Biblioteca Digital
FCEN-UBA

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis de Licenciatura

Estructura y dinámica del fitoplancton estival de la Laguna Otero (Punta Cierva, Península Antártica)

Saccullo, Fernando Hugo

Tesis presentada para obtener el grado de Licenciado en Ciencias Biológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis de licenciatura de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the Six-Year Bachelor's Theses Collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:
Saccullo, Fernando Hugo. (). Estructura y dinámica del fitoplancton estival de la Laguna Otero (Punta Cierva, Península Antártica). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://hdl.handle.net/20.500.12110/seminario_nBIO000690_Saccullo

Cita tipo Chicago:
Saccullo, Fernando Hugo. "Estructura y dinámica del fitoplancton estival de la Laguna Otero (Punta Cierva, Península Antártica)". Tesis de Licenciado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. .
http://hdl.handle.net/20.500.12110/seminario_nBIO000690_Saccullo

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

Estructura y Dinámica del Fitoplancton Estival de la Laguna Otero (Punta Cierva, Península Antártica)

FCE y N BIBLIOTECA

Autor: Fernando Hugo Saccullo

Director: Dr. Guillermo Tell

Co-director: Dra. Gabriela Mataloni

Seminario de Licenciatura en Ciencias Biológicas

Laboratorio de Limnología

Departamento de Ciencias Biológicas

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Buenos Aires

Nº 06904

Diciembre 1998

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo describir la estructura y dinámica de la comunidad fitoplanctónica de la laguna Otero en relación a los factores abióticos y dar los primeros datos cuantitativos sobre el zooplancton acompañante.

La laguna Otero es el principal cuerpo de agua léntico de Punta Cierva, en el norte de la Península Antártica (Costa de Danco, 64° 09' S, 60° 57' W). Durante el verano, su superficie varía entre 120 y 370 m^2, debido al el derretimiento de un extenso campo de nieve rodeado de colonias de *Pygoscelis papua,* y posee un único efluente hacia el mar.

Durante la Campaña Antártica de Verano 95/96, este cuerpo de agua se muestreó semanalmente a tres profundidades en un punto fijo de la zona limnética. Se midieron a campo la temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto y se tomaron muestras para análisis de nutrientes (NO_3-N, NH_4-N y PO_4-P) y clorofila *a*. Asimismo, se tomaron muestras para estudiar la variación cuali y cuantitativa de las algas y efectuar el recuento de zooplancton.

Se observaron tres etapas en la distribución vertical de valores de los parámetros abióticos, determinadas por el derretimiento de la capa de hielo y la variación de la temperatura del agua, que produjeron dos fenómenos de estratificación térmica inversa. Uno de ellos fue a comienzos de enero y otro a principios de febrero. Durante la estratificación térmica se observó un aumento de la transparencia y una distribución heterogénea de los distintos parámetros. Entre ellos, la clorofila *a* presentó las diferencias verticales más marcadas, aunque durante la segunda estratificación aumentaron las diferencias entre niveles en las concentraciones de amonio y nitratos, y en las densidades algales. En los períodos de mezcla se redujeron dichas diferencias reflejando la homogeneización del sistema.

Las concentraciones de nutrientes variaron a lo largo de la estación, pero sus altos valores (3.500 a 12.000 µg/l de NO_3-N+NH_4-N y 806 a 1.250 µg/l de PO_4-P) no serían limitantes para el desarrollo algal. Los factores que parecen haber tenido mayor influencia en el crecimiento del fitoplancton son el aumento de la temperatura y la intensidad de luz, la ausencia de la capa de hielo y el flujo del afluente proveniente del campo de nieve.

CONTENIDO

1- INTRODUCCION	2
2- OBJETIVOS E HIPOTESIS	3
3- AREA DE ESTUDIO	4
4- MATERIALES Y METODOS	5
5- RESULTADOS	6
6- DISCUSION	8
7- CONCLUSIONES	12
8- AGRADECIMIENTOS	13
9- BIBLIOGRAFIA	14
10- FIGURAS	17

INTRODUCCION

Antecedentes

Los cuerpos de agua cercanos a las costas de la Península Antártica e islas asociadas se caracterizan por ser altamente productivos y poco profundos, alimentados por aguas provenientes del derretimiento de glaciares adyacentes y nieve (Hawes, 1983, 1985; Heywood, 1967, 1978). La geografía física es variada, desde llanuras de hielo entre montañas a tierras bajas libres de hielo con cubetas de agua dulce. La mayoría de éstas son de origen glacial y se hallan libres de hielo y nieve durante la estación estival.

Para la Antártida en general, los primeros trabajos sobre cuerpos de agua dulce se limitaron a observaciones y colecciones hechas durante expediciones pioneras dirigidas por investigadores europeos (Goldman, 1970).

Durante las décadas del '60 y '70 y con la ayuda de los avances tecnológicos se dio una importancia especial al estudio de los factores físico-químicos. Se enfocó la atención en la cobertura de hielo, su formación y consecuencias sobre la salinidad y temperatura del sistema, como se ha estudiado en los lagos de la región de Mc Murdo y de los cabos Royds y Evans (Goldman, 1970) y en lagos de la isla Signy (Heywood, 1967, 1978), entre otros lagos antárticos.

La influencia de los nutrientes sobre las comunidades como el fitoplancton es un carácter de peso de la ecología de estos sistemas, cuyos estudios comenzaron a partir de 1970 (Samsel y Parker, 1972; Hawes, 1983, 1985). Según Kirst y Wienke (1995), el rigor de las condiciones ambientales determina que los organismos desarrollen estrategias adaptativas en respuesta a las bajas concentraciones de nutrientes, las drásticas variaciones de radiación, las bajas temperaturas, la marcada estacionalidad y la mezcla vertical.

El desarrollo de la limnología en Bases Antárticas Argentinas es relativamente reciente. Drago y Paira (1987) estudiaron varios parámetros morfométricos y físicos en lagos de las áreas de Bahía Esperanza y Bahía Margarita. Asimismo, son particularmente relevantes los estudios de los ambientes lénticos de Bahía Esperanza y en especial del lago Boeckella: Corte (1962) estudió sus comunidades algales; Izaguirre *et al.*, (1993), describieron la variación espacial y temporal del fitoplancton durante la estación estival, y la relación entre dicha comunidad y el estado trófico de los lagos (1998); Pizarro *et al.*, (1996) estudiaron la flora epilítica de un arroyo en el área citada; Vinocur e Izaguirre (1994), Vinocur y Pizarro (1995) y

Tell *et al.*, (1995) estudiaron las floras fitoplanctónica y epilítica de ambientes lénticos, donde muchas entidades taxonómicas resultaron nuevas para la Antártida; Pose (1995) analizó la distribución vertical del fitoplancton en el lago Boeckella y las variaciones estivales de la comunidad bajo la influencia de los factores ambientales.

Objetivos de este seminario.

El presente trabajo se enmarca dentro de un extenso proyecto de investigación en Punta Cierva, Península Antártica. En un primer estudio del principal cuerpo léntico, la laguna Otero (Mataloni *et al.*, 1998), se estudiaron los parámetros abióticos junto con la composición de tres comunidades algales (fitoplancton, fitobentos y las algas encerradas en burbujas dentro de la capa de hielo). De éste surge claramente que el sistema es altamente eutrófico.

Aquí se describe la dinámica espacial del fitoplancton de dicha laguna durante el verano, abarcando toda la columna de agua; además se efectúa un análisis cuantitativo de la composición en clases algales y se analiza la relación de esta comunidad con factores abióticos tales como la temperatura, transparencia, iones en solución (conductividad), oxígeno disuelto y contenido de nutrientes. Se discuten cuáles son las principales causas de variación en las densidades algales y los factores de peso que determinarían los patrones de distribución vertical de los demás parámetros. Esto contribuiría a dar una idea más acabada de la dinámica del fitoplancton de la laguna Otero y del funcionamiento de este sistema eutrófico.

Una particularidad de este cuerpo de agua es la presencia de una gran cantidad de microzooplancteres y la ausencia de zooplancton de mayor porte. Debido a esto, en este trabajo se realiza también un primer estudio de la densidad de esta comunidad.

Hipótesis planteadas:

1) Los períodos de estratificación térmica se verán reflejados en la heterogeneidad vertical de los distintos parámetros bióticos y abióticos en la columna de agua.

2) Tanto las condiciones ambientales favorables del verano como el incremento estival del aporte de nutrientes determinarán un aumento en la densidad del fitoplancton y en su biomasa, estimada a través de la concentración de clorofila *a*.

