



Universidad Austral de Chile

Escuela de Biología Marina

Facultad de Ciencias

PROFESOR PATROCINANTE

DR. STEFAN WOELFL

INSTITUTO DE ZOOLOGIA

PROFESOR COPATROCINANTE

DR. HUMBERTO GONZALÉZ

INSTITUTO DE BIOLOGÍA MARINA

**“DINÁMICA POBLACIONAL (ABUNDANCIA Y BIOMASA) DE CILIADOS
MIXOTROFICOS DEL GÉNERO *STENTOR* EN LOS LAGOS COLICO Y CABURGUA,
DISTRITO DE LAGOS ARAUCANOS (NORD PATAGONIA) SUR DE CHILE”**

Tesis de pregrado como
parte de los requisitos para optar
al título de Biólogo Marino.

PAZ GARCÍA BOSKAMP

VALDIVIA - CHILE

2006

*En el camino de mi vida me cruce con dos
angeles, que me ayudaron a decidir por un
sendero.....en mi andar tuve que pasar por lluvias y
pantanos, pero ellos con su magia y alegria me
hicieron sentir como si fuera la mejor de la
praderas.....*

A mis dos angeles...Lucas y Valentina.

AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis fue posible gracias al financiamiento del proyecto FONDECYT 1040898. Agradezco a mi profesor patrocinante Dr. Stefan Woelfl por haberme acogido en su laboratorio durante el tiempo de realización de mis prácticas y tesis. Profesor, muchas gracias por la buena disposición para conmigo y estoy segura de que todo lo que aprendí con usted me va a servir mucho en el futuro. También agradezco a mi profesor co-patrocinante Dr. Humberto González por la revisión de esta tesis y a mi profesor informante Dr. Francisco Encina por ayudarme en la parte estadística. A los dos, gracias por su tiempo. A personas que también me han ayudado durante este tiempo en Zoología: al profesor Wladimir Steffen, a Rosyta Carcamo, a Diana, Don Raúl, Don Javier, Don León, y a tía Rosita de mi escuela, gracias por su increíble buena onda.

Infinitas gracias a las personas más importantes de mi vida y a las cuales amo con todo mi corazón: MI FAMILIA. A mis padres, que con su enorme amor me han dado todas las herramientas para triunfar y ser feliz. “Monis todo lo que soy se los debo a ustedes”. A Tata y Yaya que son los pilares de nuestra familia, y han participado directamente en nuestra formación, ya sea inculcándonos valores o malcriándonos un poquito. A mi Sister querida que en este último tiempo pasó a reemplazar a mi madre. Lis, tu apoyo (en todos los aspectos) ha sido fundamental para mí y por eso te agradezco profundamente. A Picho, por hacer de mi infancia una fantasía y, a pesar de las peleas, hacerme sentir siempre como su guagüita. A mi Vale por ser mi muñeca preciosa y en forma especial a mi Lucas que es MI TESORO mas preciado, tu sola presencia me hace sentir feliz y me da las fuerzas para seguir adelante cada día.

A mi Markitos, que en todos estos años de universidad ha sido mi compañero, mi amigo y hoy día MI AMOR, gracias por enseñarme lo lindo que es tenerte a mi lado.

A Paulo por nuestro hijo y por todos los buenos momentos que vivimos juntos. A mis queridos amigos: Johana, Pi, Andriu, Marce, Germi, Ponchi, Negrito, y a todos mis compañeros de la promoción '98. Gracias por el cariño, apoyo y por hacer de estos años de universidad inolvidables.

A todos mis amigos de la 108: Don Jorge, Rodrigo, Hektor, Cristian, Andrés, Jose, Manuel y muchos más, por que sé que van a estar ahí cuando los necesite.

A todos gracias por que su compañía a sido fundamental en mi desarrollo profesional y espiritual.....

INDICE

	Pag.
1. RESUMEN.....	6
2. ABSTRACT.....	7
3. INTRODUCCION.....	8
4. MATERIAL Y METODO.....	12
4.1 Área de estudio.....	12
4.2 Recolección de las muestras.....	13
4.3 Determinación de la abundancia, biomasa y distribución vertical de <i>Stentor</i>	14
4.4 Determinación de la abundancia de rotíferos, ciliados y crustáceos.....	15
4.5 Determinación de los factores físicos y químicos.....	19
4.6 Análisis estadísticos.....	21
5. RESULTADOS.....	22
5.1 Dinamica poblacional de <i>Stentor</i> en el Lago Caburgua.....	22
5.1.1 Abundancia.....	21
5.1.2 Biomasa.....	23
5.1.3 Distribución vertical estacional de <i>Stentor</i> en la columna de agua.....	25
5.2 Abundancia y biomasa de rotíferos, ciliados y crustáceos.....	30
5.2.1 Abundancia de rotíferos.....	30
5.2.2 Biomasa de rotíferos.....	31
5.2.3 Abundancia de crustáceos.....	32
5.2.4 Biomasa de crustáceos.....	34

5.3 Contribución de <i>Stentor</i> a la abundancia y biomasa total zooplanctónica.....	35
5.4 Factores físicos y químicos.....	39
5.5 Dinamica poblacional de <i>Stentor</i> en el Lago Colico.....	46
5.5.1 Abundancia.....	46
5.5.2 Biomasa.....	47
5.5.3 Distribución vertical estacional de <i>Stentor</i> en la columna de agua.....	48
5.6 Abundancia y biomasa de rotíferos, ciliados y crustáceos.....	54
5.6.1 Abundancia de rotíferos.....	54
5.6.2 Biomasa de rotíferos.....	55
5.6.3 Abundancia de crustáceos.....	56
5.6.4 Biomasa de crustáceos.....	57
5.7 Contribución de <i>Stentor</i> a la abundancia y biomasa total zooplanctónica.....	58
5.8 Factores físicos y químicos.....	62
6. DISCUSION.....	70
7. CONCLUSION.....	79
8. BIBLIOGRAFIA.....	80
9. ANEXO.....	85

