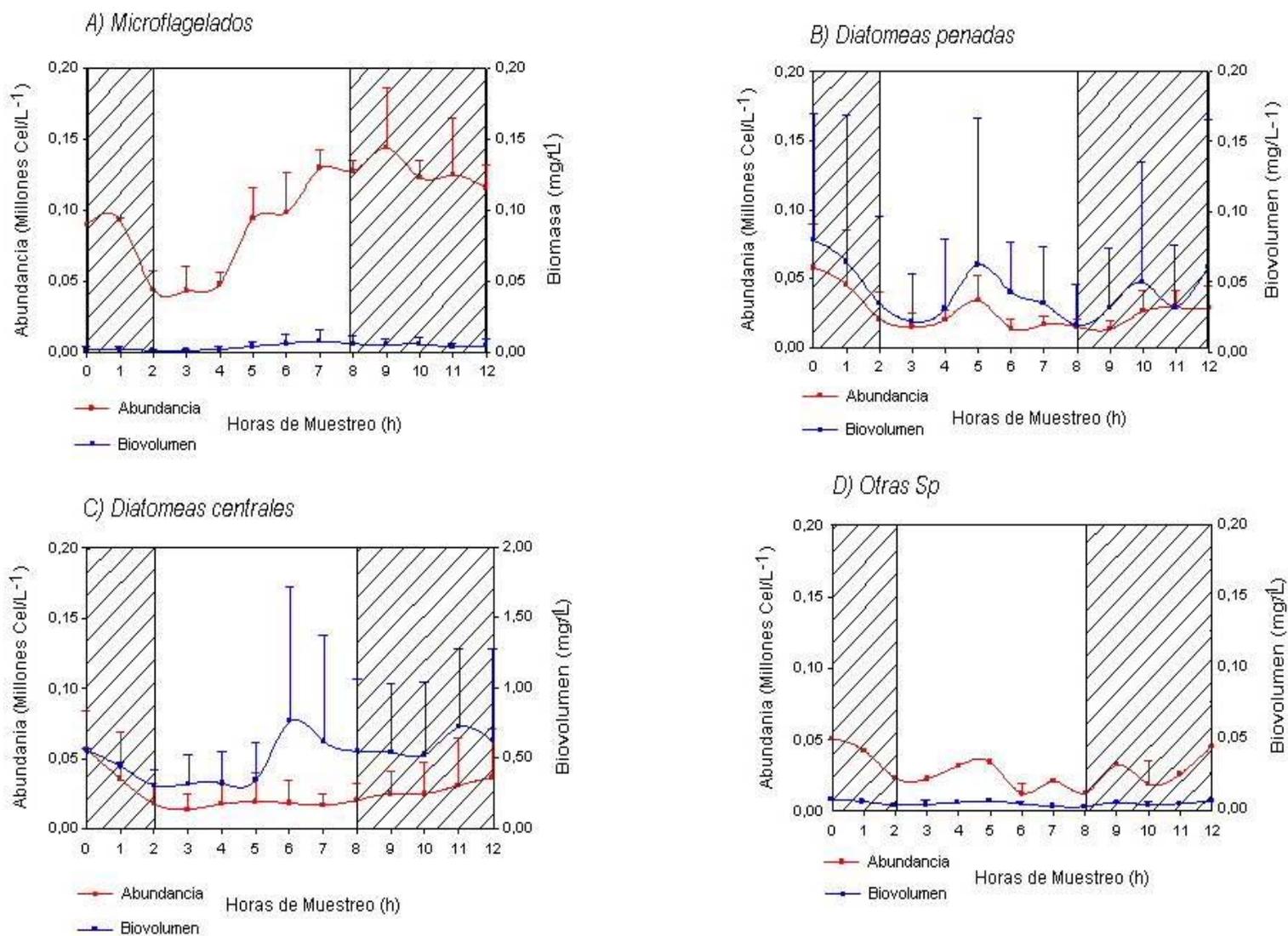


Figura 16. Abundancia (Cell/L^{-1}) y Biovolumen (mg/L^{-1}) fitoplanctónico de los grupos taxonómicos, mas importantes, presentes en la estación de verano (Enero): A) Microflagelados B) Diatomeas penadas C) Diatomeas centrales D) Otras Sp. La superficie achurada corresponde a marea alta.