3) El aumento de densidad del fitoplancton conducirá al incremento de la fracción predadora del microzooplancton.

AREA DE ESTUDIO

Punta Cierva se ubica sobre la costa oeste de la Península Antártica en dirección hacia el Norte (costa de Danco, 64° 9' S, 60° 57' W) y la Laguna Otero es su principal sistema léntico **(Fig. 1, a y b)**.

Según Agraz *et al.*,(1994), la posición de Punta Cierva, protegida de los vientos del Mar de Weddell, y su exposición de cara al Norte determinan condiciones climáticas localmente favorables para la existencia de una biota inusualmente rica y de alta diversidad. La velocidad media del viento es de 7,90 km/h, la temperatura media mensual durante el verano varía entre 1,80 y 2,20 °C y la humedad media relativa es del 79 % (Agraz *et al.*, *op. cit.*). Estas características condujeron a la denominación de este lugar como Sitio de Especial Interés Científico (SEIC) N° 15 del SCAR (Scientific Commitee on Antartic Research).

La laguna Otero se encuentra a una distancia de alrededor de 500 m de la Base Antártica Primavera, a una altura de 50 m s.n.m.; ocupa un área deprimida de suelo pedregoso poco firme y se alimenta principalmente a través de un chorrillo subsuperficial proveniente del deshielo de un campo de neviza que alberga a una colonia de pingüinos papúa (*Pygoscelis papua)*. Esto determinaría parte de la cantidad de materia orgánica en la laguna; el resto es aportado por un gran grupo de skuas (*Catharacta macormickii y Catharacta lombergi*) que habitan las áreas adyacentes. Hay un único efluente hacia el mar. La orilla presenta una capa de hielo cubierta de nieve que se retrae en el verano, por lo que el área de la laguna varía entre 120 m^2 al comienzo del verano y 370 m^2 luego del principal período de deshielo. La profundidad máxima bajo estas condiciones es de 3,20 m, y la profundidad media oscila entre 1 y 1,20 m.

MATERIALES Y METODOS

Durante el verano 95/96 la laguna se muestreó semanalmente en un punto fijo en la zona limnética (**Fig. 1, b)** desde el 8/01/96 al 12/02/96 inclusive, a tres niveles de profundidad: superficie, profundidad del disco de Secchi (**Fig. 3**) y fondo.

Se midieron *in situ* la temperatura y el pH (con un sensor electrónico combinado Luftman P-400), la conductividad (con conductímetro Altronix) y el oxígeno disuelto (según el método de Winkler; APHA-AWWA-WPCF, 1975). La transparencia se midió con disco de Secchi.

De cada nivel de profundidad se tomaron muestras de agua para análisis de nutrientes (NO_3-N, NH_4-N y PO_4-P), determinación de clorofila *a* y análisis cuantitativo del fitoplancton, con botellas de Niskin de 2 l, fraccionándose posteriormente en frascos de PVC de 300 o 500 ml.

En el laboratorio de la base, las muestras para análisis químicos se filtraron a través de filtros Whatman GF/C; el material retenido en el filtro se procesó para evaluar la clorofila *a* (según Izaguirre *et al.*, 1996); el agua filtrada fue preservada a -20 °C para análisis de nutrientes.

De regreso en la Universidad de Buenos Aires se llevaron a cabo los análisis de fósforo reactivo soluble (PRS) siguiendo el método de Mackereth *et al.*, (1978); se estimaron las concentraciones de nitratos usando el método de reducción del cadmio mientras que se usó el método del fenato para el amonio (APHA-AWWA-WPCF, 1975).

En cada fecha se tomó una muestra para el análisis cualitativo del fitoplancton haciendo un arrastre vertical con red de 15 µm de poro. Las muestras así obtenidas se observaron *in situ* con microscopio óptico, con el objeto de determinar taxonómicamente los distintos ejemplares. Los resultados de esta parte del estudio no se incluyen en este trabajo.

Para el estudio cuantitativo del fitoplancton, las muestras de 300 ml se preservaron con lugol al 1 % en frascos de PVC. El recuento de algas para la estimación de la densidad se llevó a cabo usando un microscopio invertido (Utermöhl, 1958). Se dejaron sedimentar dos submuestras de cada muestra en cámaras de 10 ml durante por lo menos 24 hs, y luego se contó un cierto número de campos al azar en cada una de ellas hasta que el error de recuento, para las entidades más frecuentes, fuese menor o igual al 20 % (Venrick, 1978). En las mismas muestras y con idéntica metodología se efectuaron los recuentos de microheterótrofos (nanoflagelados y ciliados).

RESULTADOS

Factores abióticos.

La temperatura del agua mostró un patrón de estratificación térmica inversa en dos de las fechas de muestreo, una al principio del verano y otra en la primer semana de febrero (**Fig. 2**). Esto determinó dos etapas de heterogeneidad vertical del sistema seguidas de otras dos de mezcla y homogeneización reflejadas en mayor medida en la distribución vertical de los valores de los factores bióticos.

La presencia de una capa de hielo en la superficie de la laguna al comienzo de la temporada estival coincidió con la mayor diferencia térmica entre la superficie (1,90 °C) y los estratos inferiores (4,50 °C, **Fig. 2**). La dilución debido al descongelamiento de principios del verano, provocó el máximo de transparencia (2,23 m, **Fig. 3**), el mínimo en la conductividad (84,70 µS/cm, **Fig. 4**) y una marcada disminución en el amonio y en el fósforo reactivo soluble (PRS) para todas las profundidades (**Fig. 5a y 6**).

El aumento de la temperatura y el avance del proceso de mezcla se reflejó en la disminución de la transparencia (1,30 m), el aumento de la conductividad (hasta 136 µS/cm) y del nitrógeno disuelto (máximos de 12.393 µg/l en superficie a 11.058 µg/l en el fondo).

A partir de la primera mezcla, el PRS tuvo una distribución homogénea más estable en toda la columna de agua, con valores entre 1.102 y 1.250 µg/l, y no fue afectado por los cambios en la temperatura del sistema.

El amonio (NH_4-N) y los nitratos (NO_3-N) mostraron mayores concentraciones en el fondo durante la primera mitad del período de muestreo. Esta situación se invirtió más tarde (**Figs. 5 a y b**).

El O_2 disuelto osciló en todas las profundidades en valores cercanos a la sobresaturación (**Fig. 7**). El mínimo fue de 14,50 µg/l en superficie y el resto de sus concentraciones variaron entre 14,90 y 16,80 µg/l.

Factores bióticos.

Durante la estratificación térmica inicial (8/01/96- 15/01/96) los valores de clorofila *a* fueron los más heterogéneos verticalmente, midiéndose 5,30 µg/l en superficie y 63,50 µg/l en el fondo (**Fig. 8**). Durante el segundo período de estratificación (5/02/96), se observaron diferencias notorias en las densidades algales, con un máximo de 159.685 algas/ml en fondo y 57.469 algas/ml en superficie (**Fig. 9**). Estos valores fueron

acompañados por las concentraciones de clorofila *a*, que presentó un segundo pico con 59,10 µg/l en el fondo, disminuyendo hasta la superficie donde alcanzó 20,50 µg/l. Durante los procesos de mezcla se homogeneizó el sistema, reflejándose en la disminución de las diferencias verticales de los valores de clorofila *a*.

La densidad total de algas en superficie mostró un crecimiento constante desde 15.121 algas/ml iniciales hasta un pico de 92.158 algas/ml al final (**Fig. 10**), acompañado por el aumento de la temperatura y de los nutrientes en dicho nivel. En el fondo, los valores de densidad fueron más variados que en los demás estratos, con dos picos importantes de 94.081 y 159.685 algas/ml; este último máximo coincidió con el segundo pico de clorofila *a*.

Las Chlorophyta fueron dominantes en todo momento y en todas las profundidades, constituyendo desde un 65% al 99% de la densidad total algal (**Fig. 9**). En las profundidades menores las Chrysophyceae mostraron sus densidades más bajas (2.000 a 2.071 algas/ml) al principio, cuando alcanzaron el 20 % del total de densidad algal, en coincidencia con la mayor estratificación térmica. Posteriormente alcanzaron las mayores densidades, entre 3.920 a 6.731 algas/ml (**Fig. 9**), durante el primer fenómeno de mezcla.

Las Cyanobacteria siempre fueron el grupo menos conspicuo. Su densidad mínima fue de 148 algas/ml en el fondo y su máxima de 4.216 algas/ml en superficie; en promedio alcanzaron 1.389 algas/ml. Estos organismos exhibieron un claro aumento hacia el último muestreo, más notable en superficie y en fondo (**Fig. 9**).