1. RESUMEN

Se estudió la dinámica poblacional de ciliados mixotróficos del género *Stentor* entre abril de 2004 y marzo de 2005, en los Lagos araucanos Colico y Caburgua, Nord Patagonia, Sur de Chile. Con el objetivo de determinar los factores físicos, químicos y biológicos que se relacionan significativamente con su variación temporal y la contribución de *Stentor* a la biomasa zooplanctónica total. *S. arucanus* y *S. amethystinus* presentaron abundancias similares en el Lago Caburgua con sus máximos en otoño y verano. En relación a los demás grupos zooplanctónicos *Stentor* fue el segundo grupo más abundante y contribuyó con un 51 % (promedio anual) a la biomasa zooplanctónica total. *S. amethystinus* dominó en el L. Colico y fue el más abundante en relación a los demás grupos, su contribución fue del 31 % (promedio anual). La abundancia y biomasa de *Stentor* se correlacionó significativamente con la temperatura y en gran parte del año con el PAR, lo que se vio reflejado en su distribución vertical en la columna de agua. En meses de homotermia (mayo-agosto) *Stentor* presentó bajas abundancias y tendió a distribuirse hasta los 40 m de profundidad. Durante la estratificación térmica (septiembre-mediados de abril) *Stentor* se concentró por sobre los 20 m de profundidad, obteniendo las máximas abundancias entre la superficie y los 12.5 m de profundidad. La temperatura podría estar influyendo sobre la distribución espacial de *Stentor*, donde su asociación simbiótica se ve favorecida regulando su posición de acuerdo a sus requerimientos de luz. *Stentor* podría estar bien adaptado a la alta transparencia de estos lagos, lo cual sumado a la carencia de predadores invertebrados, favorece sus incrementos estacionales, permitiéndole contribuir con una alta biomasa, cumpliendo un rol importante en el flujo trófico de carbono en la comunidad zooplanctónica de estos lagos.

2. ABSTRACT

In this study the population dynamics of mixotrophic ciliates of the genus *Stentor* was analyzed between april, 2004 and march, 2005, in Araucanian Lakes Colico and Caburgua, North Patagonia, South of Chile. The aim was determine the physical, chemical and biological factors that significantly affect the temporal variability of *Stentor* and it's contribution to the total zooplankton biomass. *S. arucanus* and *S. amtehystinus* presented similar abundances in Lake Caburgua with maximum in autumn and summer. In relation to the other zooplanktonic groups *Stentor* was the second group more abundant and contributed with 51 % (annual average) to the total biomass zooplankton. *S. amethystinus* dominate in L. Colico and it was more abundant in relation to the other groups, the contribution was 31 % (annual average). The abundance and *Stentor* biomass correlate significantly to the temperature and almost all the year to the PAR which reflected the vertical distribution in the water column. In homothermous months (may-august) *Stentor* presented low concentrations and tended to be distributed up to 40 m of depth. Close to the thermal stratification (april-september) (up to 20 m of depth) *Stentor* showed a maximum concentration between surface and 12.5 m of depth. The temperature could influence the *Stentor* spatial distribution where it's symbiotic association seem to be favored, regulating the position in the water column according to it's ligh requirements. *Stentor* might be adapted to the high transparency of these lakes whichin addition to the lack of invertebrate predators, favors the seasonal increases, allowing it's high contribution in biomass to the system and playing an important role in the flow energy throught the zooplanktonic community in these lakes.

3. INTRODUCCION

En el área occidental de Chile y oriental extrandina de Argentina, (39° 42° LS) se distribuye un número considerable de lagos preandinos, llamados "Lagos de la Nord Patagonia" o Lagos Araucanos (Thomasson, 1963). Éstos se caracterizan por presentar un origen glacial común, ser profundos, monomícticos, templados, ultra-oligotróficos, muy transparentes, con bajo contenido iónico y de nutrientes, y baja productividad (Campos, 1984). En estos lagos la comunidad planctónica esta constituida principalmente por diatomeas (*Melosita sp.*, *Aulacoseira sp.*), algunos rotíferos y copépodos calanoídeos principalmente *Boeckella gracilipes* (< 1 mm), en baja cantidad cyclopoídeos, y protozoos dominados por grandes ciliados mayores a 100 µm de longitud del género *Stentor* y *Ophridium* (Modenutti *et al.*, 1998a).

Los ciliados son conocidos por ser importantes componentes de las redes tróficas pelágicas (Sanders, 2005). Sus comunidades están constituidas por variadas especies que varían en volumen y en estrategias alimenticias. Así, pueden alimentarse de bacterias, flagelados heterótrofos y una extensa variedad de fitoplancton. Además pueden presentar una nutrición mixta, denominada mixotrofia.

