

## COMPOSICIÓN POR TAMAÑOS DEL FITOPLANCTON, ABUNDANCIA DE CLOROFILA Y GRADIENTES DE PRODUCTIVIDAD PRIMARIA EN LA REGIÓN DE AYSÉN -NOVIEMBRE 2002

V. Montecino<sup>1</sup>, M. A. Paredes<sup>1</sup>, C. Vargas<sup>1</sup>, M. Manley<sup>2</sup> & G. Pizarro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>U. de Chile, Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Ecológicas

<sup>2</sup>SHOA-Valparaíso, <sup>3</sup>IFOP- P. Arenas.

### INTRODUCCIÓN

La teoría predice que en columnas de agua turbulentas, eutróficas y sin limitación por luz, predomina el microfitorplancton ( $>20 \mu\text{m}$ ) con elevadas biomásas totales y en columnas de agua estratificadas, oligotróficas y con limitación por luz, predominan el pico ( $<2 \mu\text{m}$ ) y nanofitorplancton ( $2-20 \mu\text{m}$ ) con bajas biomásas totales. El dominio de ciertas clases de tamaño del fitoplancton y sus abundancias, tienen fuertes implicancias en la productividad de los sistemas donde la diversidad específica responde a la competencia por recursos y a regímenes de perturbaciones abióticas (Reynolds 1993; Huisman *et al.* 1999).

El sistema de los fiordos y canales de Aysén comprendidos entre los  $43^{\circ}$ - $47^{\circ}$  S (Silva *et al.* 1998a, Guzmán y Silva, 2002) permiten estudiar el comportamiento de la biomasa fitoplanctónica total en su relación con la composición por clases de tamaño, dado que son sistemas abiertos, altamente heterogéneos y de baja estabilidad. Esto se debe principalmente a una alta variabilidad estacional y local en los procesos de turbulencia, en la concentración de nutrientes y en la disponibilidad de luz (Pizarro *et al.* 2003).

Las asociaciones fitoplanctónicas de varios fiordos y canales australes, en relación con algunos parámetros oceanográficos, han sido descritos por Vera *et al.* (1996), Muñoz y Avaria (1997) y Pizarro *et al.* (2000, 2003). Sin embargo, la importancia de los componentes micro, nano y picoplancton en la dinámica de estos ecosistemas de fiordos y canales australes ha sido escasamente estudiada. Para el presente estudio se analizan diferentes sitios (estaciones) en gradientes “océano–canales” considerando como hipótesis, que las áreas más oceánicas deberían presentar una concentración de clorofila-a (CL-a) y una productividad primaria menor que en los canales, condiciones que se asocian con la dinámica en la estructura de tamaños de estas asociaciones.

### METODOLOGÍA

Durante el crucero CIMAR 8-2 (Noviembre 2002) se realizaron diariamente estaciones diurnas con mediciones de penetración de la radiación solar, donde se obtuvieron muestras de agua para estimar la biomasa total (CL-a como indicador de biomasa) y la CL-a de tres fracciones de tamaño ( $>20$ ,  $11-20$  y  $<11 \mu\text{m}$ ) del fitoplancton. Cada muestra de 250-500 ml se filtró con y sin copos de tramas de  $20$  y  $11 \mu\text{m}$ , sobre filtros de fibra de vidrio de tamaño de poro  $0,7 \mu\text{m}$  (nominal). Los filtros se conservaron en nitrógeno líquido hasta su análisis en laboratorio, donde se extrajeron en acetona y se leyeron en un fluorómetro TURNER (Jeffrey *et al.* 1997) previamente calibrado con clorofila estándar (Sigma).

De cada muestra también se midió absorbancia *in vivo* ( $a_{ph}$  y  $a^*$ ) y materia orgánica disuelta coloreada ( $a_g$ ), además se fijaron muestras con Lugol para recuentos de fitoplancton en microscopio invertido. Para análisis con citofluorómetro se fijaron muestras de 2 ml con paraformaldehído al 10%. Para fitoplancton cualitativo se realizaron perfiles verticales hasta 50 m con red de 40  $\mu\text{m}$ , estas muestras se fijaron con formalina al 5 %. Para  $a_{ph}$  se filtraron 500-100 ml en filtros GF/F Whatman de 0.7  $\mu\text{m}$  (nominal) que se guardaron en placas histológicas y nitrógeno líquido para ser leídas posteriormente en un espectrofotómetro (Shimadzu UV\_Visible) en el rango 700-300 nm (Mitchell et al 2000). Para calcular  $a_{ph}$  y  $a^*$ , se extrajeron los pigmentos con metanol caliente con el objeto de descontar los espectros del detritus y se normalizó por CL-a sin feopigmentos para calcular  $a^*$ . Para ( $a_g$ ) las estimaciones se realizaron a partir de la filtración de 200 ml de agua por filtros de policarbonato de 0,2  $\mu\text{m}$ , pre-enjuagados con agua ultrapura (filtrada en equipo Barnstead). Se registró la densidad óptica en una cubeta de 10 cm de paso de luz en un espectrofotómetro Shimadzu UV-Visible utilizando agua ultrapura como blanco.

Para cuantificar la productividad primaria se utilizaron muestras superficiales de 5 y 25 m. Las mediciones de fotosíntesis *versus* irradiancia (P-I) se realizaron en un fotosintetrón, incubando durante 1 hora en un bloque termoregulado 10-12 muestras de 1 ó 2 ml, desde intensidades de luz mínimas hasta 777.2  $\mu\text{moles de fotones m}^{-2} \text{s}^{-2}$  de PAR en cada serie. Para obtener los parámetros fotosintéticos Alpha y  $PB_{\text{max}}$  se ajustaron las curvas P-I utilizando el programa Systat (Wilkinson, 1989) con el siguiente modelo:  $PB = PB_{\text{max}} \tanh(\alpha * I / PB_{\text{max}})$ , (Montecino & Quiroz 2000).

Cada día y alrededor del mediodía, se realizaron perfiles de radiación espectral descendente  $E_d(\lambda)$  en siete longitudes de onda: 320, 340 y 380 nm en el UV y 411, 442, 489 y 555 nm en el visible, utilizando un espectroradiómetro sumergible Satlantic Los coeficientes de extinción espectral  $K_d(\lambda)$  de la radiación en la columna de agua (Kirk, 1994) a 555 nm (longitud de onda mas penetrante) se calcularon mediante la ecuación:

$$E_d(z) = E_d(0) * \exp(-K_d(0-z)).$$

, donde:  $E_d(z)$  es la irradiancia descendente a profundidad z

$E_d(0)$  es la irradiancia descendente a profundidad 0

$K_d(0-z)$  es el coeficiente de extinción de la luz entre las profundidades 0 y z

Para analizar la relación entre la concentración de Cl-a integrada sobre los 25 m, y la estratificación o mezcla en la columna de agua, se calculó el parámetro de estratificación ( $P_s$ ) según Prandle (1985) desde los 0 m hasta la profundidad máxima de muestreo para cada estación:

$$P_s = \delta S / \langle s \rangle$$

Donde,  $\delta S$  = Diferencia entre salinidad de la superficie menos la salinidad del fondo.