Entre los microheterótrofos, los ciliados oscilaron entre 148 y 1.775 células/ml, siendo más numerosos que los flagelados incoloros, cuya mayor densidad fue de 517 células/ml (**Fig. 10**). Los flagelados predominaron inicialmente en superficie, y al promediar el período de muestreo, en la profundidad de Secchi. A partir de este momento disminuyeron abruptamente. Los números totales de ciliados exhibieron el mismo patrón de variación que el fitoplancton. Este comportamiento fue más evidente en las capas superiores, donde alcanzaron valores máximos recién en el último muestreo (1.035 células/ml en superficie y 1.775 células/ml en profundidad de Secchi; **Fig. 10**). A nivel del fondo los valores resultaron más irregulares.

DISCUSION

Factores abióticos.

Las variaciones exhibidas en los perfiles de la transparencia, la conductividad y la concentración de nutrientes estarían en relación directa con la variación de la temperatura. El aumento de la temperatura a lo largo del verano condujo, por una parte, al derretimiento del campo de nieve que alimenta la laguna y, por otra, al calentamiento del cuerpo de agua y al derretimiento de la capa de hielo en su superficie. Este fenómeno provocó una ligera dilución en el sistema, hacia mediados de enero, observada a través de una disminución de los valores de conductividad y concentraciones de nutrientes. Esta merma fue más notable en superficie y coincidió con un aumento de la transparencia.

El posterior aumento de la temperatura produjo el primer fenómeno de mezcla y homogeneización concomitante con una abrupta disminución de la transparencia. El chorrillo subsuperficial proveniente del sitio de anidamiento de aves, aportó al incremento de nutrientes, registrándose mayores valores de conductividad, NH_4-N, NO_3-N y PRS.

La fuerte disminución de la temperatura del aire, en los primeros días de febrero, provocó una nueva estratificación térmica inversa en la laguna. La temperatura más favorable en el fondo, junto con los altos valores de nutrientes, pudo haber contribuido a desencadenar una floración de *Chlamydomonas subcaudata*, acompañada por una fuerte declinación del N disuelto en el fondo.

La nueva mezcla al final del período estudiado atenuó las diferencias verticales observadas en los distintos parámetros durante la semana anterior. La recuperación de los nutrientes en todos los estratos y, en mayor medida, la del nitrógeno disuelto en el fondo, se debería principalmente al aporte proveniente de la cuenca y a la mezcla de la columna de agua. La disminución de la densidad algal en el fondo y la intensa actividad de reciclado de las bacterias ayudarían a restablecer las concentraciones de NH_4-N y NO_3-N, como señalara Ellis-Evans (1982) para el lago Heywood.

Al igual que en numerosos sistemas enriquecidos con material ornitogénico, las altas y relativamente estables concentraciones de PRS son independientes de las fluctuaciones de las densidades algales (Izaguirre *et al.*, 1996); Esto podría deberse al continuo aporte de grandes cantidades de materia orgánica, fosfato de calcio y otros fosfatos contenidos en el guano de las pingüineras, que son liberados a partir de la rápida descomposición de la excreta de las aves, lo cual sucede usualmente en áreas marítimas antárticas (Tatur, 1989).

Las elevadas concentraciones de O_2 disuelto son típicas de sistemas antárticos de similar morfometría y estado trófico, como los lagos eutróficos de Bahía Esperanza (Izaguirre *et al.*, 1998). Sus fluctuaciones dependerían de las variaciones en la actividad fotosintética algal y en la respiración de la biota, relacionada a su vez con la cantidad de materia orgánica disuelta.

Fitoplancton.

Al comienzo del período de muestreo, la presencia de una cubierta de hielo en parte de la superficie junto con la estratificación térmica y gran transparencia, favorecieron las altas densidades algales y el pico de clorofila *a* en las capas inferiores. Estas características son similares a las registradas durante la primavera y comienzos de verano en lagos mesotróficos (Hawes, 1985; Ellis-Evans, 1991) y mesoeutróficos como el lago Boeckella (Pose, 1995; Izaguirre *et al.*, 1996). Este pico de clorofila *a* no se corresponde con una alta abundancia de nanoplancton, como sería de esperar a partir de los antecedentes mencionados, y podría deberse a una alta densidad de la fracción picoplanctónica, cuya abundancia no se evaluó en este trabajo.

Los bajos niveles de clorofila *a*, densidades algales y microheterótrofos observados en superficie durante este período se relacionarían con la dilución provocada por el derretimiento de los restos de la cubierta de hielo.

El incremento del fitoplancton observado durante el comienzo de la etapa de mezcla siguiente tendría dos causas: una es la incorporación de una gran cantidad de microalgas provenientes del fondo y de las burbujas encerradas en el hielo de la cubierta superficial (Mataloni *et al.*, 1998); la otra es el crecimiento activo de la comunidad favorecido por el aporte de nutrientes y materia orgánica provenientes de la cuenca y del fondo de la laguna, desde donde serían removidos por efecto de la mezcla.

Las abundantes lluvias y nevadas hacia fin de enero, originaron un aumento del caudal del efluente que habría contribuido a remover las algas y el microzooplancton del sistema. Según Hawes (1985), ésta sería la principal fuente de pérdida del fitoplancton en lagos poco profundos en los que, por la importancia de la mezcla, casi no hay sedimentación; y no hay predación por zooplancton de gran porte.

Mataloni *et al.* (1998), mostraron en este cuerpo de agua altos valores de clorofila *a* en correspondencia con un gran desarrollo de *Chlamydomonas subcaudata*. Esta especie se

caracteriza por estar bien adaptada a bajas intensidades lumínicas y desarrollar floraciones durante los períodos de aguas abiertas con estratificación térmica inversa (Happey-Wood, 1988; Hawes, 1990). En nuestro caso este fenómeno se observó claramente durante el segundo período de estratificación térmica.

La mezcla posterior contribuyó a remover las algas del fondo hacia capas superiores, homogeneizando las densidades algales y la concentración de clorofila *a* en la columna de agua.

Zooplancton microheterótrofo.

Los lagos antárticos en los que los nanoflagelados heterótrofos se alimentan de bacterias, muestran concentraciones típicas que abarcan desde 100 células/ml en el extremo oligotrófico a 90.000 células/ml en el extremo hipereutrófico, según Bennett *et al.*, (1990) y Laybourn-Parry *et al.*, (1996). De acuerdo a ésto, los números de flagelados incoloros (148 a 517 células/ml) de la alguna Otero la ubicarían en el extremo ultraoligotrófico.

Numerosos trabajos sobre lagos antárticos estudian la estrecha relación entre los picos de nanoflagelados heterótrofos y los de bacterias (Ellis-Evans, 1981; Hawthorn y Ellis-Evans, 1984; Laybourn-Parry *et al.*, 1996). En dichas investigaciones se citaron picos en la densidad de flagelados heterótrofos durante el período octubre-enero (mediados de primavera a principios de verano), coincidiendo con el incremento de la actividad y densidad bacteriana y también con las floraciones del fitoplancton (Razouls *et al.*, 1994). El estudio de las densidades de bacterias heterótrofas de la laguna Otero permitiría dilucidar si existe una relación similar en este cuerpo de agua.

La presencia de flagelados incoloros exclusivamente en superficie al comienzo del período de muestreo, indicaría su origen en las comunidades microbianas contenidas en las burbujas del hielo de la capa superficial (Mataloni *et al.*, 1998).

Un dato muy particular es que las densidades de ciliados (148 a 1.775 células/ml) exceden en varios órdenes de magnitud a las típicas de lagos antárticos mesotróficos (7.720 células/l), si bien estos organismos son generalmente poco numerosos al comienzo del verano (Laybourn-Parry *et al.*, 1996).

A su vez las densidades mayores de ciliados se registraron en las profundidades de Secchi y fondo, en relación a las temperaturas más altas y favorables de estas capas de agua (Cappellatti y Piccinni, 1994).

El incremento de los ciliados a mediados del verano contribuiría a la disminución de los flagelados en todo el sistema, por ser éstos parte de su dieta (Laybourn-Parry *et al.*, 1996), y mostró un cierto retraso con respecto al del fitoplancton.

El proceso de mezcla al final del período de muestreo favoreció su remoción desde el fondo hacia las capas superiores siguiendo el incremento del fitoplancton. Esto, junto con la observación directa al microscopio confirma que *Chlamydomonas subcaudata* es un componente importante en su dieta. La abundancia de ciliados sería, por lo tanto, un factor importante en la regulación de la densidad del fitoplancton y de los nanoflagelados.