La Mixotrofia combina el tipo de nutrición autótrofa y heterótrofa en un solo individuo (Jones, 1994; Modenutti & Balseiro, 2002; Tittel, 2003). En muchos casos se incluyen algas como simbiontes, pero en ciliados Oligotrichos y en algunos heliozoos se involucra el "secuestro" de plastídios, los cuales son funcionalmente retenidos en la célula a través de la ingesta de algas de varios tipos. La mixotrofia es común entre los protozoos planctónicos de los sistemas marinos y continentales, se presenta en flagelados heterótrofos, sarcodines y ciliados, los

cuales se han encontrado flotando en zonas luminosas tropicales pobres en nutrientes (Stoecker 1992; Laybourn-Parry *et al.*, 1997; Woelfl & Geller, 2002; Modenutti & Balseiro, 2002).

La mixotrofia es considerada como una estrategia evolutiva de importancia ecológica que provee una mayor flexibilidad ante las fluctuaciones espaciales y temporales del medio, (Jones, 2000; Modenutti & Balseiro, 2002), además, es importante en la eficiencia del flujo de energía y materia a través de los ecosistemas planctónicos, ya que ciliados relativamente grandes pueden ser predados eficientemente por varios macrozooplancteres. De esta manera los ciliados mixotróficos pueden sobrevivir en sistemas pobres en nutrientes y ser importantes en sistemas acuáticos desde el trópico hasta las zonas polares como productores primarios y secundarios (Stoecker, 1992, 1998).

En sistemas eutróficos y oligotróficos de Australia, Nueva Zelanda y Nord Patagonia, se ha demostrado que los ciliados mixotróficos pueden contribuir substancialmente a la biomasa total de ciliados y de la comunidad zooplanctónica, además la biomasa de sus algas endosimbióticas puede ser igual o exceder a la biomasa del fitoplancton en los lagos templados del hemisferio sur (Bienert *et al.*, 1991, 1998; Laybourn-Parry *et al.*, 1994, 1997; Woelfl & Geller, 2002; Perriss *et al.*, 1994; Queimaliños *et al.*, 1999).

En los lagos andinos de la Nord Patagonia ciliados mixotróficos del género *Stentor* han sido previamente registrados. Thomasson (1963) señaló la existencia de una gran cantidad de *Stentor*, recientemente Foissner & Wölfl (1994), Woelfl (1995), Woelfl & Geller (2002) en el área chilena, y Modenutti (1997) y Modenutti *et al.* (1998b) en la zona argentina, volvieron a registrar a este grupo en un número considerable dentro de este distrito de lagos.

Stentor es un ciliado Heterotricho el cual a menudo forma colonias cubriendo el fondo y/o desarrollando blooms en la zona pelágica de los lagos de todo el mundo, se caracterizan por la

presencia o ausencia de algas simbióticas, la forma de los macronúcleos y el color de los gránulos de pigmentos corticales, los cuales le dan un color característico a cada especie (Foissner & Wöfl, 1994).

En los lagos andinos se han registrado dos especies del género *Stentor*: *S. amethystinus* y *S. araucanus*, estos son ciliados grandes con un volumen celular vivo de $1.1-2.9 \times 10^6 \text{ um}^3$ (Woelfl & Geller, 2002), la primera se considera una especie común en aguas continentales, mientras que la segunda solo a sido descrita para lagos de mayor superficie ($> 5 \text{ km}^2$), profundos y ultraoligotróficos de América del Sur, donde ha desarrollado grandes poblaciones dentro de la zona eufótica (40-50 m) (Balseiro *et al.*, 2001).

Aquellos factores físico-químicos y biológicos responsables de los blooms de *Stentor* no son hasta ahora bien conocidos (Foissner & Wöfl, 1994). Pero la capacidad de fotosintetizar los hace absolutamente dependientes de la radiación solar, la cual influye sobre la fotosíntesis y el metabolismo, y por lo tanto, en la producción de biomasa (González, 2005).

La dinámica poblacional de *Stentor* ha sido estudiada sólo para un lago de la Nord Patagonia (L. Pirehueico). Los resultados indicaron que como productores primarios los ciliados mixotróficos son importantes en algunos períodos en el Lago Pirehueico y durante los blooms la tasa fotosintética de *Stentor* iguala o excede a los otros productores primarios sobre los 10 m, y en biomasa contribuyeron en forma importante a la biomasa total zooplanctónica (47 % promedio anual) entre los 0-25 m de profundidad (Woelfl & Geller, 2002).

De esta manera se sugiere que los ciliados mixotróficos podrían estar jugando un importante rol en el sistema planctónico de los lagos ultraoligotróficos de la Nord Patagonia.

Hipótesis

- ? En los Lagos Colico y Caburgua, los ciliados mixotróficos del género *Stentor*, presentan una biomasa significativamente mayor que el resto de los grupos zooplanctónicos.

- ? La abundancia y biomasa de *Stentor* presenta una variación temporal que está relacionada significativamente con la temperatura, radiación solar y clorofila *a*.

Objetivo General

Determinar la dinámica poblacional de *Stentor* durante un año de estudio y su relación con los factores físicos, químicos y biológicos en los lagos Nord Patagónicos Colico y Caburgua.

Objetivos Específicos

- Determinar la abundancia, biomasa y distribución vertical de *Stentor* en la columna de agua y su contribución de *Stentor* a la abundancia y biomasa total del zooplancton.
- Determinar la abundancia y biomasa de los grupos planctónicos tales como ciliados, rotíferos y crustáceos.
- Evaluar estadísticamente y evaluar las relaciones de la dinámica poblacional de *Stentor* con los factores físicos, químicos y biológicos (temperatura, pH, nutrientes, clorofila *a*, PAR, entre otros) en estos sistemas acuáticos.