$\langle s \rangle$  = promedio de salinidad transversal.

( $P_s < 0.15$  = Estuario Bien Mezclado, entre 0.15 y 0.32 = Estuario Mezclado y  
>0.32 = Estuario Estratificado).

Las mediciones de temperatura, salinidad y densidad a lo largo de la columna de agua de cada estación, se obtuvieron mediante un CTD SBE19, y los datos fueron procesados en el Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos (CENDHOC) del SHOA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran las distribuciones verticales de la biomasa del fitoplancton medido como clorofila “a” (CL-a) en varias estaciones junto con la distribución de la temperatura y la salinidad. La distribución espacial de la CL-a, integrada en los 25m superficiales de la columna de agua, mostró en los canales Tuamapu (44°S) y Pulluche (45° 70’S) un gradiente positivo desde el este hacia el oeste, lo cual significa que aumentaron las concentraciones de CL-a integrada hacia las estaciones más oceánicas en aquellos canales. En los canales Ninualac (45°S) y Darwin (45°40’S), se observa en cambio que las concentraciones de CL-a integrada presentan un gradiente inverso, es decir, las concentraciones disminuyen hacia las estaciones más oceánicas. Por último en el canal King (44°56’S) no se observa un gradiente transversal de la CL-a integrada (Fig. 2).

Los valores máximos de CL-a integrada, se encontraron al norte del canal Moraleda en las estaciones 7 y 8. Esto coincide con los máximos valores de CL-a de los perfiles verticales ya que la E 7 presentó a los 5 m 59,9 ug/l y la E 8 45.4 ug/l a los 10 m. Este canal presentó además, los mayores gradientes transversales de temperatura (10 - 11.8°C) y salinidad (28.2 - 32.2 psu) sobre los 50 m en la columna de agua (Fig. 1a), diferenciándose del resto de los canales, que no presentaron gradientes transversales marcados de estas variables, ya que hubo bastante mezcla, y “poca” influencia de agua dulce, lo que se puede observar a través de los perfiles de temperatura y salinidad (Fig 1e). Si se consideran todas las estaciones, el rango de temperatura fluctuó entre 10°C y 11.8°C, y la salinidad entre 27,1 y 32,6 psu.

Las estaciones que presentaron los mínimos valores de CL-a integrada se encontraron al sur del área muestreada, en los canales Darwin (Fig. 1c, E67) y Pulluche (Fig.1d, E74), los que presentaron concentraciones de CL-a integrada de 91 ug/l y 94.6 ug/l respectivamente. Ambas estaciones presentaron un máximo superficial de CL-a de 5 ug/l, lo cuál es comparativamente muy bajo en relación con el resto de las estaciones. A diferencia de los otros canales, el Pulluche, que presentó un gradiente positivo (este a oeste) de CL-a, presentó una relación clara entre concentración de CL-a y salinidad (Fig.1d), ya que las bajas concentraciones de CL-a integrada en las estaciones interiores (Est. 70, 72 y 74) del canal (94.6-142 ug/l), se encontraron relacionadas con salinidades menores (27.1 y 31.7 psu) que las estaciones más oceánicas (29.2-32.6 psu), las que presentaron concentraciones de CL-a integrada mayores (176.5-322.8 ug/l) (Fig. 2). La relación entre la concentración de CL-a (ug/l) con el comportamiento de la temperatura y salinidad en la columna de agua se realizó considerando el “Parámetro de Estratificación” ( $P_s$ ). Los valores de  $P_s$  fluctuaron entre 0.01

(est. 70) y 0.16 (est. 9), lo que significa que el área se puede clasificar como un “estuario bien mezclado”, de modo que la concentración de Cl-a integrada en los canales, no se encuentra regulada de manera significativa por diferencias en los perfiles de temperatura y salinidad, a excepción del Moraleda, donde existe una relación entre los mayores valores de Ps (0.12-0.16) y las mayores concentraciones de Cl-a (224.7-1138.2 ug/l).

En relación con la dimensión de la zona eufótica  $-z_{eu}$  (que queda determinada en gran medida por la biomasa -en sistemas dominados por absorción de luz por parte del fitoplancton- y la materia orgánica coloreada disuelta,  $a_g$ ), las estaciones en los canales que presentaron menores  $z_{eu}$  (<23 m), se encontraron asociadas directamente con valores de  $a_g > 1.5 \text{ m}^{-1}$  (tabla I) como también con los máximos valores de Cl-a integrada hasta la profundidad  $z_{eu}$  de cada estación. El coeficiente de extinción de la longitud de onda más penetrante ( $k_d555\text{nm}$ ) alcanzó valores muy similares en sitios muy diferentes y distantes. i.e. 0.194-0.198  $\text{m}^{-1}$  entre las estación interior 72 (canal Polluche) y la estación oceánica 46 (afuera del canal Tuamapu) y valores muy diferentes en sitios muy cercanos i.e. 0.275  $\text{m}^{-1}$  en la estación 8 y 0.103  $\text{m}^{-1}$  en la estación 9 del canal Moraleda. Esto refleja una dinámica en parches según las condiciones particulares de los diferentes sitios.

Producción primaria: Al comparar los experimentos de P versus I realizados con las muestras subsuperficiales de 5 m (figura 3) es posible señalar que los valores de  $PB_{max}$  (que depende de la abundancia y distribución de la CL-a) presentan un gradiente este-oeste opuesto al de la clorofila de la Figura 2, con máximos de  $PB_{max} (>4.0 \text{ mgC (mg CL-a) h}^{-1})$  en E65-Darwin y E72-Pulluche y máximos para Alpha en E65-Darwin ( $0.029 \text{ mgC (mgCL-a)}^{-1}(\mu\text{Mol m}^{-2} \text{ s})$ ) y E72-Pulluche ( $0.079 \text{ mgC (mgCL-a)}^{-1}(\mu\text{Mol m}^{-2} \text{ s})$ ). Los valores de  $PB_{max} \leq 2 \text{ mgC (mg CL-a) h}^{-1}$  se presentaron en las estaciones 8, 52 y 53 en tanto bajas eficiencias fueron encontrados sólo en E53-King y E69-Darwin (Tabla I). Esto indicaría que la eficiencia fotosintética (Alpha) no queda explicada significativamente por el parámetro de estratificación, si se comparan lugares donde se encontraron gradientes de densidad con aquellos donde estos gradientes fueron menos intensos.