CONCLUSIONES

1) Las variaciones de la temperatura, el deshielo y las precipitaciones, determinaron dos períodos de estratificación térmica seguidos de otros dos de mezcla que rigen los patrones de variación de los distintos parámetros abióticos medidos.

2) El aumento de la temperatura, y el aporte de materia orgánica y detritos desde las pingüineras a mediados del verano favorecieron el incremento de la conductividad y los nutrientes. Las mayores concentraciones de nitrógeno disuelto en superficie a partir de entonces, se deberían a la remoción del fondo provocada por la mezcla; sus valores mínimos en el fondo se relacionaron con el gran crecimiento algal.

3) Las elevadas concentraciones de PRS y su baja fluctuación independientemente de los cambios físicos y de la densidad del fitoplancton indica un continuo aporte de fosfatos probablemente desde los sitios de anidamiento y los sedimentos. Este nutriente no sería limitante para el crecimiento algal.

4) La concentración de clorofila *a* reflejó en general la abundancia del fitoplancton. El segundo pico en el fondo coincidió con una floración de *Chlamydomonas subcaudata*, mientras que otras especies pertenecientes al picoplancton probablemente habrían contribuido al primero.

5) El incremento del fitoplancton fue mediado por el aumento de la temperatura y de la intensidad y duración de la luz. Las pérdidas se deberían, primero, a la remoción mecánica hacia el efluente, y hacia el fin del verano a la predación por ciliados.

6) Los flagelados incoloros predominaron entre la superficie y la profundidad de Secchi durante la primera mitad del período estudiado, mientras que los ciliados predominaron en todo el sistema de allí en adelante, favorecidos por incremento de la temperatura y el fitoplancton.

7) El aporte de material ornitogénico, la elevada concentración de nutrientes y la floración estival de *Chlamydomonas subcaudata* determinan que la laguna Otero presente características más eutróficas que otros sistemas antárticos similares.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia estoy sinceramente agradecido al Dr. Guillermo Tell por haberme facilitado la entrada al laboratorio de Limnología y por haberme contagiado su entusiasmo para concretar este Seminario.

De la misma manera le agradezco a la Dra. Gabriela Mataloni su disposición y dedicación para ubicarme en la temática del trabajo con algas en los aspectos teórico-prácticos en el laboratorio y por el material bibliográfico que me proveyó para consultas.

También debo agradecer a todas las personas pertenecientes a este laboratorio con quienes compartí muchos momentos gratos durante los que llevé a cabo mi tarea, quienes me brindaron su compañerismo y amabilidad.

Así mismo debo agradecer al Instituto Antártico Argentino y al personal de la Base Antártica Primavera por su apoyo logístico, y a todos aquellos que ayudaron en la parte técnica de la investigación.

Les estaré eternamente agradecidos a todos los que me tuvieron fe para finalizar esta larga y trabajosa carrera, entre ellos Juan José Daise.

BIBLIOGRAFIA

Agraz, J.L.,Quintana, R.D. & Acero, J.M., 1994. Ecología de los ambientes terrestres en Punta Cierva (Costa de Danco, Península Antártica),*Contribución del Instituto Antártico Argentino,* **439**: 1-32.

APHA-AWWA-WPCF., 1975. *Standards Methods for the examination of water and waste-water.* Washington D.C., American Public Health Association, 1193 pp.

Bennett, S.J., Sanders, R.W. & Porter, K.G., 1990. Heterotrophic, autotrophic and mixotrophic nanoflagellates: seasonal abundances and bacterivory in an eutrophic lake. *Limnol. Oceanogr.*, **35**: 1821-1832.

Cappellatti, O. & Piccinni, E., 1994. Protozoa from Terra Nova Bay: description of some species and effects of heavy metals. SCAR Sixth Biology Symposium. Abstracts, 60.

Corte, A., 1962. Algas de agua dulce en lagos semicongelados de Bahía Esperanza, Península Antártica, *Contribución del Instituto Antártico Argentino,* **69**: 1-38.

Drago, E. & Paira, A., 1987. Informe de la Campaña Antártica de Verano de 1987 del Instituto Antártico Argentino.

Ellis-Evans, J.C., 1981. Freshwater microbiology in the Antarctic: II. Microbial numbers and activity in nutrient-enriched Heywood Lake, Signy Island. *Brit. Antarct. Surv. Bulletin*, **54**: 105-121.

Ellis-Evans, J.C., 1982. Seasonal microbial activity in Antarctic freshwater lake sediments. *Polar Biology,* **1**: 129-140.

Ellis-Evans, J.C., 1991. Numbers and activity of bacterio-and phytoplankton in contrasting maritime Antarctic lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **24**: 1149-1155.

Goldman, C.R., 1970. Antarctic freshwater ecosystems. In: Holdgate M.W. (ed). *Antarctic ecology.* **2.** *Part X. Freshwater ecosystems.*London: Academic Press, 609-627.

Happey-Wood, C.D., 1988. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: C.D. Sandgreen (ed). *Growth and Reproductive strategies of freshwater phytoplankton.* Cambridge Univ. Press, 175-226.

Hawes, I., 1983. Nutrients and their effects on phytoplankton populations in lakes on Signy Island, Antarctica. *Polar Biology,* **2**: 115-126.

Hawes, I., 1985. Factors controlling phytoplankton populations in maritime Antarctic lakes. In: Siegfried, P.R. et al. (eds). *Antarctic nutrient cycles and food webs.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 245-252.

Hawes, I., 1990. Eutrophication and vegetation development in maritime Antarctic lakes. In: Kerry, K.R. & G. Hempel (eds). *Antarctic ecosystems: Ecological Change and Conservation.* Springer, Berlin, 83-90.

Hawthorn, G.R. & Ellis-Evans, J.C., 1984. Benthic protozoa from maritime Antarctic freshwater lakes and pools. *Brit. Antarct. Surv. Bulletin*, **62**: 67-81.

Heywood, R.B., 1967. Antarctic ecosystems. The freshwater lakes of Signy Island and their fauna. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, B, vol.***261**: 347-362.

Heywood, R.B., 1978. Maritime Antarctic lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **20**: 1210-1215.

Izaguirre, I., Mataloni, G., Vinocur, A. & Tell, G., 1993. Temporal and spatial variations of phytoplankton from Boeckella Lake (Hope Bay, Antarctic Peninsula). *Antarctic Science,* **5**: 137-141.

Izaguirre, I., Mataloni, G. & Vinocur, A., 1996. Summer changes in the vertical distribution of Chlorophyll-*a* in Boeckella Lake (Hope Bay, Antarctic Peninsula). *Antarctic Record,* **40**: 43-52.

Izaguirre, I., Mataloni, G., Vinocur, A. &. Pose, M., 1998. Phytoplankton communities in relation to trophic status in lakes from hope bay (Antarctic Peninsula). *Hydrobiologia,* **369/370**: 73-87.

Kirst, G. & Wiencke, C., 1995. Ecophysiology of polar algae. *J. Phycol.*, **31**: 181-199.

Laybourn-Parry, J., James, R.M., McKnight, D.M., Priscu, J., Spaulding, S.A. & Shiel, R., 1996. The microbial plankton of Lake Fryxell, southern Victoria Land, Antarctica, during the summers of 1992 and 1994. *Polar Biology*, **17**: 52-61.

Mackereth, J.F.H., Hiron, J. & Talling, J.F., 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. *Freshwater Biology Association, Scientific Publication,* **36**: 1-117.

Mataloni, G., Tesolín, G. & Tell, G., 1998. Characterisation of a small eutrophic Antarctic lake (Otero Lake, Cierva Point) on the basis of algal assemblages and water chemistry. *Polar Biology,* **19**: 107-114.

Pizarro, H., Izaguirre, I. & Tell, G., 1996. Epilitic algae from a freshwater stream at Hope Bay, Antarctica. *Antarctic Science,* **8**: 161-167.

Pose, M., 1995. Análisis temporal y espacial del fitoplancton del lago Boeckella (Bahía Esperanza, Península Antártica). Seminario de Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 47 pp.

Razouls, S., F. de Bovée, Delille, D., Fiala, M. & Mayzaud, P., 1994. Temporal variability of subantarctic bacteria, phyto- and zoo-plankton assemblages. SCAR Sixth Biology Symposium. Abstracts, 229 pp.

Samsel, G.L. & Parker, B.C., 1972. Limnological investigations in the area of Anvers Island, Antarctica. *Hydrobiologia,* **40**: 505-511.