4. MATERIAL Y MÉTODO

4.1 Área de Estudio

Las muestras fueron colectadas en una estación al centro de los Lagos Colico ($39^{\circ} 05' \text{LS}$, $71^{\circ} 45' \text{LW}$) y Caburgua ($39^{\circ} 07' \text{LS}$, $71^{\circ} 45' \text{LW}$) distrito de los Lagos Araucanos IX y X Regiones de Chile (Fig.1), con frecuencia de 2 a 3 semanas desde abril de 2004 a marzo de 2005. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Limnología y Química de Aguas del Instituto de Zoología, Facultad de Ciencias de la Universidad Austral de Chile.

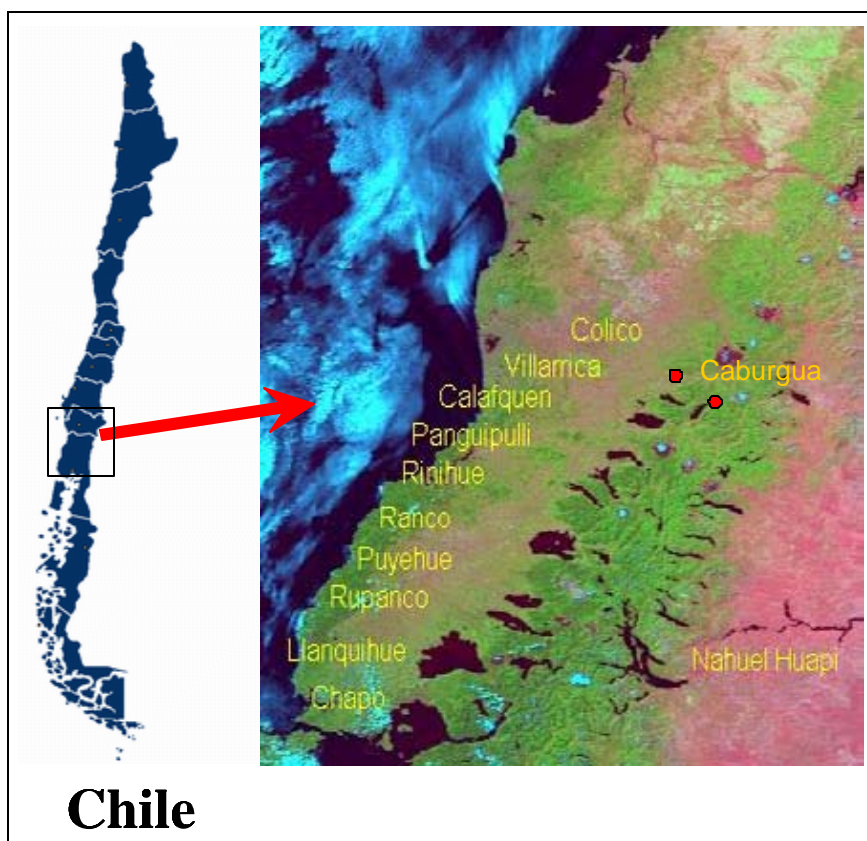


Figura 1: Sitio de estudio: Lago Colico ($39^{\circ} 05' \text{LS}$, $71^{\circ} 45' \text{LW}$) y Caburgua ($39^{\circ} 07' \text{LS}$, $71^{\circ} 45' \text{LW}$), distrito de Lagos Nord Patagonicos (39° y 42° LS) IX y X regiones de Chile.

4.2 Recolección de las muestras

Las muestras de agua fueron colectadas con botella Van Dorn (5 L) a distintas profundidades (0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 25; 30; 40 m).

Se utilizó 1 L de agua para el análisis de *Stentor*. El volumen restante se depositó en bidones de plástico de 5 L, donde se midieron parámetros físicos de temperatura, pH y conductividad.

En un bidón de 20 L se preparó una muestra integrada donde se mezcló: 1 L de agua de las muestras entre 0-20 m de profundidad más 2 L de agua de las muestras de 25 m y 3 L de agua de la muestra de 30 y 40 m. A partir de esta muestra integrada se realizó el análisis químico, la determinación de clorofila *a* y la abundancia y biomasa de rotíferos y ciliados.

Las muestras de crustáceos fueron obtenidas a través de un arrastre vertical en la columna de agua (40-0 m) con una red de 100 μm de apertura de malla.

4.3 Determinación de la abundancia y distribución vertical de *Stentor* en la columna de agua

Las muestras de agua (1 L) fueron homogenizadas y filtradas mediante una bomba de vacío a una succión de 0.4 atm., utilizando filtros de papel común de 47 mm de diámetro (Fig. 2). Los filtros fueron secados a temperatura ambiente y depositados en placas de plástico para su posterior análisis en laboratorio. El recuento de *Stentor* se realizó según Woelfl & Geller (2002). Se utilizó una lupa Leica MZ6 a una magnificación de 12.5x y contadores manuales. Ambas especies de *Stentor*: *S. araucanus* y *S. amethystinus* son ciliados grandes (150-250 μm) que se diferencian por el tamaño y por su coloración verde-azulada y marrón respectivamente (Fig 3). El cálculo de la abundancia promedio de los individuos se realizó en base al promedio geométrico.

Para la determinación de la biomasa de *Stentor* y demás ciliados se utilizaron individuos fijados obtenidos a partir de la muestra integrada (100 ml). La biomasa se determinó en base a el volumen de los individuos, el que se calculó a partir de la medida geométrica, la que se integró en fórmulas específicas para cada grupo (Tabla 2). Debido a que la célula viva se encoge al ser fijada, el volumen de los individuos es corregido con un factor de 1.4 (Woelfl, 1995). El peso seco se convirtió a biomasa-C asumiendo $0.11 \text{ pg C } \mu\text{m}^{-3}$ del volumen de la célula (Woelfl, 1995). El fijador utilizado en las muestras de ciliados tiñe a *Stentor* de color negro, lo cual dificulta la identificación entre ambas especies, por esta razón se expresó como biomasa de *Stentor*.