Los valores de clorofila medidas en noviembre 2002 son los mas altos reportados hasta ahora para la región de Aysén, y aún cuando la Cl-a podría estar sobreestimada (atribuible a tener que realizar diluciones consecutivas por las altas concentraciones), es necesario resaltar que la biomasa del fitoplancton estuvo dominada en todas las localidades y profundidades por la fracción  $> 20 \mu\text{m}$  (figura 4A). En áreas oceánicas adyacentes y en varias de estas mismas localidades del mar interior pero en otros periodos del año y otras condiciones en las estructuras verticales en las columnas de agua, se ha encontrado que el tamaño predominante de la biomasa fitoplanctónica se encontraba en la fracción  $< 23 \mu\text{m}$  (nano y picofitoplancton) (Pizarro *et al.*, 2000, 2003).

El análisis de los rangos de los tamaños corporales de los componentes del fitoplancton, permite conocer la estructura de los ecosistemas dada la relación entre los procesos fisiológicos individuales, el tamaño del cuerpo y los procesos comunitarios y ecosistémicos (Ernest & Brown 2001, Montecino 2002). Así, los resultados de la composición por tamaños del fitoplancton, donde la biomasa total estuvo dominada por la fracción microfitoplanctónica, sería indicativo de una situación de eutrofia generalizada con aguas bien

mezcladas a mesoescala y con efectiva aclimatación a la luz de esta fracción (Parámetro de fotoaclimatación- IK- osciló entre 77 y 270  $\mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

La figura 4B muestra que la fracción chica ( $<20\mu\text{m}$ ) oscila alrededor del 10 % de la biomasa total y aumenta su proporción cuando la clorofila total (sin fraccionar) disminuye a menos de 5  $\text{mg m}^{-3}$ . Los resultados sobre abundancia del fitoplancton (fracción  $>20\mu\text{m}$ ) corroboran estos resultados con concentraciones de 758 000 células/litro, donde la diatomea Stephanopyxis alcanzó un 95% (i.e. E 8 del canal Moraleda (tabla II)).

En la cuenca sur del canal de Moraleda ( $45^{\circ}30'$ ), los procesos de mezcla obedecen a la presencia de ondas internas que son generadas por las corrientes de mareas. En estos sectores existen corrientes barotrópicas intensas y el tiempo de residencia de las aguas depende tanto de los aportes de agua dulce como de la intensidad del viento (Salinas & Hormazabal 2002, Salinas *et al.* 2002). Como se indico anteriormente, en la mayoría de los sitios aquí analizados la condición de mezcla fue dominante. Los incrementos de la biomasa al interior de los canales ocurren cuando en sitios determinados se producen condiciones favorables por un periodo de tiempo compatible con el crecimiento de las células fitoplanctónicas y la dispersión de las poblaciones se favorece con los intensos flujos horizontales y procesos de circulación. En sistemas similares, estos intercambios están modulados por la fuerte boyantes de las aguas, difundiendo los efectos locales de la mezcla sobre varios kilómetros en pocos días (Garrett & Marra 2002).

Las altas concentraciones de CL-a encontradas en el canal Moraleda, y las comparativamente bajas concentraciones de CL-a en los canales Pulluche y Darwin, son consistentes con un estudio realizado en el CIMAR 1 Fiordos (Octubre 1995), por Silva *et al.*, 1998b, en el que se encontraron altos valores de materia orgánica en los sedimentos ( $> 10\%$ ) en el centro del Moraleda, mientras que en los canales Darwin y Pulluche (entre otros), se encontraron bajos porcentajes de materia orgánica en los sedimentos ( $< 2,5\%$ ), los que se atribuyeron al efecto que tienen los glaciares en la zona, los cuales mediante la liberación de material inorgánico denominado “glacial silt” producirían una “dilución” del contenido orgánico de los sedimentos por una parte, y atenuarían la productividad primaria del sector por otra, probablemente por limitación de luz.

El tamaño celular dominante determina las características de los coeficientes de absorción de la luz (Ciotti *et al.* 2002). Comparando los resultados de  $a_{\text{ph}}$  de noviembre 2002 (Tabla I) con los obtenidos de noviembre 2001 (CIMAR 7), en donde los valores máximos a 440 nm fueron de 0.07-0.11  $\text{m}^{-1}$  (Astoreca *et al.* 2002), fueron aquí mas altos en la mayoría de los casos con máximos de 0.427 y 0.407  $\text{m}^{-1}$  en la E0-boca del Huafo (0 m) y E8-Moraleda a 10 m y cambios poco significativos en la estructura de tamaños. Del total de las muestras, la fracción menor que 20  $\mu\text{m}$  es más del 50 % solo en un 6% de ellas.

Varios autores se han preocupado de estudiar la relación entre diversidad de especies y procesos de mezcla (Lindenschmidt & Chorus 1998) y en relación con la diversidad de tamaños y la estabilidad de la columna de agua, Li (2002) ha logrado establecer patrones macro ecológicos en el Atlántico Norte. Para el área de Aysén, considerando la data histórica junto con los resultados obtenidos en noviembre 2002, donde la CL-a fue mayor y la diversidad

de tamaños del fitoplancton fue menor, será posible a corto plazo determinar si de acuerdo con la intensidad de las perturbaciones la diversidad de tamaños presenta una respuesta unimodal (baja diversidad con perturbaciones máximas y mínimas) significativa.

## **REFERENCIAS**

- Astoreca Rosa, Gemita Pizarro, M. Alejandra Paredes, Paulina Uribe y Vivian Montecino 2002. Relación entre patrones espaciales de productividad y la abundancia y estructura de tamaños del fitoplancton en sistemas de fiordos y canales de la XI región. Resultados Crucero CIMAR 7 Fiordos. Informes preliminares. Comité Oceanográfico Nacional: 77-88
- Ciotti, A.M., Lewis, M.R., Cullen, J.J., 2002. Assessment of the relationships between dominant cell size in natural phytoplankton communities and the spectral shape of the absorption coefficient. *Limnology and Oceanography* 47, 404-417.
- Ernest, S. K. M. & J. H. Brown. 2001. Homeostasis and compensation: the role of species and resources in ecosystem stability. *Ecology* 82(8): 2118-2132.
- Garrett, A. & J. Marra. 2002 Effects of upper ocean physical processes (turbulence, advection and air-sea interaction) on oceanic primary production. In *The Sea* (ed. Alan Robinson, J. Mc carthy and B. Rotschild Vol. 12: 19-49
- Guzmán D. y N. Silva 2002 Caracterización física y química y masas de agua en los canales australes de Chile entre Boca del Guafo y Golfo Elefantes (Crucero CIMAR 4 Fiordos). *Ciencia y Tecnología del Mar* 25 (2): 45-76.
- Huisman, J., P. van Oostveen & F. J. Weissing. 1999. Species dynamics in phytoplankton blooms: Incomplete mixing and competition for light. *The American Naturalist*. 154: 46-68.
- Jeffrey, S. W., R. F. C. Mantoura & S. W. Wright. 1997. Phytoplankton pigments in oceanography: methods. *Monographs on Oceanographic Methodology*. SCOR and UNESCO.
- Kirk JTO (1994) *Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems*. Second edition. Cambridge University Press, 509 pp.
- Li, W. K., 2002. Macroecological patterns of phytoplankton in the northwestern North Atlantic Ocean. *Nature*, 154-157
- Lindenschmidt, K. & I. Chorus. 1998. The effect of water column mixing on phytoplankton succession, diversity and similarity. *Journal of Plankton Research* 20:1927-1951.
- Mitchell G, A Bricaud, K Carder, J Cleveland, G Ferrari, R Gould, M Kahru, M Kishino, H Maske, T Moisan, L Moore, N Nelson, D Phinney, R Reynolds, H Sosik, D Stramski, S Tassan, C Trees, A Weidemann, J Wieland & A Vodacek (2000)