Tatur, A., 1989. Ornithogenic soils of the maritime Antarctic. *Pol. Polar Res.,* **10**: 481-532.

Tell, G., Vinocur, A. & Izaguirre, I., 1995. Cyanophyta of lakes and pools of Hope Bay, Antarctic Peninsula. *Polar Biology,* **15**: 503-509.

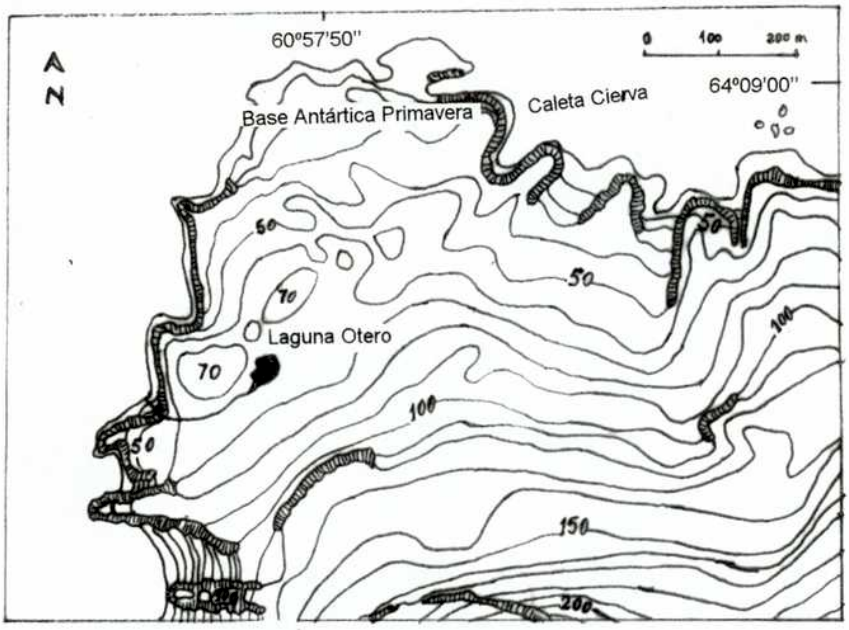
Utermöhl, H., 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt. Internationale Vereinigung Limnologie,* **9**: 1-38.

Venrick, E.L., 1978. How many cells to count? In: Sournia A.von (ed). *Phytoplankton Manual.* Unesco, Paris, 167-180.

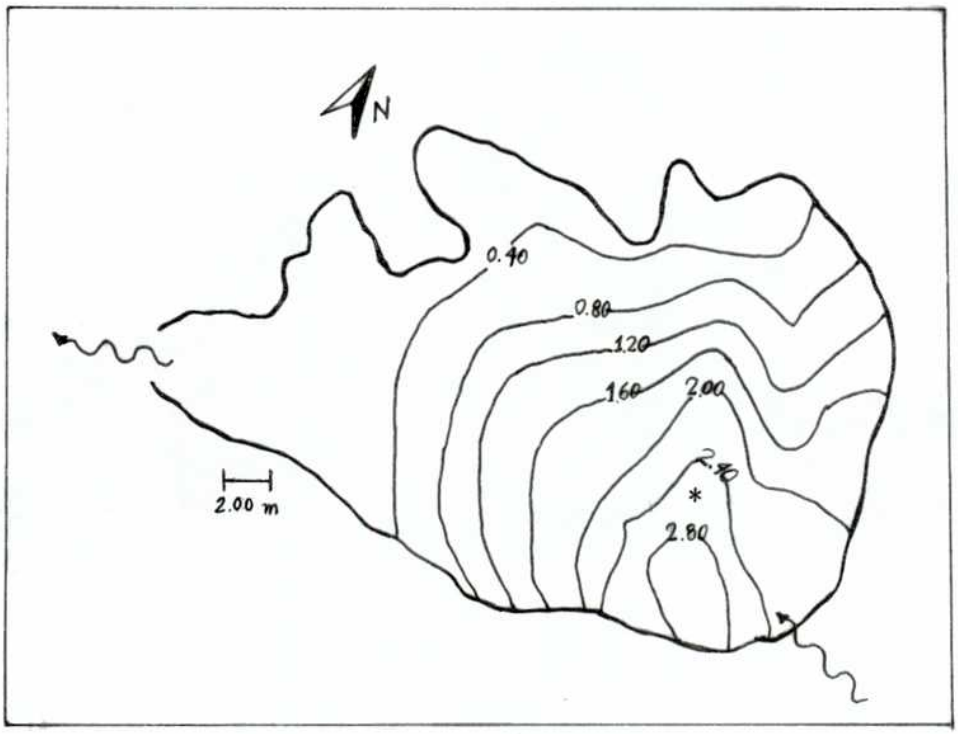
Vinocur, A. & Izaguirre, I., 1994. Freshwater algae (excluding Cyanobacteria) from nine lakes and pools of Hope Bay, Antarctic Peninsula. *Antarctic Science,* **6**: 483-489.

Vinocur, A. & Pizarro, H., 1995. Periphyton flora of some lotic and lentic environments of Hope Bay (Antarctic Peninsula). *Polar Biology,* **15**: 401-414.

FIGURAS



a)



b)

Figura 1: a) Mapa topográfico del área de captación de la laguna, en Punta Cierva. b) Mapa batimétrico de la laguna Otero, en el período de máximo desconge-lamiento, incluyendo el sitio de muestreo (*), con las profundidades dadas en metros. Las flechas onduladas representan el afluente y el efluente del sistema.

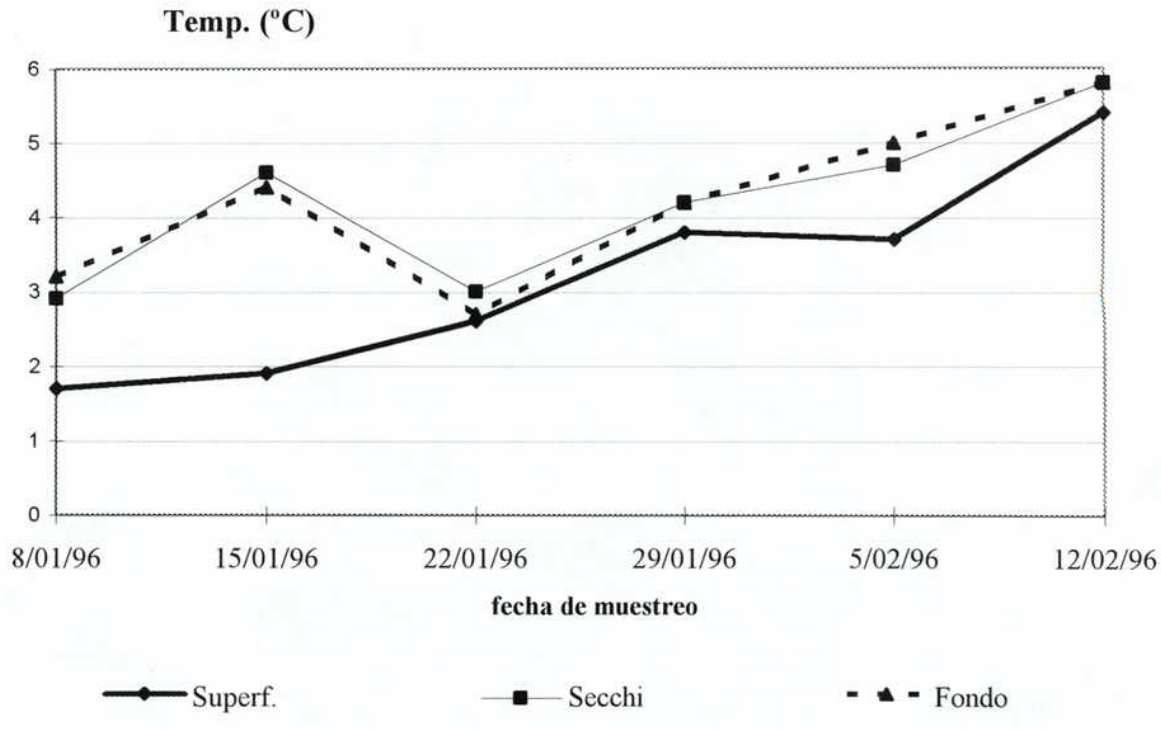


Figura 2: Temperatura de la Laguna Otero en los tres niveles de profundidad.