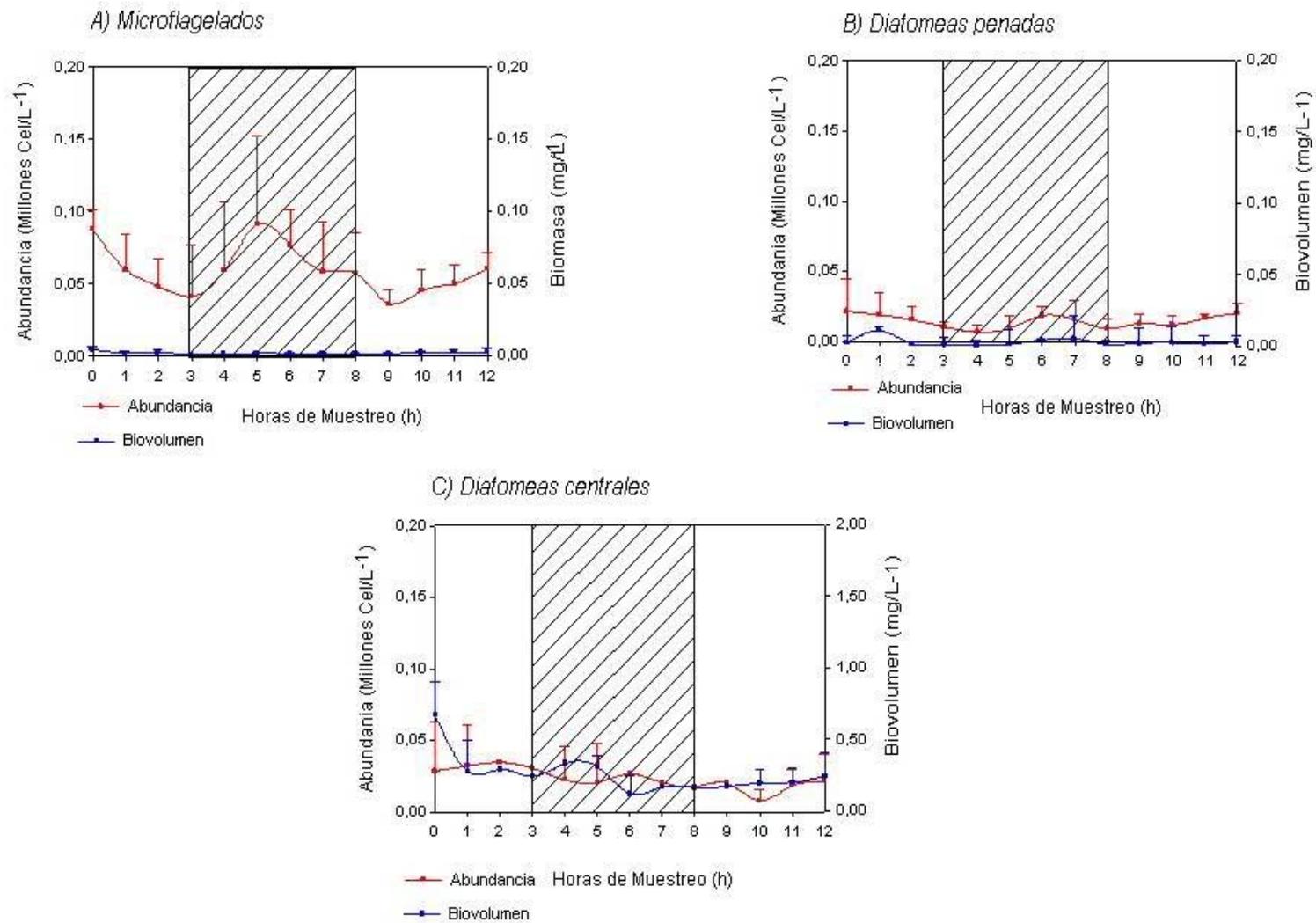


Figura 17. Abundancia (Cell/L^{-1}) y Biovolumen (mg/L^{-1}) fitoplanctónico de los grupos taxonómicos, más importantes, presentes en la estación de otoño (Abril): A) Microflagelados B) Diatomeas penadas C) Diatomeas centrales. La superficie achurada corresponde a marea alta.