- Determination of spectral absorption coefficients of particles, dissolved material and phytoplankton for discrete water samples. En G. S. Fargion & J. L. Mueller (eds) Ocean Optics Protocols for satellite Ocean Color Sensor Validation, Revision 2.125-153.NASA.Greenbelt, Maryland.
- Montecino, V. & D. Quiroz. 2000. Specific primary production and phytoplankton cell size structure in an upwelling area off the coast of Chile (30°S). *Aquatic Sciences* 62: 364-380.
- Montecino, V. 2002. Alometría y biodiversidad en fitoplancton en relación con la productividad primaria en ecosistemas pelágicos. En. *Sustentabilidad de la biodiversidad*. K. Alveal & T. Antezana (eds).
- Muñoz, P. & S. Avaria. 1997. Fenómenos de marea roja y otras floraciones algales en Chile. *Ciencia y Tecnología Marina*. 20:175-192.
- Pizarro, G., J. L. Iriarte, V. Montecino, J. L. Blanco & L. Guzmán. 2000. Distribución de la biomasa fitoplanctónica y productividad primaria máxima de fiordos y canales australes (47° - 50°S) en Octubre 1996. *Ciencia y Tecnología Marina*. 23: 25-48.
- Pizarro, G., Montecino, V., Guzmán, L., Muñoz, V., Chacón, V., Pacheco, H., Frangópulos, M., Retamal, L., Alarcón, C. 2003 Patrones locales recurrentes del fitoplancton en fiordos y canales australes (46°-56°S) en primavera y verano. *Revista Ciencia y Tecnología Marina*, en revisión.
- Prandle D., On salinity regimes and the vertical structure of residual flows in narrow tidal estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 1985, 20, 615-635.
- Reynolds, C., I. Padisák & U. Sommer.1993. Intermediate disturbance in the ecology of phytoplankton and the maintenance of species diversity: a synthesis. *Hidrobiología*. 249: 183-188.
- Salinas Sergio, Juan Fierro, Manuel Castillo & Jaime Letelier 2002 Tiempo de residencia y procesos de mezcla en la cuenca sur de la constricción de Meninea. Resultados Crucero CIMAR-7 fiordos. Informes preliminares. Comité Oceanográfico Nacional: 33-43
- Salinas, S y S. Hormazabal 2003. Circulación en la constricción de Meninea, canal Moraleda, 45°15'S. *Ciencia y Tecnología del Mar (CONA)* en revisión.
- Silva, N., C. Calvete & H. Sievers. 1998a. Masas de agua y circulación general para algunos canales australes entre Puerto Montt y Laguna San Rafael, Chile. (Crucero CIMAR 1 Fiordos). *Ciencia y Tecnología Marina*. 21: 17-8.
- Silva, N., J. Maturana, J. Sepúlveda, R. Ahumada. 1998b. Materia orgánica, C y N, su distribución y estequiometría, en sedimentos superficiales de la región norte de los

fiordos y canales australes de Chile (Crucero CIMAR 1 Fiordos). *Ciencia y Tecnología Marina*. 21:49-74.

Vera, P., S. Avaria & P. Muñoz. 1996. Composición y distribución del fitoplancton de los fiordos adyacentes a Campos de Hielo Sur y su relación con algunos parámetros oceanográficos. *Ciencia y Tecnología Marina*. 19: 73-92.

Wilkinson L. 1989 SYSTAT: The System for Statistics. Evanston, IL. Systat, Inc., 638 pp

Tabla I. Resultados de mediciones durante crucero CIMAR 8 Fiordos en Aysén durante Noviembre 2002. Se indican valores de absorbancia in vivo ( $\lambda$ ) del fitoplancton ( $a_{ph440}$ ) y absorbancia ( $a^*$ ) normalizada por clorofila-a ( $a^*_{440}$  nm); absorbancia de la materia orgánica disuelta coloreada o Gilvin ( $a_g$ ); coeficiente de extinción de la radiación  $k_d$  555 nm; profundidad de la zona eufótica ( $z_{eu\ 555nm}$ ) parámetros fotosintéticos PBmax ( $mgC (mg\ CL-a) h^{-1}$ ) y Alpha ( $(mgC (mg\ CL-a)-1(mMol\ m^{-2}\ s))$ ) a diferentes profundidades.