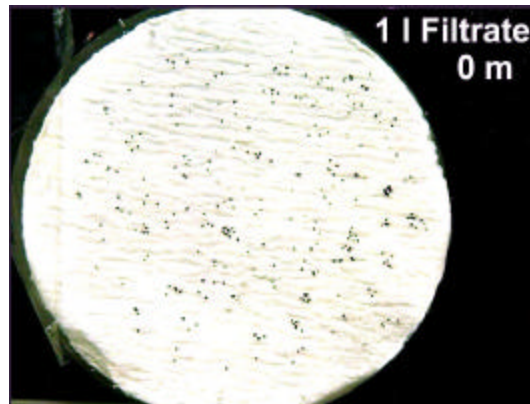


Figura 2: Filtro de papel común, 47 mm de diámetro (Woelfl).

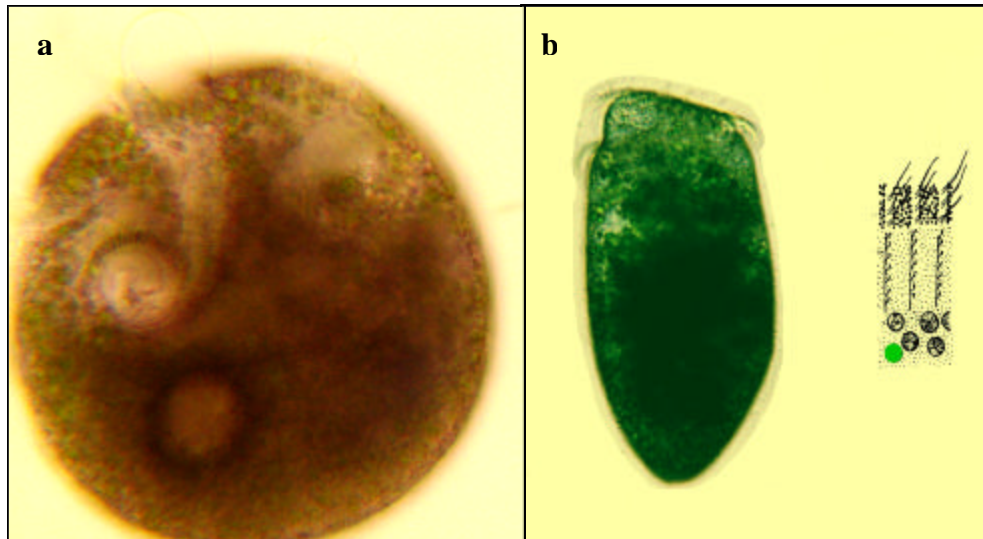


Figura 3: Ciliados mixotróficos del género *Stentor*: *S. amethystinus* y *S. araucanus* (Woelfl).

4.4 Determinación de la abundancia y biomasa de rotíferos, ciliados y crustáceos

La determinación de abundancia y biomasa de todos los grupos planctónicos se realizó en base a Woelfl (1995).

Rotíferos: A partir de la muestra integrada se destinaron 5 L de agua para el análisis de rotíferos. Este volumen fue filtrado con una red de 30 μm de apertura de malla, el material retenido fue fijado en frascos de vidrio de 30 ml de volumen con 3 ml de formalina-azúcar (abundancia final 4 %). El recuento de rotíferos se realizó de acuerdo al método de Utermöhl, donde se dejó decantar

la mitad de la muestra en cámaras de sedimentación de 50 ml por 24 horas. Se utilizó un microscopio invertido Hund V 200 (Wetzlar, Alemania) y se realizó un barrido completo a la cámara de sedimentación a una magnitud de 10x. La identificación de las especies de rotíferos se realizó según (Campos, 1985). La biomasa de rotíferos se determinó en base al volumen de los individuos, el cual se obtuvo a partir de las medidas geométricas de éstos e integradas a Fórmulas específicas para cada especie. El peso seco correspondió a un porcentaje del peso húmedo específico para cada especie (Tabla 1) y convertido a peso seco de C asumiendo a este como el 50 % del peso seco total (Woelfl, 1995).

Tabla 1: Fórmulas utilizadas en la determinación del volumen y peso seco para las especies de rotífero (Woelfl, 1995). Donde: V= volumen; A= longitud; B= ancho; C= profundidad, en este caso es igual a B.

Formula (μm^3)	Especie	Peso seco (% del peso húmedo)
V = A B C	<i>Polyarthra vulgaris</i>	10.45
	<i>Lecane vulgaris</i>	10
V = 0.26 A B ²	<i>Conochilus unicornis</i>	12.15
	<i>Collotheca pelagica</i>	10
	<i>Synchaeta spp.</i>	11.55
V = 0.52 A B ²	<i>Trichocerca porcellus</i>	11.35
	" <i>Philodina</i> "	10

Ciliados: De la muestra integrada se extrajo una submuestra de 100 ml de agua, la cual fue fijada en frascos oscuros con una solución de Lugol ácido 1%. El recuento se realizó de acuerdo al método de Utermöhl, donde la muestra se dejó decantar en cámaras de sedimentación de 60 ml

por 48 horas. Las muestras fueron contadas y medidas en un microscopio invertido Carl Zeiss a una magnitud de 20 y 40x. La determinación de la biomasa se realizó de igual forma que para *Stentor* (Tabla 2).