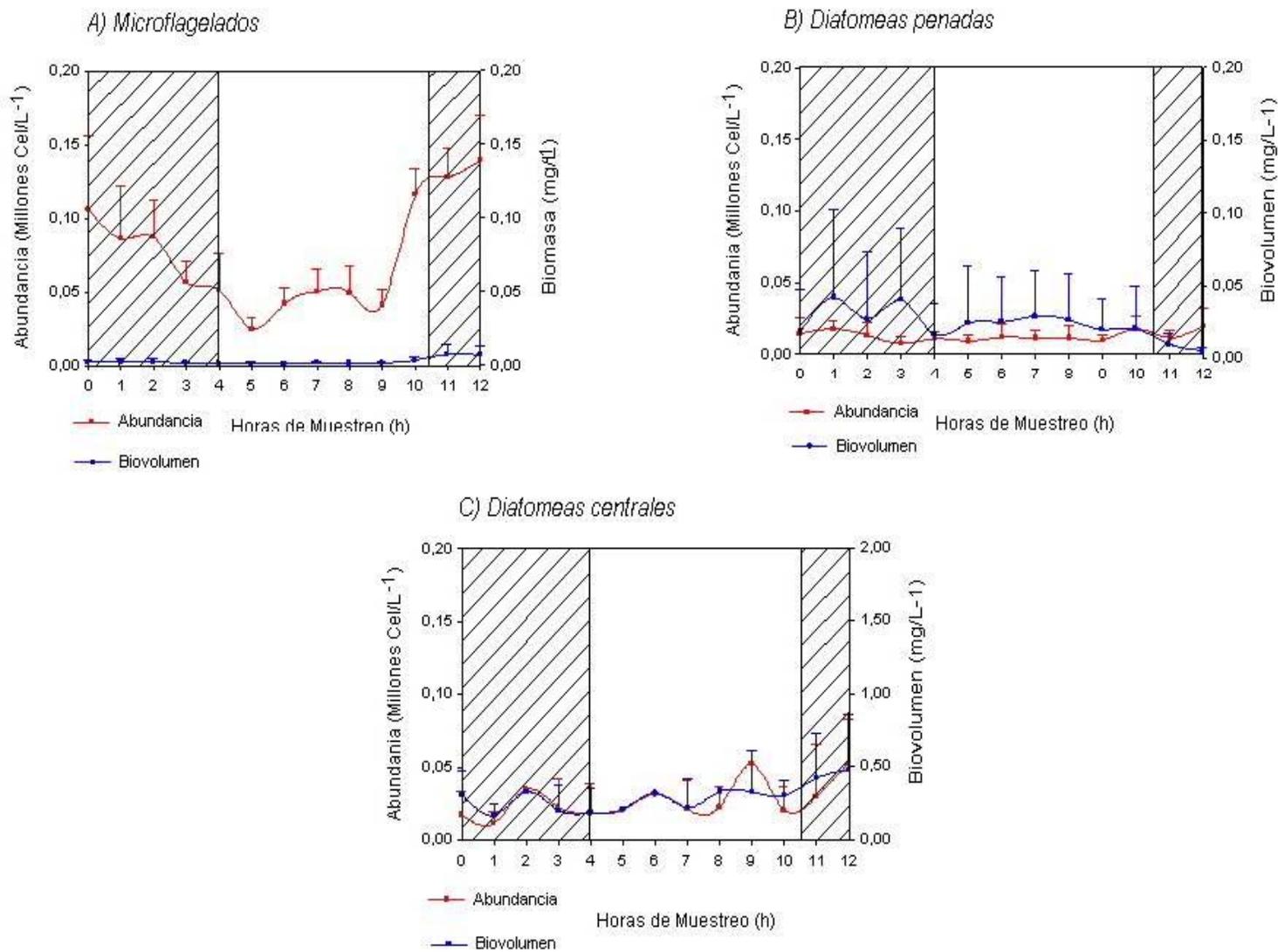


Figura 18. Abundancia (Cell/L^{-1}) y Biovolumen (mg/L^{-1}) fitoplanctónico de los grupos taxonómicos, mas importantes, presentes en la estación de invierno (Agosto): A) Microflagelados B) Diatomeas penadas C) Diatomeas centrales. La superficie achurada corresponde a marea alta.

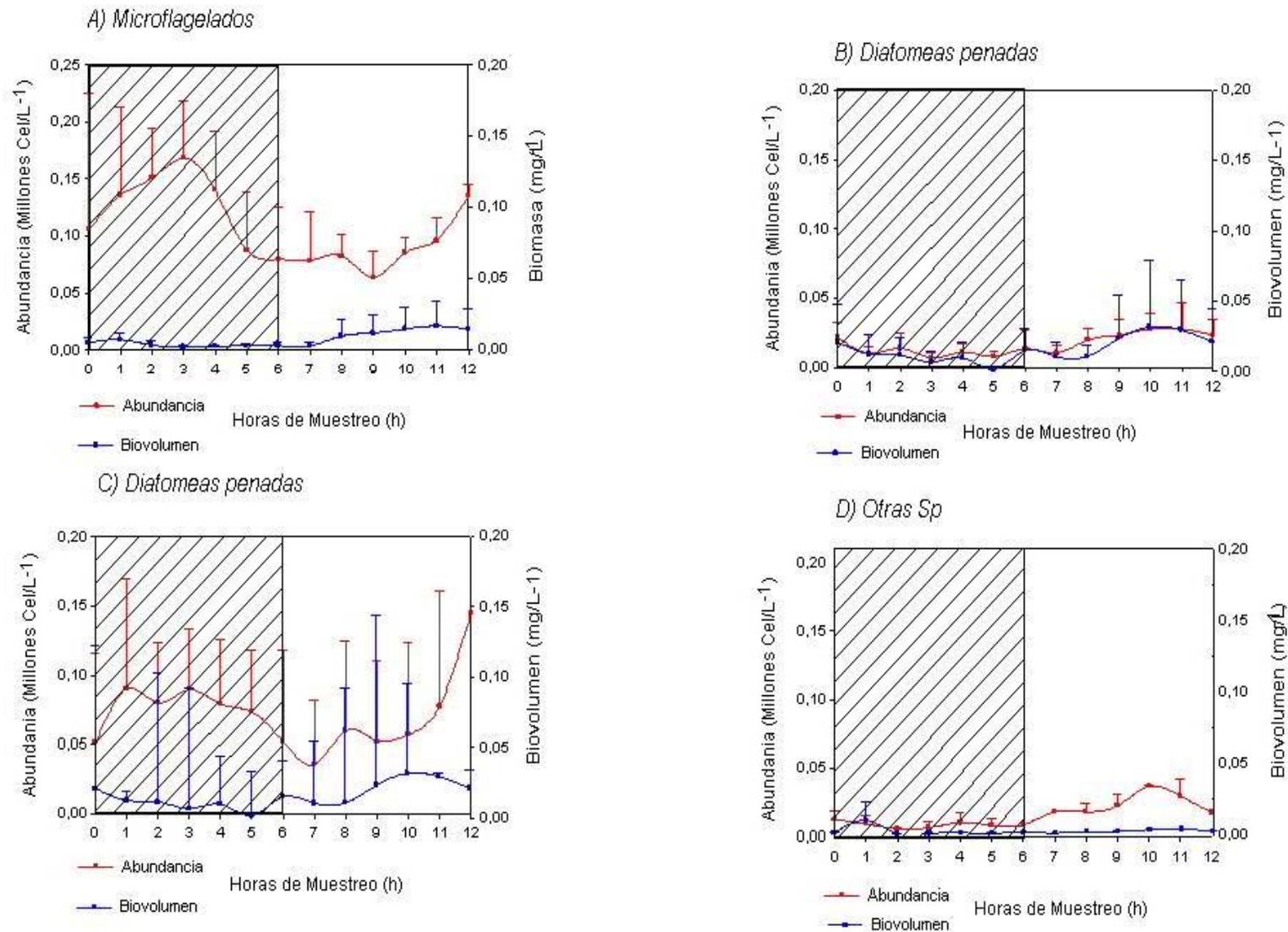


Figura 19. Abundancia (Cell/L^{-1}) y Biovolumen (mg/L^{-1}) fitoplanctónico de los grupos taxonómicos, mas importantes, presentes en la estación de primavera (Noviembre): A) Microflagelados B) Diatomeas penadas C) Diatomeas centrales D) Otras Sp. La superficie achurada corresponde a marea alta.