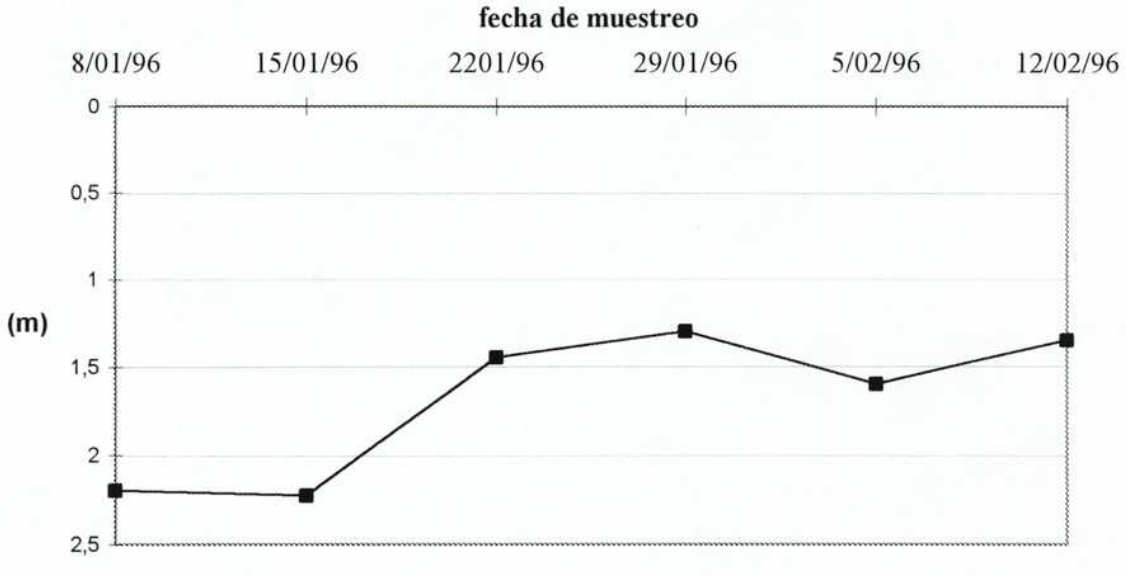


Figura 3: Transparencia medida a través de la profundidad del disco de Secchi.

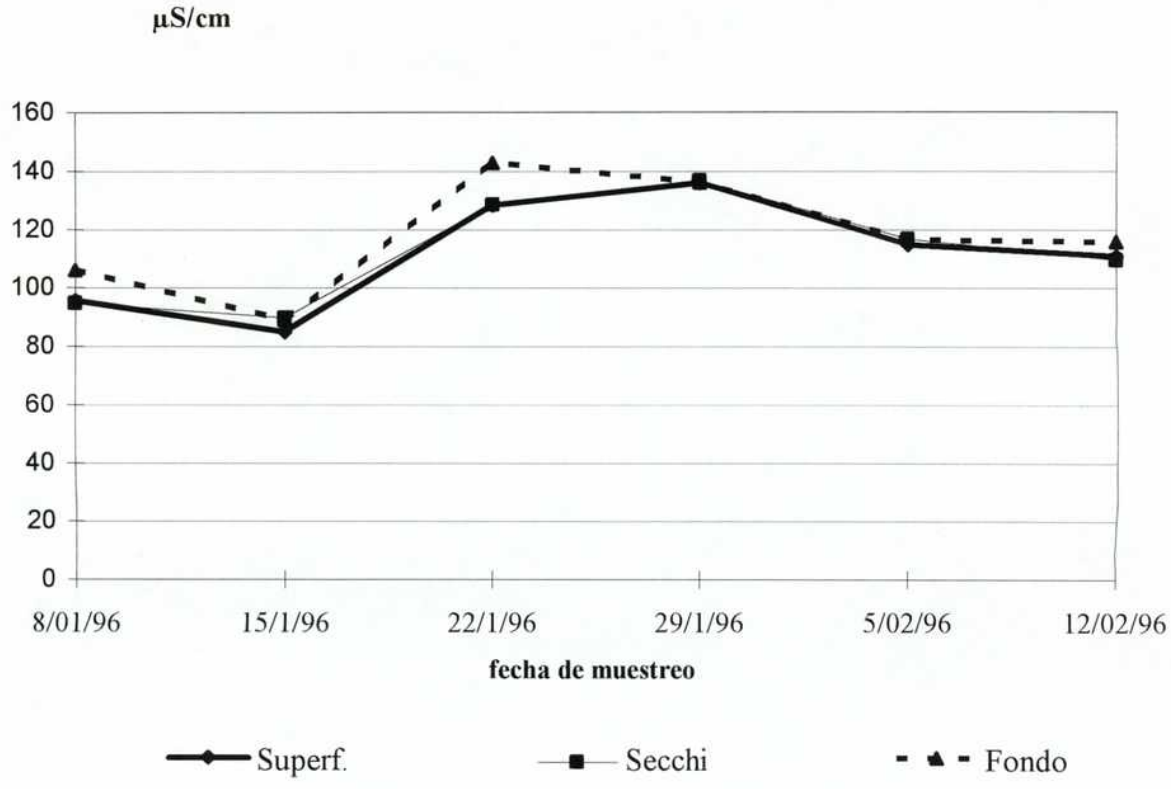


Figura 4: Variación de la conductividad en los tres niveles de profundidad.

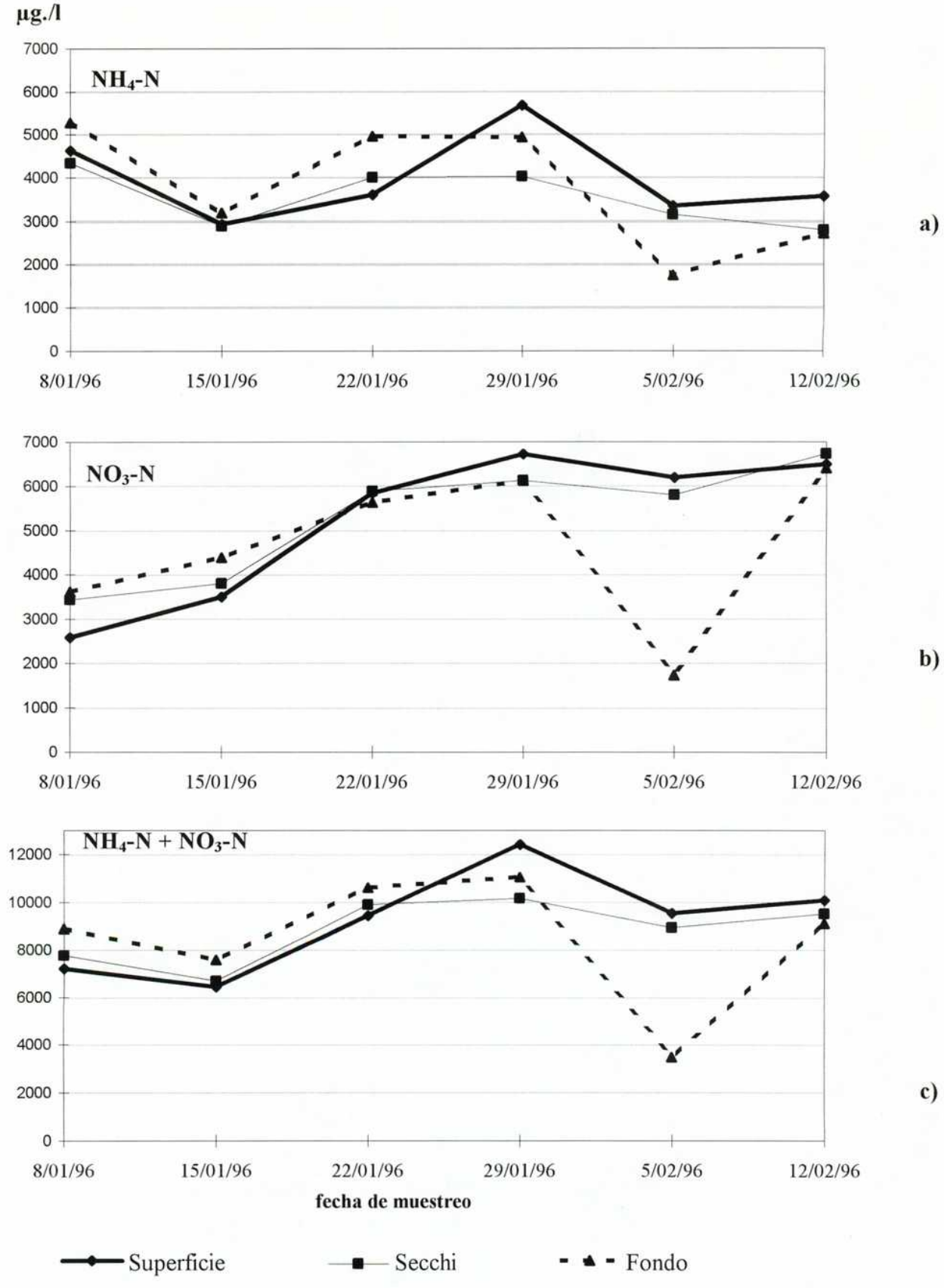


Figura 5: Concentraciones de amonio (NH_4-N), nitratos (NO_3-N), y nitrógeno disuelto (amonio + nitratos) para cada profundidad.