Tabla 2: Fórmulas utilizadas en la determinación del volumen celular (μm^3) de ciliados. Donde V= volumen; B= ancho; L= largo (Woelfl, 1995).

Forma geométrica	Volumen (μm^3)	Género
Cono/elipsoide	$V = \pi B^2 (L + (B/2))/12$	<i>Strombidium, Strombilidium</i>
Elipsoide	$V = \pi L B^2 / 6$	<i>Pseudobalanion, Urotricha,</i> <i>Askenasia, Stentor,</i> <i>Tintinidae, Halteria,</i> <i>Lacrymaria.</i>

Crustáceos: El material retenido desde el arrastre vertical (40-0 m) fue almacenado en frascos de vidrio (30 ml) con 3 ml de formalina-azúcar como fijador (abundancia final 4 %). Para el recuento de crustáceos se extrajo un subvolumen de 10 ml, la muestra se diluyó y se enjuago con agua para extraer el fijador. Con una pipeta pasteur se colocaron alícuotas en una cámara de Bogorov, se utilizó un microscopio invertido Fluovert Flu Leitz a una magnificación de 4x, y cuantificados con la ayuda de un contador mecánico. La identificación de las especies se realizó según (Campos, 1985).

El volumen total filtrado por la red de 40-0 m se determinó mediante la siguiente relación:

$$V = \pi * R^2 * L$$

Donde:

V = Volumen total de agua filtrado por la red 40-0 (m^3)

$$\pi = 3.14$$

R = radio de la boca de la red (0.16 m)

L = metros arrastrados por la red (40 m)

$$V (m^3) = 3.14 * 0.16 \text{ m}^2 * 40m$$

Siendo: V (L)= 3216.99

Debido a que la red no presentó un 100 % de eficiencia de filtración (ya sea por haberse roto o tapado con algas o *Stentor*). Los valores de la abundancia de la red se corrigieron con las abundancias de crustáceos encontrados en las muestras de rotíferos. Se consideraron las abundancias más altas y fueron relacionadas con las abundancias de crustáceos encontrados en la red, y se determinó un factor de correlación que consistió en el promedio de estos valores. De esta manera las abundancias de crustáceos arrastrados por la red se corrigieron con un factor de 3.7 para el Lago Caburgua y de 3.5 para el Lago Colico.

La biomasa de crustáceos se determinó en base a la longitud de los individuos, el cual fue integrado en Fórmulas específicas para cada grupo (relación longitud-peso seco según Woelfl, 1995) (Tabla 3) y transformado a C asumiéndose este como el 50 % del peso seco total (Woelfl, 1995).

Tabla 3: Relaciones para la determinación del peso seco en crustáceos (Woelfl, 1995).

Grupo	Peso seco	N (aproximado)
Copépodos calanoídeos <i>Diaptomus diabolicus</i> , <i>Boeckella gracilipes</i>	$6.7477 * L^{2.5209}$	200
Copépodos cyclopoídeos	$6.7477 * L^{2.5209}$	200
Cladoceras <i>Ceriodaphnia dubia</i> <i>Eubosmina hagmann</i>	$6.5489 * L^{1.9026}$ $12.7624 * L^{2.5503}$	200
Nauplius	0.5	200

4.5 Determinación de factores físicos-químicos: Los factores físicos se midieron junto a la obtención de las muestras de *Stentor*. La temperatura (°C) fue medida utilizando un termómetro de mercurio (0-50°C). El pH fue medido con un Microprocessor pH meter, la conductividad ($\mu\text{S cm}^{-1}$) fue medida con un Microprocessor conductivity meter, ambos WTW Wissens Chaftlich-Technische Werkstätten 82362 (Weilheim, Alemania).

La radiación fotosintéticamente activa (PAR: 400-700 nm, unidades: $\mu\text{mol fotones m}^2 \text{ s}^{-1}$) fue medida con un fotómetro LI-COR, Inc./LI-COR, LTD. Con un sensor quantum desde la superficie hasta los 29 m de profundidad, a intervalos de 1 m. Los cambios de luz en la superficie fueron corregidos mediante la medición paralela del PAR en la superficie. La transparencia del lago se midió con un disco Secchi de 26.5 cm de diámetro.

Clorofila *a*: Para la determinación de la clorofila *a* se extrajo 2 L de la muestra integrada y se filtró con filtros de fibra de vidrio (GF/C) de 2.5 cm de diámetro y se almacenó en frascos de plásticos oscuros y congelado en un refrigerador portable (ENGEL).

El análisis de la abundancia de clorofila *a* ($\mu\text{g L}^{-1}$) se realizó en el laboratorio según el APHA 10200H, donde la extracción es realizada con acetona 90 %, refrigerada por 24 h y leída en un espectrofotómetro (Shimadzu Seisakusho Ltd.,Tokio, Japón) a 750 - 665 - 664 - 647 - 630 nm y calculada con la siguiente relación:

$$C a = [11.85 (\text{DO } 664) - 1.54 (\text{DO } 647) - 0.08 (\text{DO } 630)] \text{ EV/VM}$$

Donde:

$C a$ ($\mu\text{g L}^{-1}$) = abundancia de la clorofila *a*

DO 664, DO 647 y DO 630 = densidad óptica correspondiente (1 cm) a las respectivas longitudes de ondas.