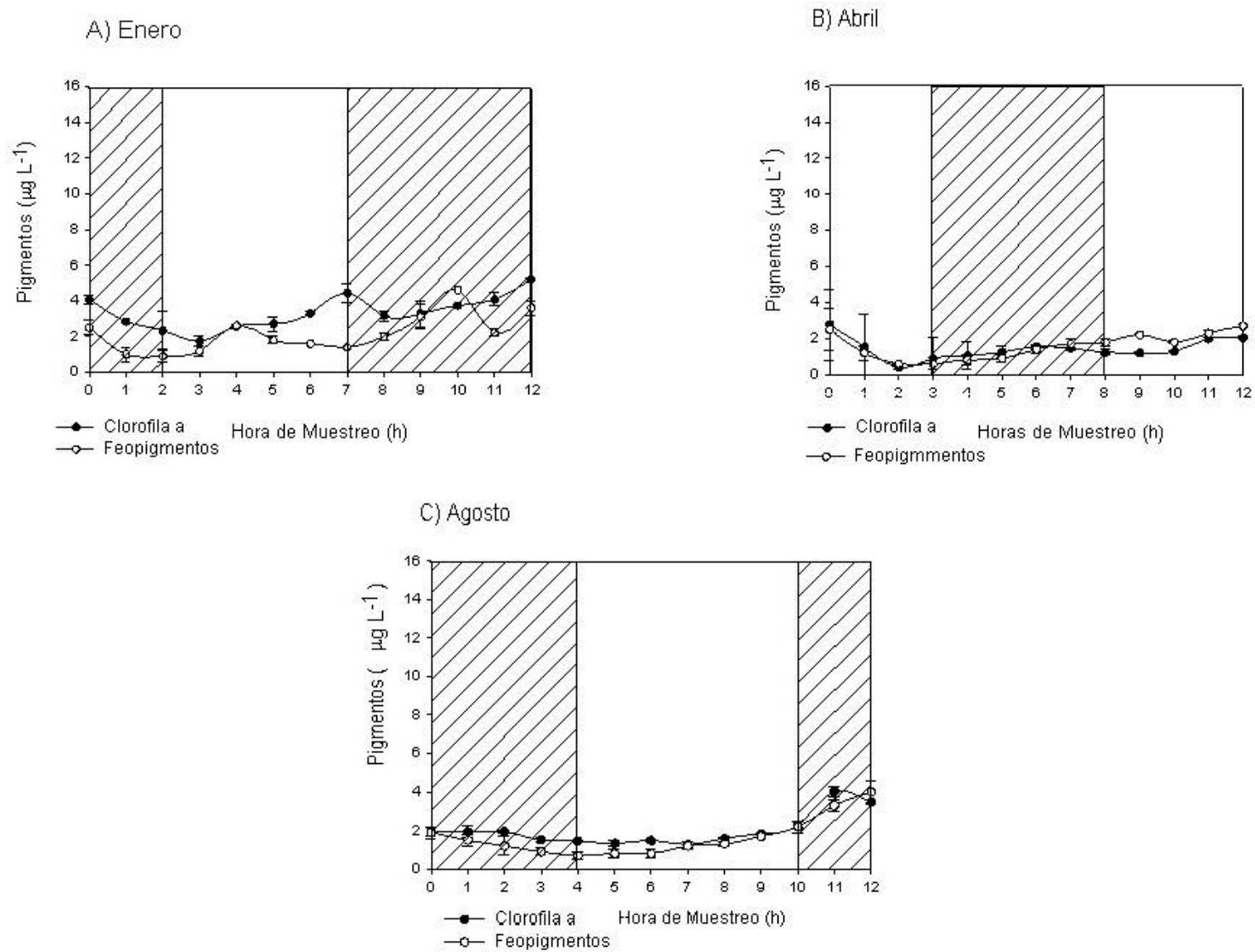
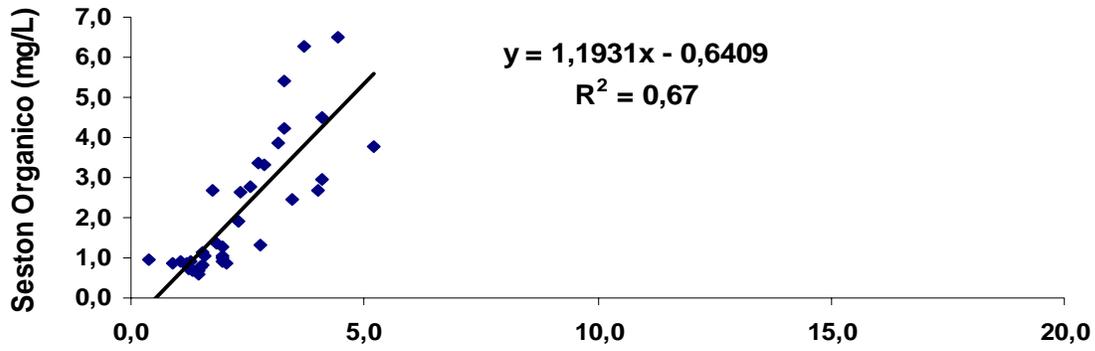
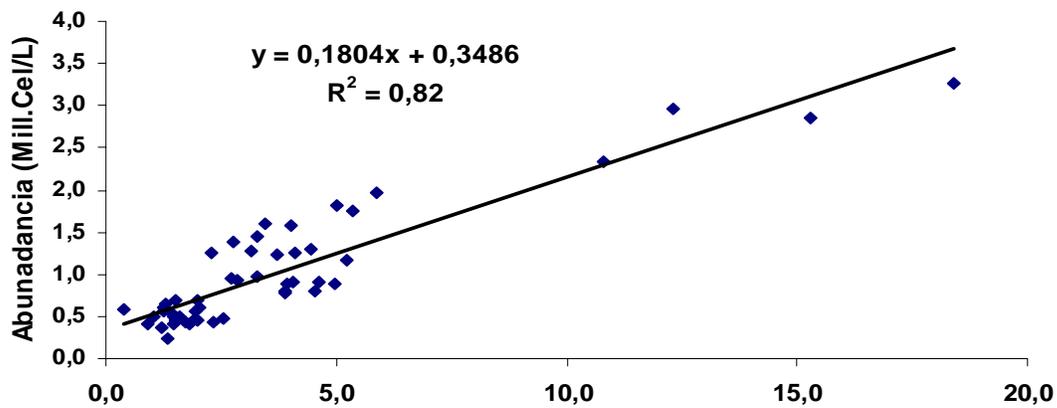


Figura 20. Perfil de Clorofila a y feopigmentos ($\mu\text{g/L}^{-1}$) registrada para las cuatro estaciones del año, representadas por los meses de muestreo: A) Enero, B) Abril, C) Agosto. La superficie achurada corresponde a marea alta.