Estación	Fecha	Lugar	Prof. (m)	Absorbancia in vivo		Gilvin	Kd(555) ( $m^{-1}$ )	Zeu (m)	Parámetros	
				$a_{ph(440)}$ ( $m^{-1}$ )	$a^*(440)$ ( $m^2\ mg^{-1}$ )	$a_g(375)$ ( $m^{-1}$ )			PBmax	Alpha
0	16-11-2002	Boca Guafo	0	0.427	0.025	1.260	0.0767	60.0		
			5	0.250	0.025	1.284				
			10	0.160	0.017	*				
			25	0.024	0.025	0.904				
			50	0.049	0.079	*				
45	24-11-2002	Tuamapu	0	*	*	0.908	0.160	28.8		
			5	0.022	0.002	*				
			10	0.138	0.013	*				
			25	0.110	0.012	1.515				
46	24-11-2002	Tuamapu	0	0.151	0.012	1.822	0.198	23.2		
			10	0.222	0.010	0.983				
			25	0.086	0.016	*				
8	17-11-2002	Moraleda	5	0.334	0.012	1.967	0.275	16.8	2.030	0.018
			10	0.407	0.003	1.193				
			25	0.161	0.010	5.741			1.068	0.017
			50	0.044	0.033	*				
9	17-11-2002	Moraleda	0	0.002	0.000	1.295	0.103	44.9		
			5	*	*	*				
			10	0.046	0.007	1.777				
			25	0.252	0.017	*				
			50	*	*	1.003				
53	23-11-2002	Canal King	0	*	*	1.640	0.143	32.2		
			5	0.028	0.018	*				
			10	0.101	0.023	1.354				
			25	0.411	0.121	1.051				
52	23-11-2002	Canal King	0	*	*	2.394	0.197	23.4		
			5	0.097	0.009	*				
			10	0.075	0.007	1.155				
			25	0.007	0.001	0.938				
69	19-11-2002	Canal Darwin	5	0.036	0.003	*	0.152	30.7	3.309	0.014
			10	0.106	0.009	2.346				
			25	*	*	1.886			0.063	0.001
			50	0.076	0.013	2.153				
65	20-11-2002	Canal Darwin	5	0.064	0.013	*	0.145	32.1	7.850	0.029
			10	0.040	0.007	1.649				
			25	0.067	0.020	1.190			3.009	0.029
			50	*	*	1.174				
74	21-11-2002	Pulluche	0	*	*	2.194	0.201	23.1		
			5	0.040	0.009	*				
			10	0.069	0.020	2.195				
			25	0.034	0.054	1.642				
72	21-11-2002	Pulluche	0	*	*	2.019	0.194	23.7		
			5	0.058	0.021	*				
			10	0.067	0.011	2.029				
			25	0.043	0.019	1.647				

Tabla II. (A) Composición cuantitativa del fitoplancton en cel\*1000 L-1 en estaciones seleccionadas a diferentes profundidades entre 0 y 50 m (sm= sin muestra).

Estación	0	8	9	45	46	52	53	65	69	72	74
<b>Profundidad (m)</b>											
0	sm	291	9	22	10	sm	5	8	371	5	5
5	440	758	43	7	73	72	7	167	sm	13	3
10	182	447	16	4	6	13	3	21	133	sm	10
25	1	26	sm	4	6	6	8	3	9	14	2
50	1	207	1	9	1	51	1	81	sm	sm	1

Tabla II. (B) Composición específica del fitoplancton recolectado en las diferentes estaciones de muestreo durante noviembre de 2002. Se indica la frecuencia de aparición específica (f) y riqueza de especies por estación de muestreo.

Estación	0	8	9	45	46	52	53	65	69	72	74
<b>DIATOMEAS</b>											
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	X										
<i>Chaetoceros constrictus</i>								X	X		X
<i>Chaetoceros debilis</i>										X	X
<i>Chaetoceros decipiens</i>									X		
<i>Chaetoceros didymus</i>										X	
<i>Coscinodiscus janischi</i>					X			X			
<i>Cylindrotheca closterium</i>								X		X	
<i>Ditylum brightwellii</i>		X			X	X	X	X	X	X	X
<i>Odontella aurita</i>						X					
<i>Paralia sulcata</i>							X				
<i>Pleurosigma intermedium</i>		X			X	X	X	X	X		
<i>Pleurosigma normanii</i>						X	X	X			
<i>Ps. pseudodelicatissima</i>		X					X	X	X		
<i>Pseudo-nitzschia australis</i>	X	X		X	X	X		X	X	X	X
<i>Rhizosolenia pungens</i>		X		X	X		X	X			
<i>Rhizosolenia setigera</i>	X			X	X	X	X	X			X
<i>Rizosolenia striata</i>		X		X		X	X		X		
<i>Skeletonema costatum</i>		X		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Stephanopyxis turris</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		X						X	X		X
<i>Thalassiosira cf gerloffii</i>	X	X			X			X		X	X
<i>Thalassiosira sp. A</i>	X	X									
<b>DINOFLAGELADOS</b>											
<i>Ceratium furca</i>	X	X		X	X		X	X			X
<i>Ceratium fusus</i>	X	X		X	X	X	X	X			
<i>Ceratium lineatum</i>				X		X	X				X
<i>Ceratium pentagonum</i>					X			X			
<i>Ceratium petersi</i>	X			X			X				
<i>Ceratium tripos</i>	X			X		X	X				
<i>Diplopsalis sp.</i>	X			X							
<i>Protoperidinium cf. elegans</i>				X							
<i>Protoperidinium conicoides</i>							X				
<i>Protoperidinium conicum</i>	X			X							
<i>Protoperidinium excentricum</i>				X			X				
<i>Protoperidinium oceanicum</i>						X	X				
<i>protoperidinium pallidum</i>						X					
<i>Zygabikodinium lenticulatum</i>				X			X				
<b>SILICOFLAGELADOS</b>											
<i>Distephanus speculum</i>					X				X	X	X
<b>Riqueza específica</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>SM</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>12</b>

Tabla III. Resultados de mediciones durante crucero CIMAR 8 Fiordos en Aysén durante noviembre de 2002. Se indican valores de absorbancia in vivo ( $\lambda$ )

CIMAR 8			Parámetros		
Estación	Fecha	Lugar	PBmax	Alpha	IK
0	16-11-2002	Boca Guafo			
45	24-11-2002	Tuamapu			
46	24-11-2002	Tuamapu			
8	17-11-2002	Moraleda	2.030	0.018	113
			1.068	0.017	63
9	17-11-2002	Moraleda	3.870	0.026	149
			5.282	0.034	155
53	23-11-2002	Canal King	0.453	0.002	227
			3.100	0.016	194
52	23-11-2002	Canal King	1.982	0.019	104
			0.100	0.004	25
69	19-11-2002	Canal Darwin	3.309	0.014	236
			0.063	0.001	63
65	20-11-2002	Canal Darwin	7.850	0.029	271
			3.009	0.029	104
74	21-11-2002	Pulluche	3.140	0.024	131
			5.215	0.064	81
72	21-11-2002	Pulluche	6.121	0.079	77
			*	*	