EV = extracto del volumen

VM = volumen de la muestra

Nutrientes: A partir de la muestra integrada se extrajo 1 L para el análisis químico de agua. El análisis de nutrientes: fosfato soluble, nitrato y amonio, se realizó según el APHA (1995), mediante un análisis colorimétrico, la absorbancia fue medida en un espectrofotómetro (Shimadzu seisakusho Ltd., Tokio, Japón), con una cubeta de 50 μl a 720 nm para el fosfato soluble y una cubeta de 10 μl a 640 y 420 nm para el amonio y nitrato, respectivamente. Algunos valores de la abundancia de nutrientes no fueron considerados en el análisis estadístico ya que se considera que hubieron errores técnicos en su determinación.

4.6 Análisis estadístico: Para determinar la significancia de los factores físicos, químicos y biológicos en la abundancia de *Stentor* durante al año, se realizó un análisis de regresión simple entre la abundancia de *Stentor* con cada uno de los factores. El programa utilizado fue Statgraphic Plus 2.0.

5. RESULTADOS

5.1 Dinámica poblacional de *Stentor* en el Lago Caburgua

5.1.1 Abundancia

Las especies *S. araucanus* y *S. amethystinus* estuvieron presentes todo el año en el Lago Caburgua (Fig. 8). Ambas especies presentaron un máximo durante mayo de 2004, con una abundancia promedio (0-40 m) de 80 y 55 Ind L⁻¹, respectivamente. Durante el mes de junio las abundancias declinaron a 23 Ind L⁻¹ en la población de *S. araucanus* y 34 Ind L⁻¹ en la de *S. amethystinus*.

En los siguientes meses la densidad de ambas poblaciones declinó a menos de 10 Ind L⁻¹, para incrementar nuevamente a principios de noviembre y alcanzar un máximo a finales de febrero con 56 Ind L⁻¹ en la población de *S. araucanus* y un máximo de 46 Ind L⁻¹ a finales de diciembre en la población de *S. amethystinus*. En esta época se presentaron fluctuaciones inversas en ambas poblaciones, ya que a finales de enero la población de *S. amethystinus* descendió a 6 Ind L⁻¹, mientras que la de *S. araucanus* aumento a 41 Ind L⁻¹.

A comienzo de febrero ambas poblaciones alcanzaron una abundancia cercana a los 28 Ind L⁻¹, a finales de este mes la población de *S. araucanus* duplicó esta abundancia, mientras que la de *S. amethystinus* descendió a 16 Ind L⁻¹. A finales de marzo *S. araucanus* disminuyó su abundancia a 45 Ind L⁻¹ y *S. amethystinus* presentó un leve incremento en su abundancia a 25 Ind L⁻¹. Durante el año ambas especie de *Stentor* se correlacionaron en forma significativa (Tabla 6).

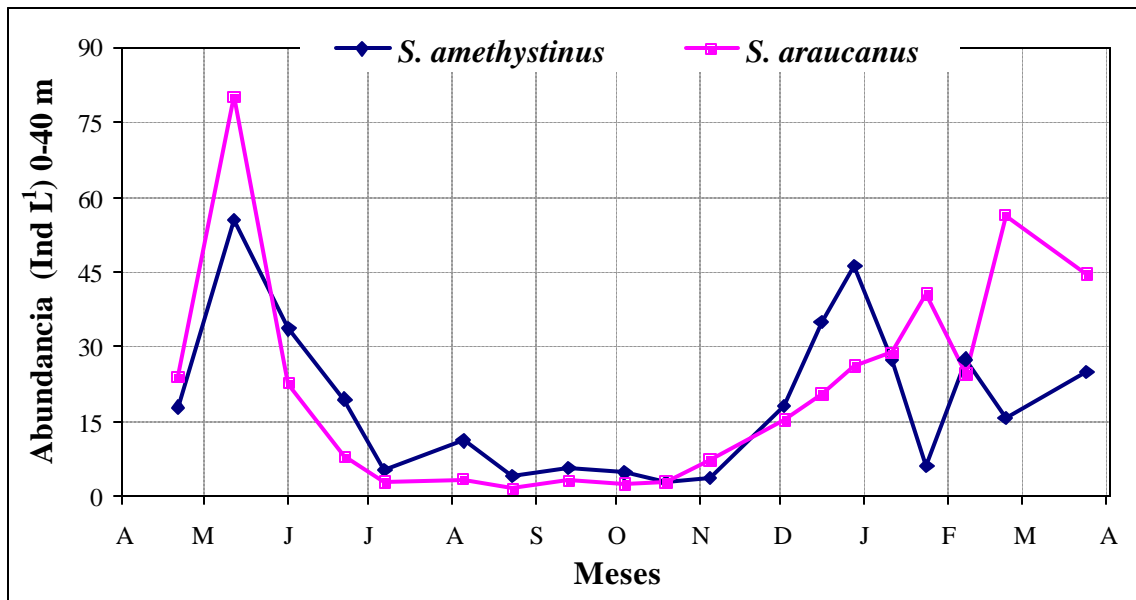


Figura 4: Abundancia (Ind L⁻¹) (0-40 m) de *S. araucanus* y *S. amethystinus* en el Lago Caburgua, entre abril de 2004 y marzo 2005.