A



B



C

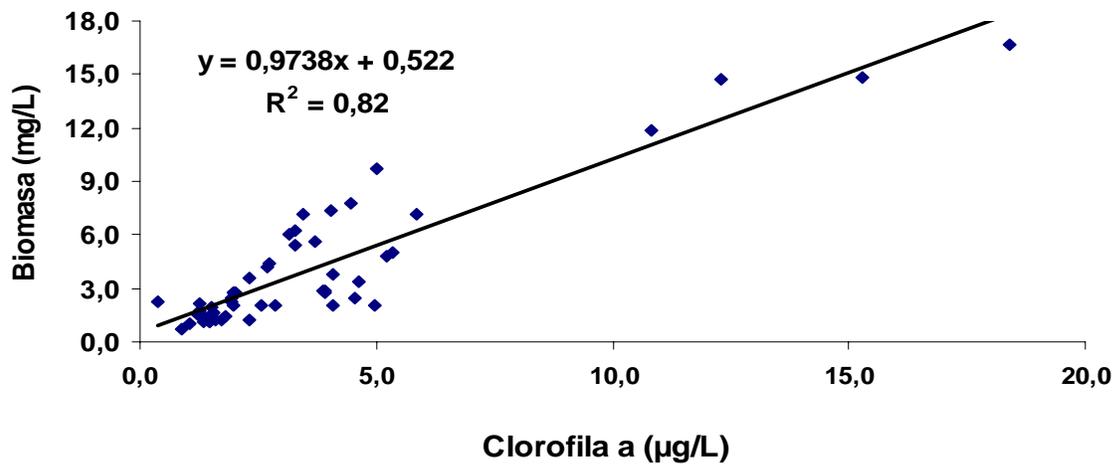


Figura 21. Relación clorofila a v/s: A) Seston Orgánico, B) Abundancia, C) Biovolumen de la comunidad fitoplanctónica presente en todas las cuatro estaciones del año en el estuario del río Quempillén.