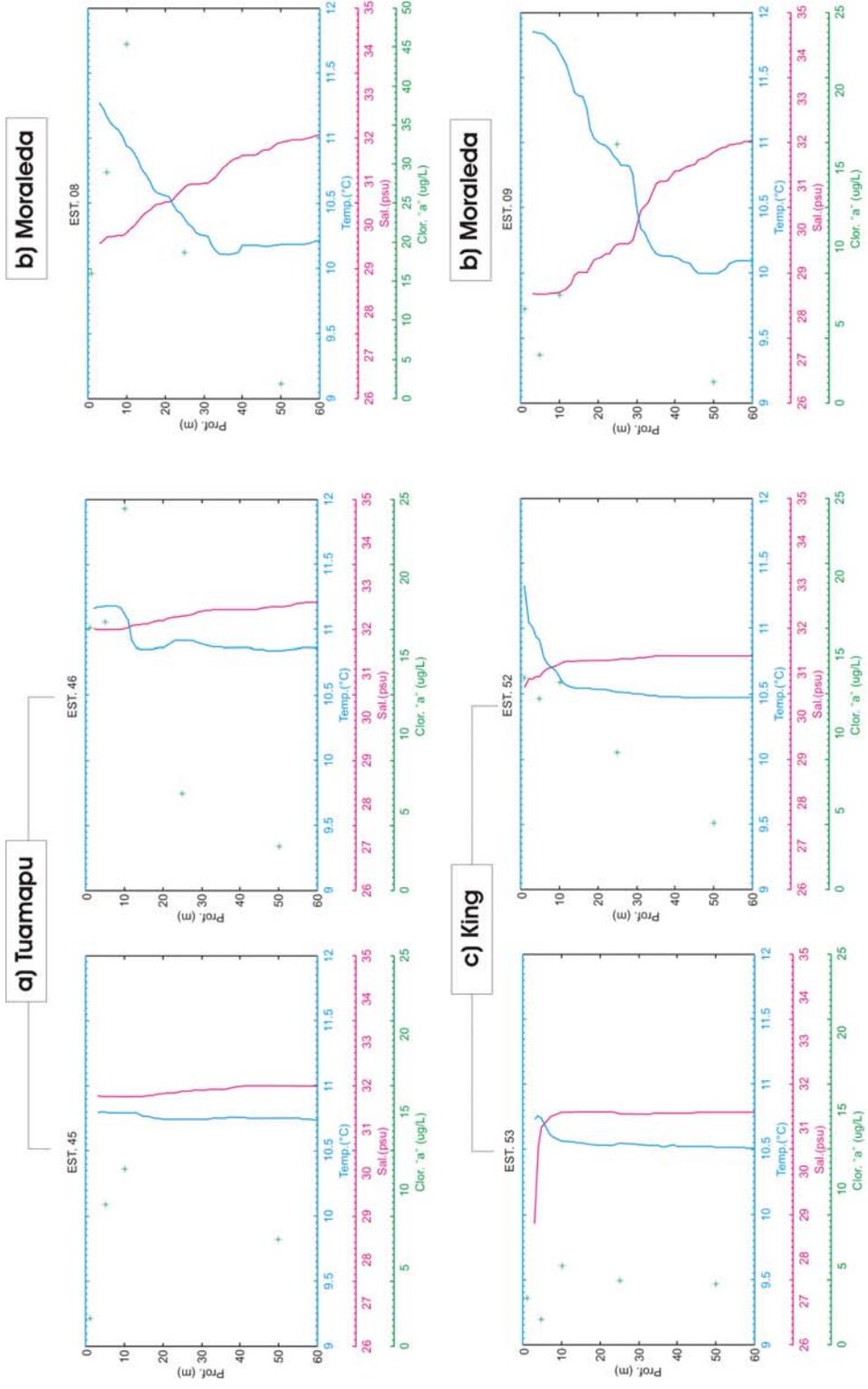


Figura 1. Distribución continua de temperatura y salinidad y a profundidades discretas se muestran los valores de clorofila-a (símbolos verdes) en estaciones seleccionadas. Las estaciones han sido ordenadas de este a oeste para los diferentes canales ordenados de norte a sur a) Tuamapu, b) Moraleda, c) King, d) Darwin, e) Errázuriz y f) Pulluche.

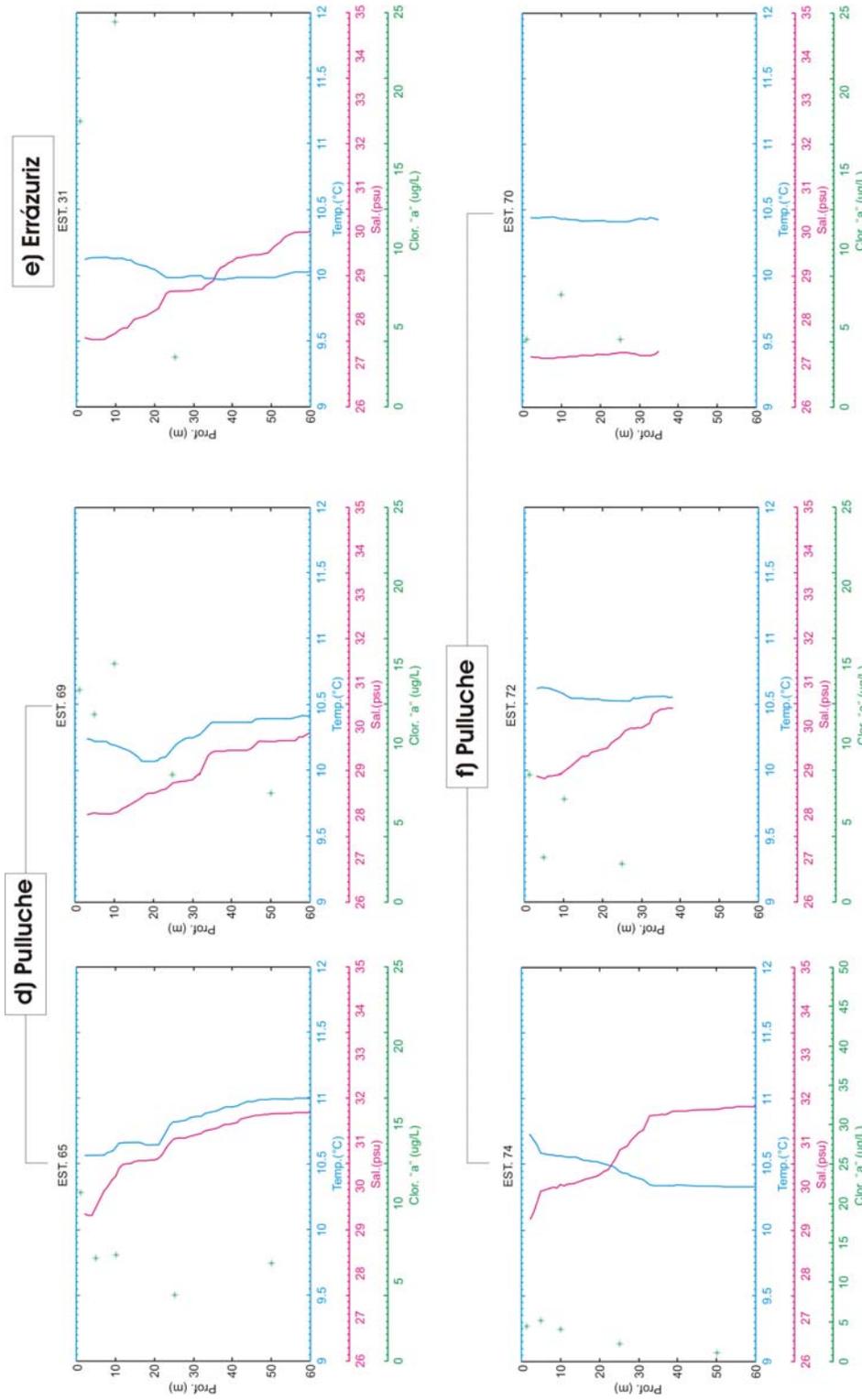


Figura 1. Distribución continua de temperatura y salinidad y a profundidades discretas se muestran los valores de clorofila-a (símbolos verdes) en estaciones seleccionadas. Las estaciones han sido ordenadas de este a oeste para los diferentes canales ordenados de norte a sur a) Tuamapu, b) Moraleda, c) King, d) Darwin, e) Errázuriz y f) Pulluche.