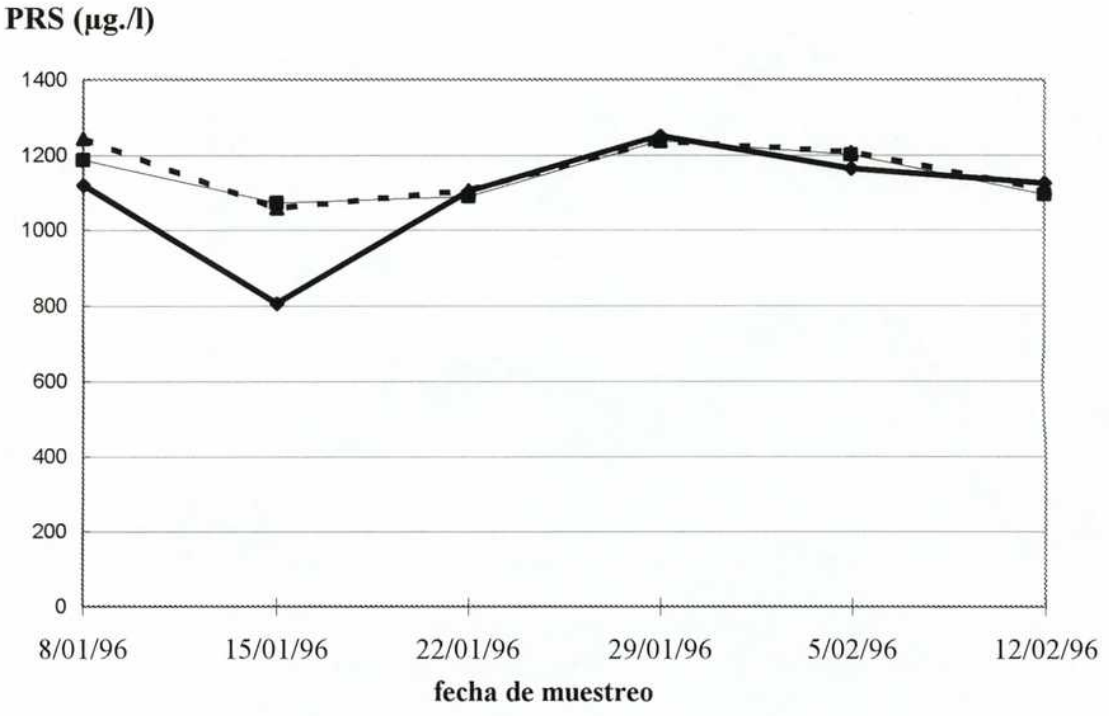


Figura 6: Variación del fósforo reactivo soluble en los tres niveles de profundidad.

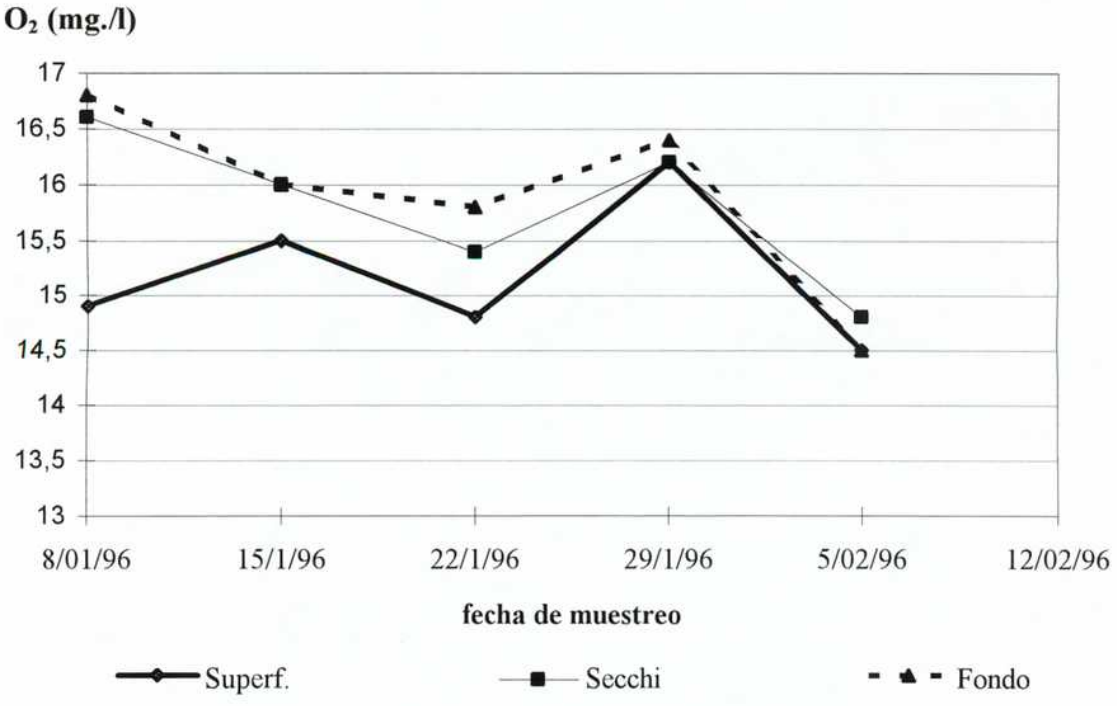


Figura 7: Variación de la concentración de oxígeno disuelto para los tres niveles de profundidad.

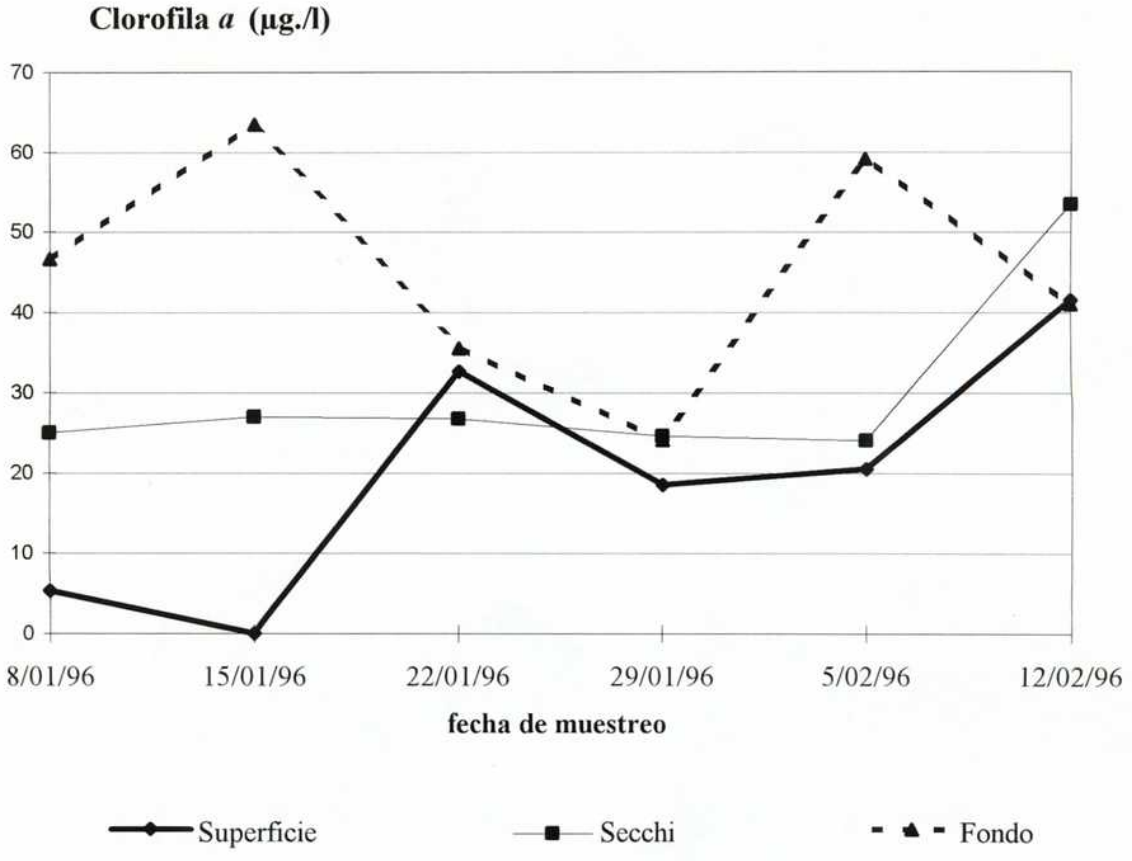


Figura 8: Variación de la concentración de clorofila *a* en las distintas profundidades.