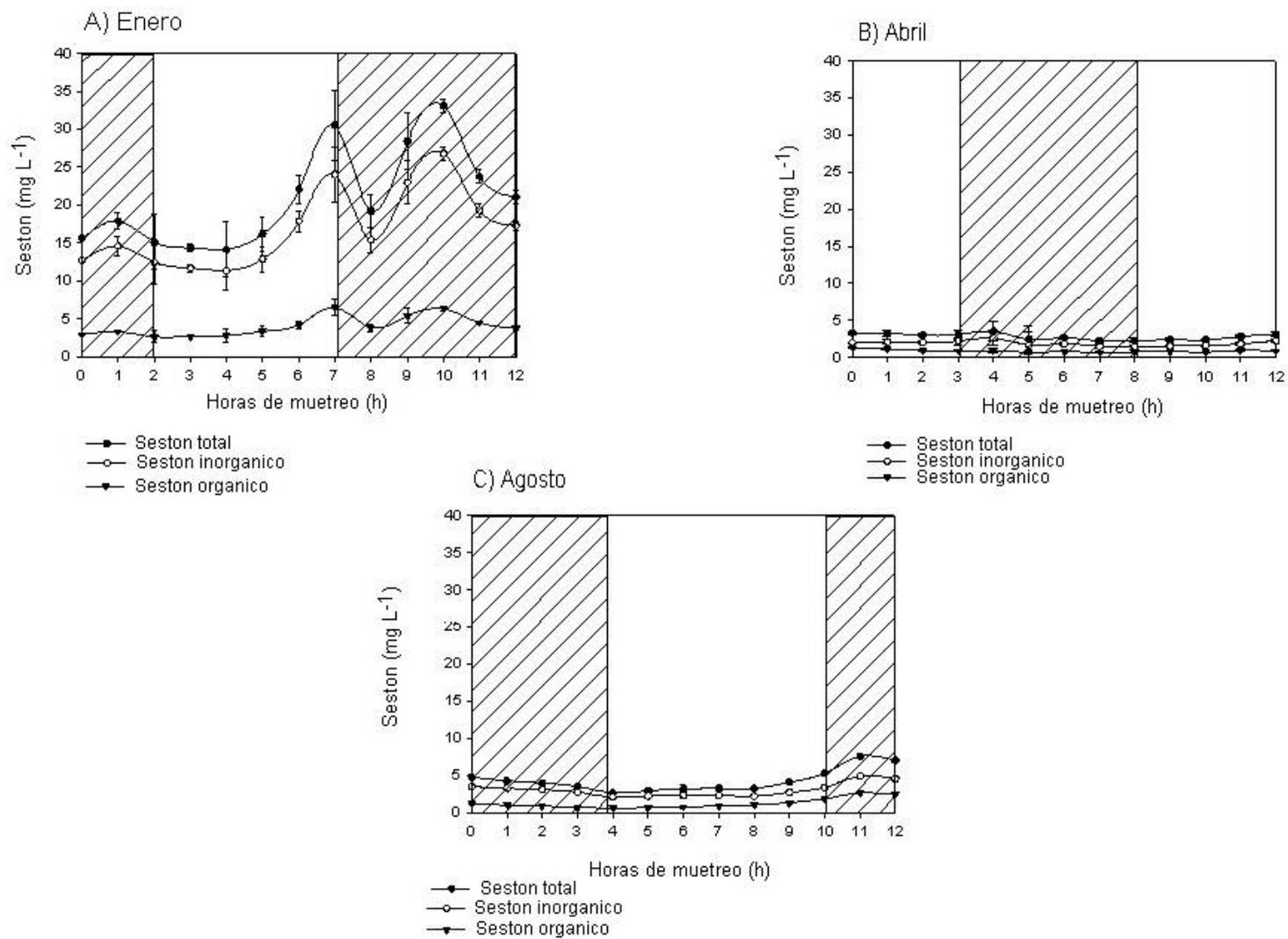


Figura 22. Seston total, orgánico e inorgánico (mg/L^{-1}), registrado para las cuatro estaciones del año, representadas por los meses de muestreo: A) Enero, B) Abril, C) Agosto. La superficie achurada corresponde a marea alta.

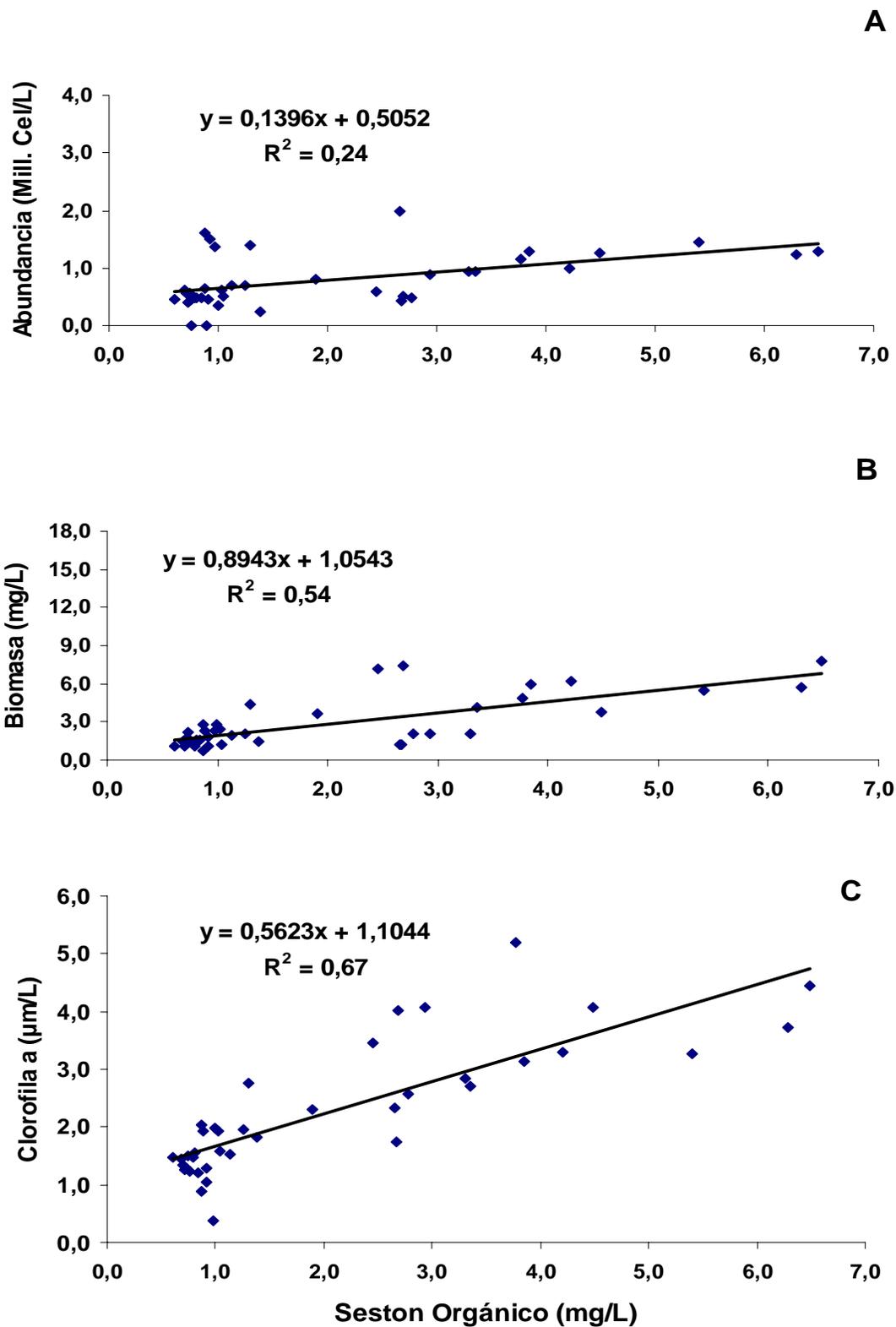


Figura 23. Relación Seston Orgánico v/s A) Abundancia, B) Biovolumen de la comunidad fitoplanctónica presente en todas las cuatro estaciones del año en el estuario del río Quempillén.