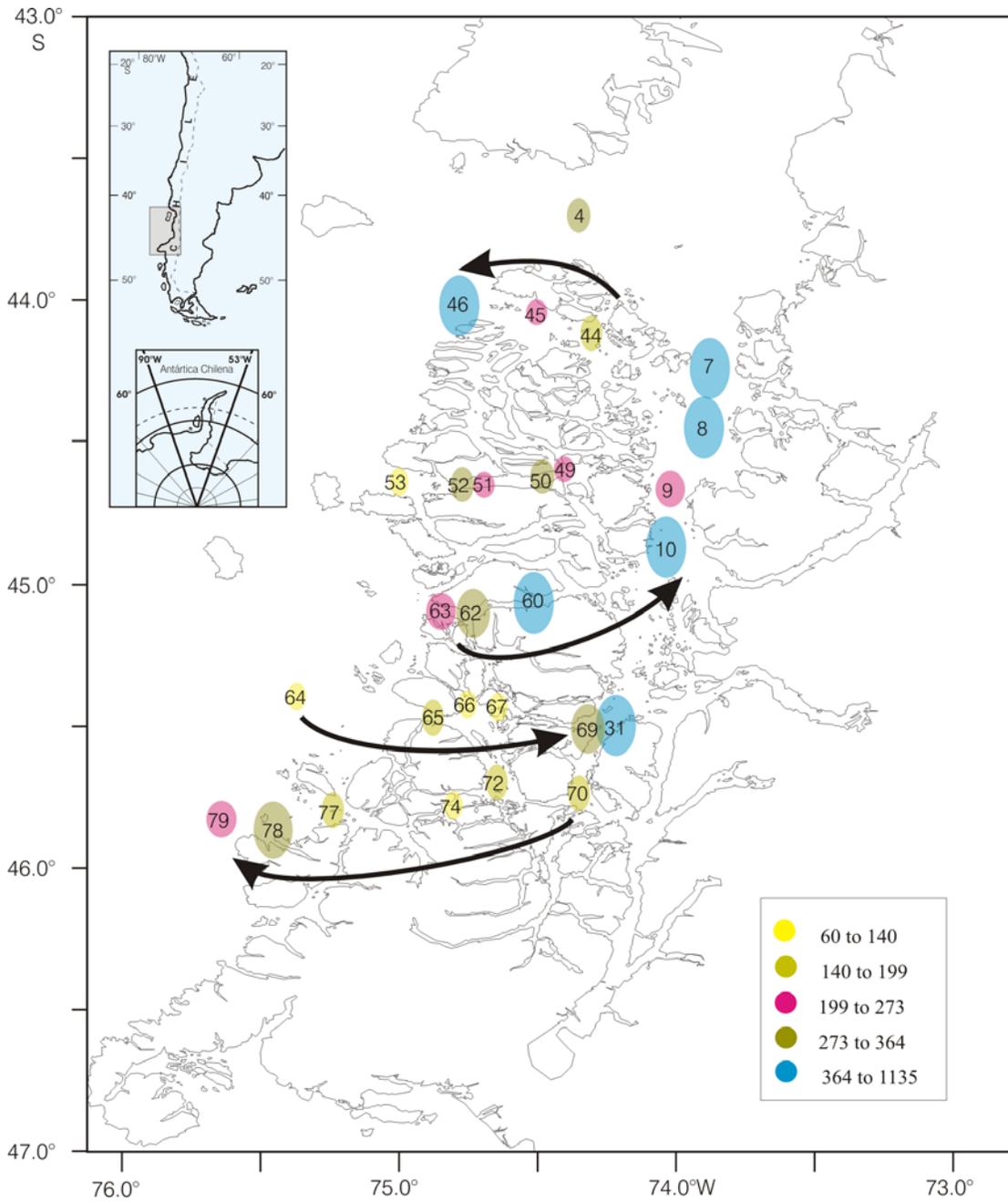


Figura 2. Distribución a mesoescala de la clorofila-a integrada en diferentes estaciones (N°) hasta 25 m. Valores de CL-a más bajos/altos en colores más claros/oscuros indicados en la leyenda y en diferentes tamaños.