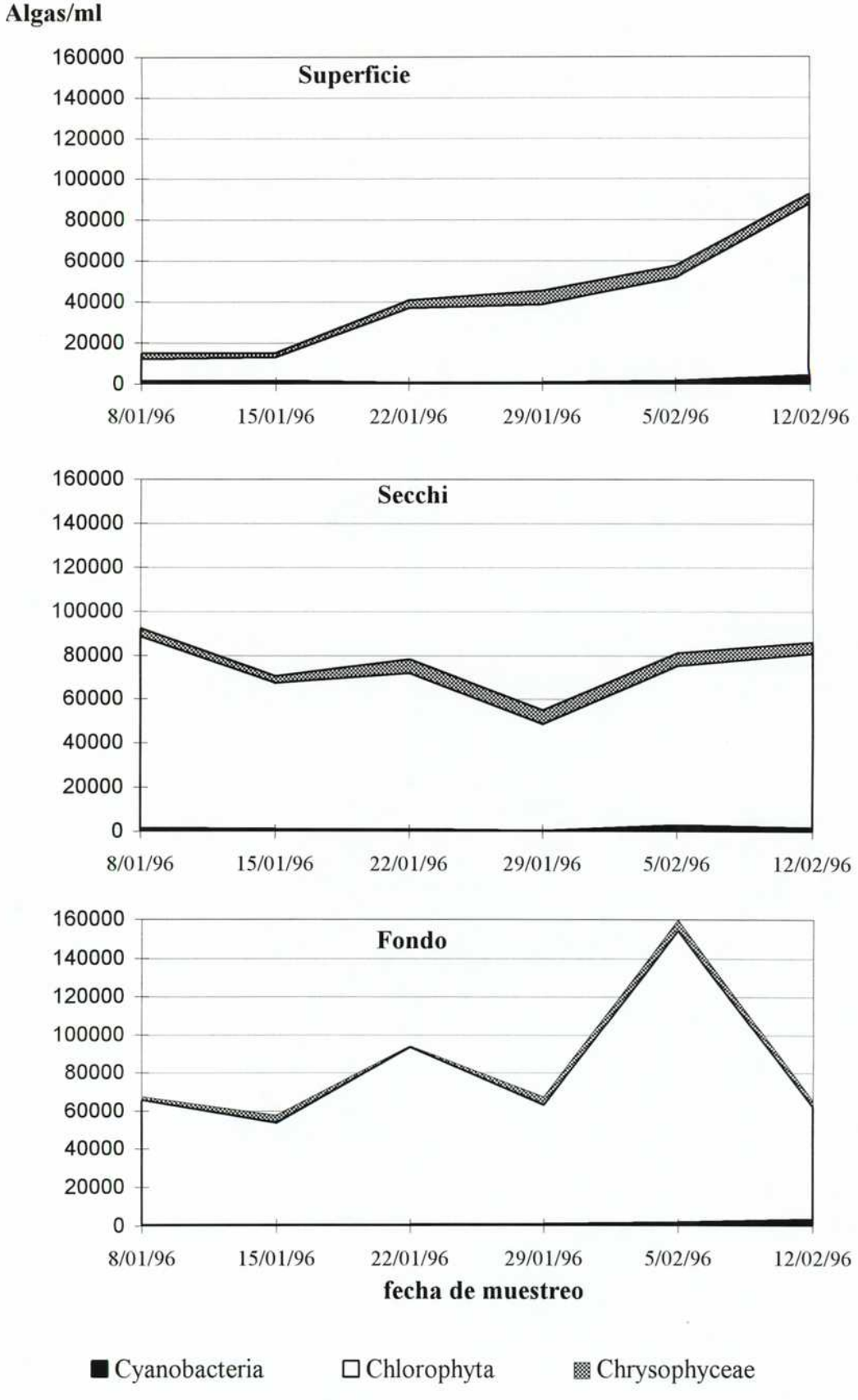


Figura 9: Variación de las densidades de las tres clases algales principales para cada profundidad.

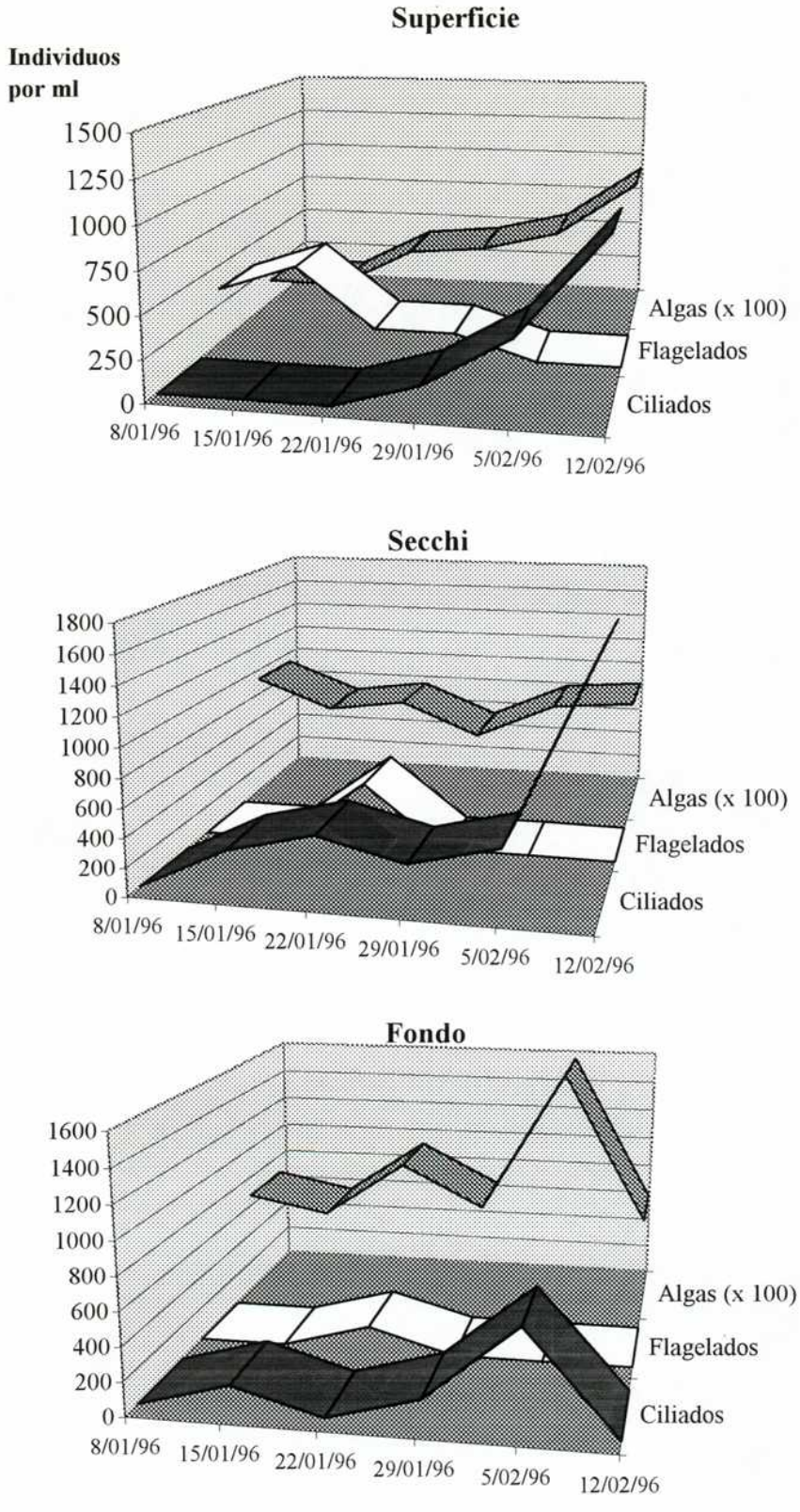


Figura 10: Variaciones de las densidades totales de fitoplancton y de zooplancton microheterótrofo por nivel de muestreo.