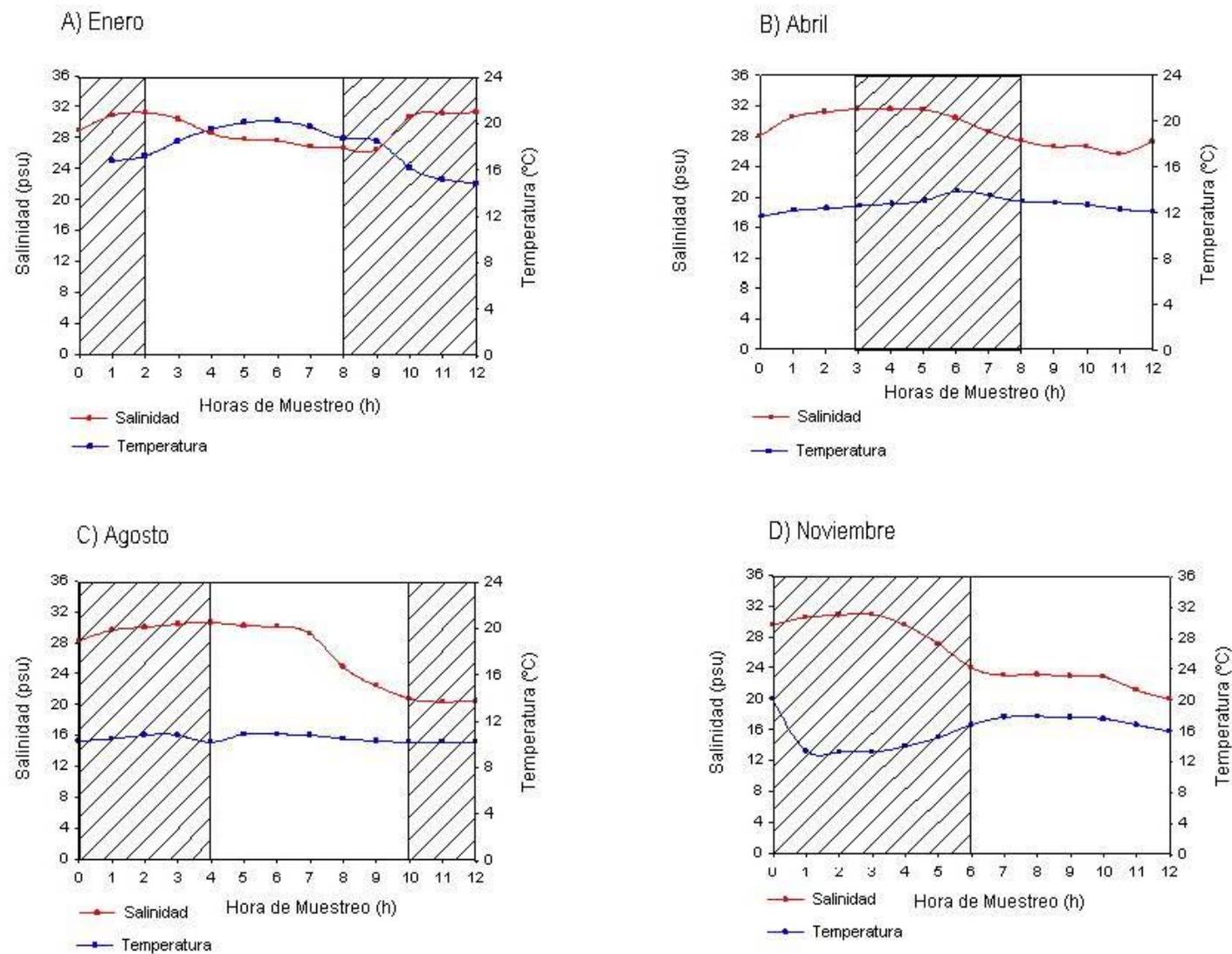


Figura 24. Temperatura (°C) y Salinidad (psu) registrada para las cuatro estaciones del año, representadas por los meses de muestreo: A) Enero, B) Abril, C) Agosto D) Noviembre. La superficie achurada corresponde a marea alta.