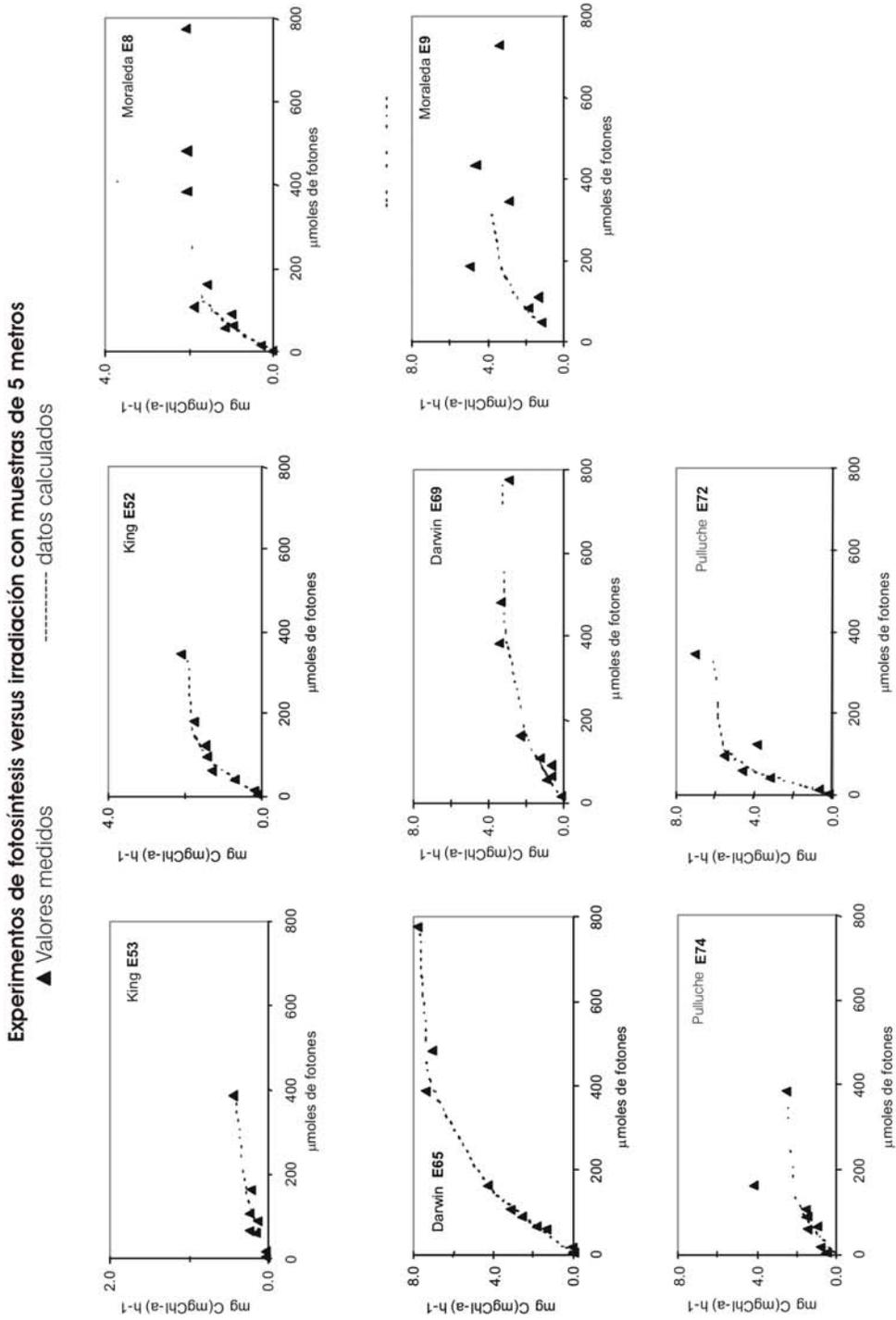


Figura 3. Gráficos de curvas P-I (fotosíntesis versus irradiancia) en estaciones que se ordenaron de este a oeste para los diferentes canales de norte a sur. Triángulos corresponden a la fijación de carbono específica por mg de clorofila-a por hora a cada irradiancia. La línea punteada corresponde a los valores calculados de acuerdo con los resultados

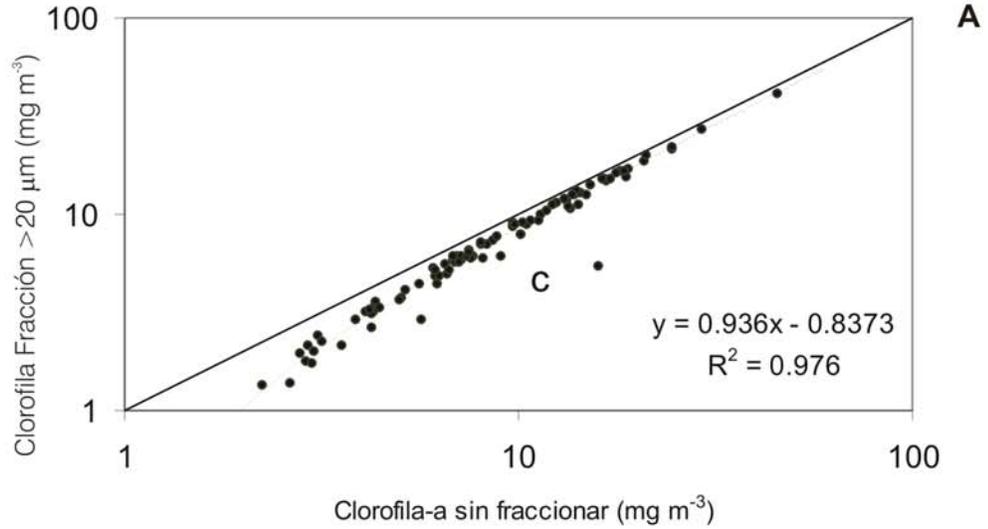


Figura 4A. Relación entre la biomasa total de fitoplancton (clorofila-a sin fraccionar) con la biomasa del microfitoplancton (Clorofila-a de la fracción >20 mm) en mg CL-a m<sup>-3</sup> obtenida en diferentes muestras de toda la columna de agua. El ajuste es altamente significativo desviándose de la proporción

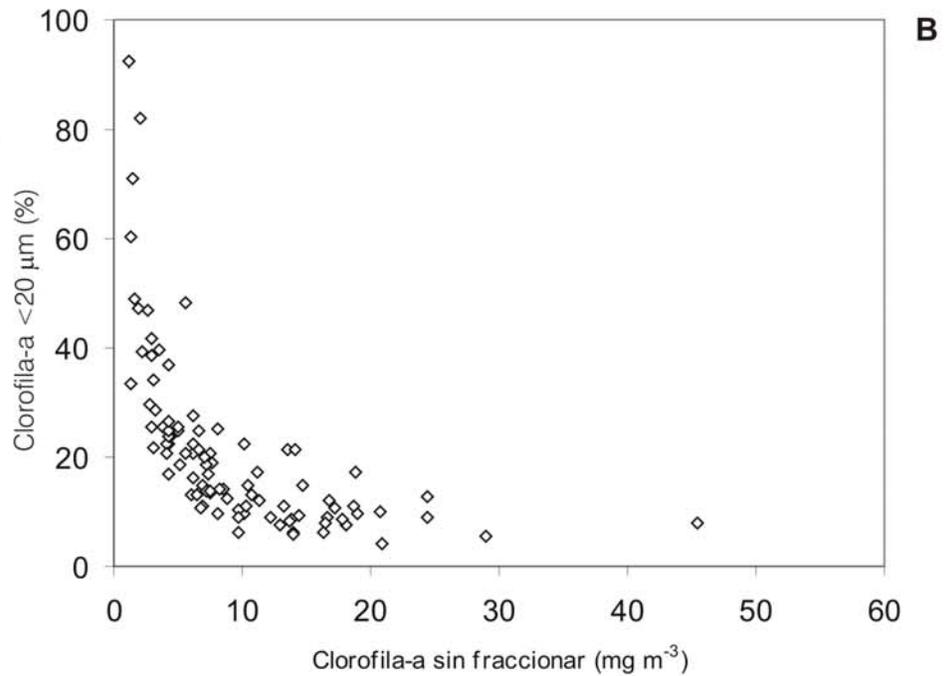


Figura 4B. Relación entre la biomasa total de fitoplancton (clorofila-a sin fraccionar) con el porcentaje de la CL-a contenida en la fracción <20 mm en diferentes muestras de toda la columna de agua. Valores de esta fracción mayores al 30% se observa sólo a concentraciones de Cl-a <5 mg m<sup>-3</sup>.