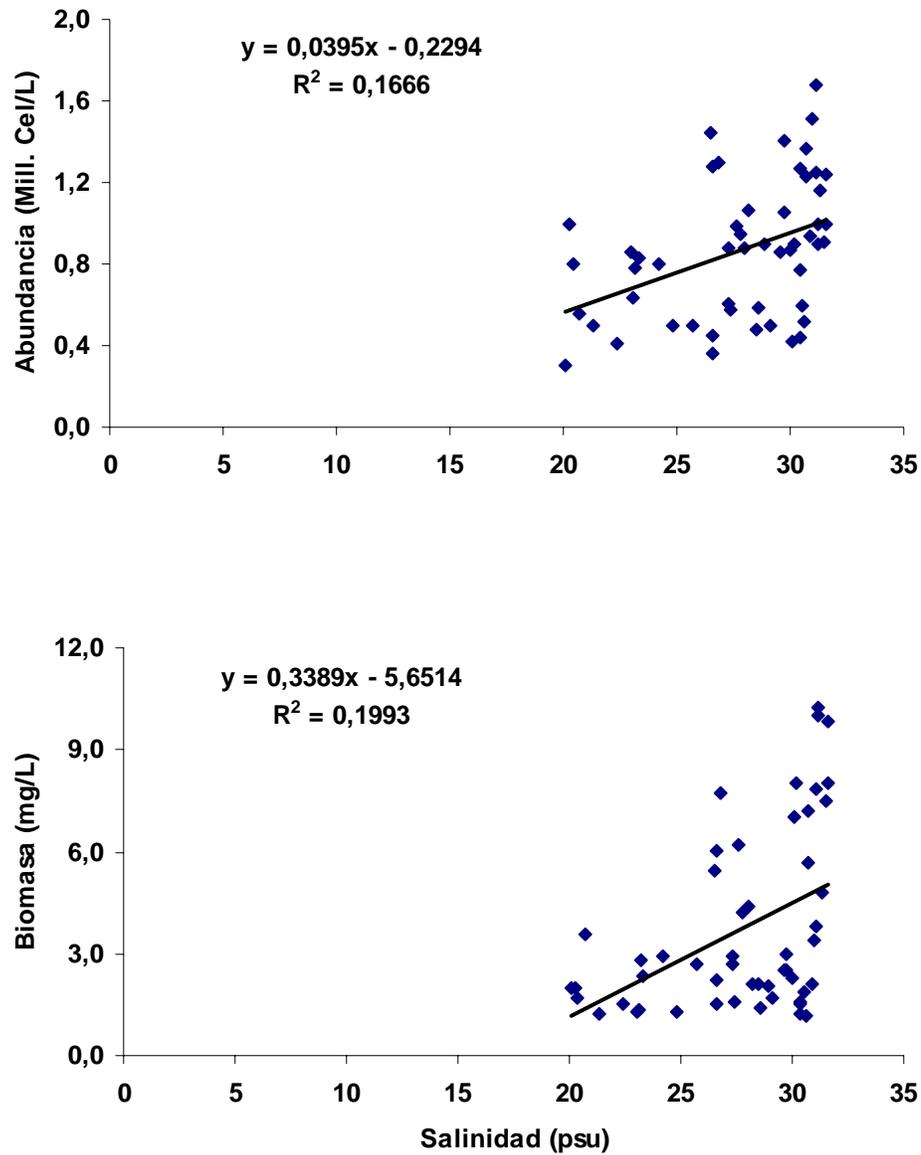
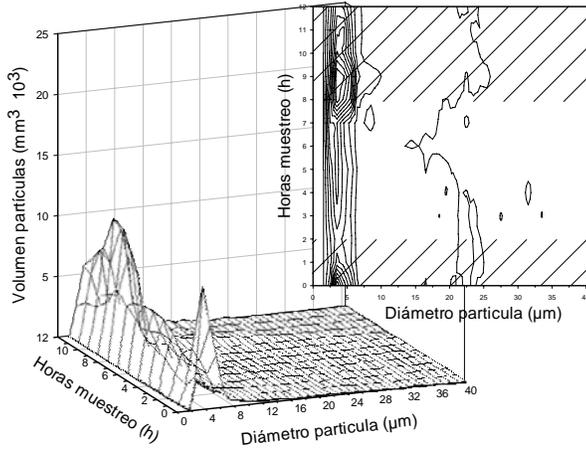
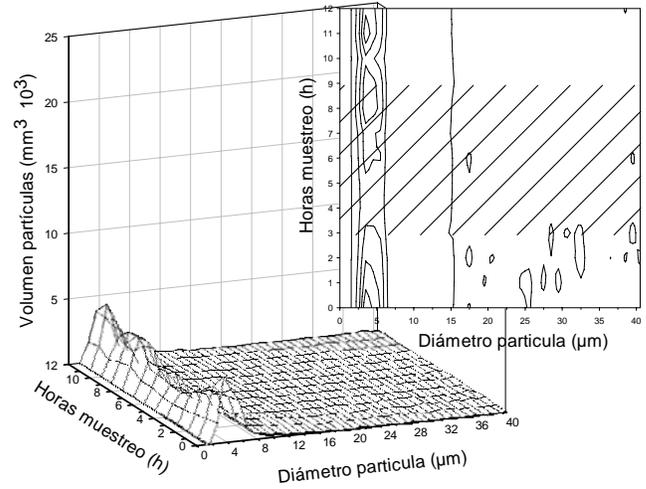


Figura 25. Relación Salinidad v/s A) Abundancia, B) Biovolumen de microflagelados presente en todas las cuatro estaciones del año en el estuario del río Quempillén.

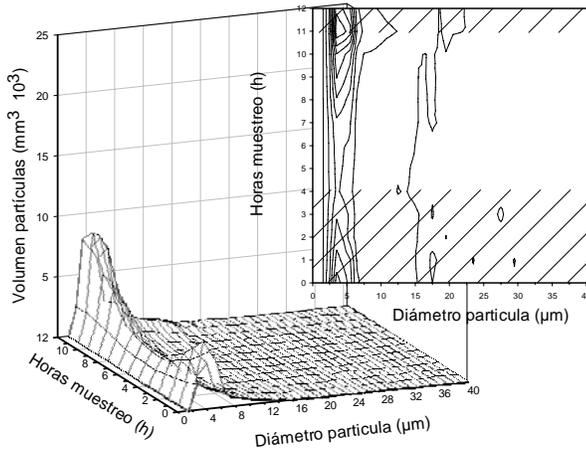
A) Enero



B) Abril



C) Agosto



D) Noviembre

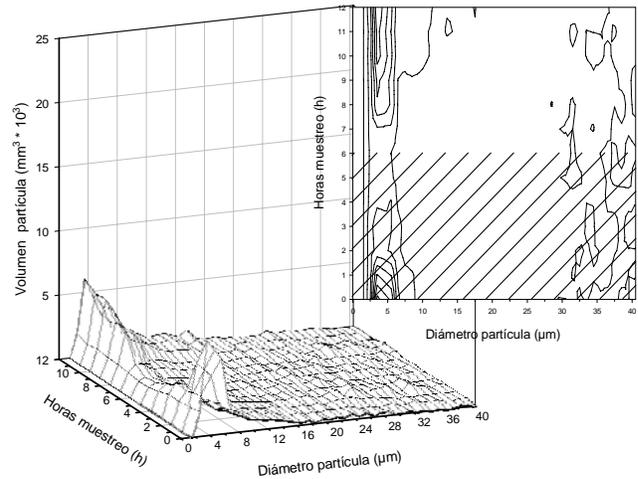


Figura 25. Distribución del tamaño de partícula para las cuatro estaciones del año en el estuario del río Quempillén, representadas por los meses de muestreo A) Enero, B) Abril, C) Agosto, D) Noviembre. La achurada corresponde marea alta.