5.1.2 Biomasa

Volumen de *Stentor*: El volumen de *Stentor* presentó un promedio anual de $9.34 \times 10^5 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$ (Tabla 7). Los valores mas bajos del año se registraron en otoño, con un mínimo de $3.78 \times 10^5 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$ en mayo. Entre agosto y marzo el volumen fluctuó entre 10.21×10^5 y $11.18 \times 10^5 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$, a excepción de septiembre donde se presentó la máxima con $14.9 \times 10^5 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$. El peso seco de *Stentor* presentó un promedio anual de $0.14 \mu\text{g C Ind}^{-1}$ (Tabla 7). El mínimo fue de $0.06 \mu\text{g C Ind}^{-1}$ y el máximo de $0.23 \mu\text{g C Ind}^{-1}$. En la época de verano el peso seco de *Stentor* fluctuó entre 0.16 y $0.18 \times 10^5 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$.

Tabla 4: Peso seco ($\mu\text{g C Ind}^{-1}$) y volumen ($\mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$) de *Stentor* en el Lago Caburgua, entre abril 2004 y marzo 2005.

Fecha	Peso seco ($\mu\text{g C Ind}^{-1}$) Promedio - DS	Volumen ($\times 10^5 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$)	N
12/05/04	0.06 - 0.03	3.785	6
22//06/04	0.12 - 0.05	8.027	2
07/07/04	0.08 - 0.05	4.956	4
05/08/04	0.17 - 0.10	10.95	2
23/08/04	0.17	11.18	1
13/09/04	0.23	14.94	2
03/12/04	0.12	7.487	1
11/01/05	0.16 - 0.13	10.21	4
21/02/05	0.18 - 0.17	11.51	3
24/03/05	0.16 - 0.04	10.33	7
Promedio-Ds	0.14-0.07	9.340 ± 4.69	

La biomasa de *Stentor* presentó dos máximos anuales en otoño y verano, con un promedio anual de $4.3 \mu\text{g C L}^{-1}$ (± 3.19). En otoño el valor más alto ($7.9 \mu\text{g C L}^{-1}$) se registró a mediados de mayo. Durante invierno y primavera la biomasa de *Stentor* descendió a $< 2 \mu\text{g C L}^{-1}$. En diciembre se registró el valor mas alto del año con $10.5 \mu\text{g C L}^{-1}$, el cual descendió a $5.3 \mu\text{g C L}^{-1}$ en enero. En febrero y marzo la biomasa de *Stentor* presentó valores cercanos a 7 y $8 \mu\text{g C L}^{-1}$ (Fig. 9).

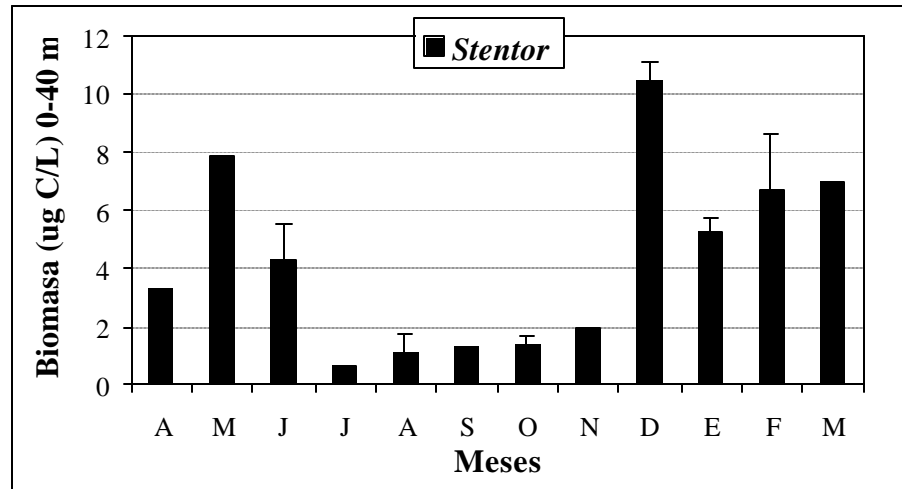


Figura 5: Biomasa de *Stentor* ($\mu\text{g C L}^{-1}$), entre abril de 2004 y marzo 2005 en el Lago Caburgua. La D.S. se muestra en aquellos meses donde se realizaron 2 a 3 muestreos en el mes.

5.1.3 Distribución vertical estacional de *Stentor* en la columna de agua

Otoño: a principios de otoño la temperatura del agua aún se mantiene estratificada en la columna de agua, con una oscilación de 16 y 11 °C entre la superficie y los 40 m. Ambas especies de *Stentor* se distribuyeron en forma estratificada concentrándose sobre los 15 m de profundidad, con una densidad que alcanzó los 66 Ind L⁻¹ en los primeros 5 m (Fig. 6). En el mes de mayo la homotermia fue de 15 °C y el PAR en la superficie fue de 600 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$, bajo estas condiciones, ambas especies de *Stentor* se distribuyeron hasta los 40 m de profundidad. *S. amethystinus* alcanzó abundancias de 80 Ind L⁻¹ a los 0; 7.5 y 40 m de profundidad y *S. araucanus* mantuvo una abundancia relativamente homogénea hasta los 40 m (60-85 Ind L⁻¹). En junio las temperaturas descendieron a cerca de 12 °C (0-30 m) y a 10 °C a los 40 m, el PAR en la superficie fue de sólo 153 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, *S. araucanus* declinó sus abundancias a 20 Ind L⁻¹ y *S. amethystinus* a 40 Ind L⁻¹, a los 40 m de profundidad las abundancias de ambas especies fueron mínimas. *S. araucanus* y *S. amethystinus* presentaron una correlación negativa significativa con la profundidad (-0.47 y -0.65, respectivamente) y positiva con la temperatura (0.73 y 0.47,

respectivamente). Sólo *S. amethystinus* presentó una correlación positiva significativa con el PAR ($r=0,76$) (Tabla 5).

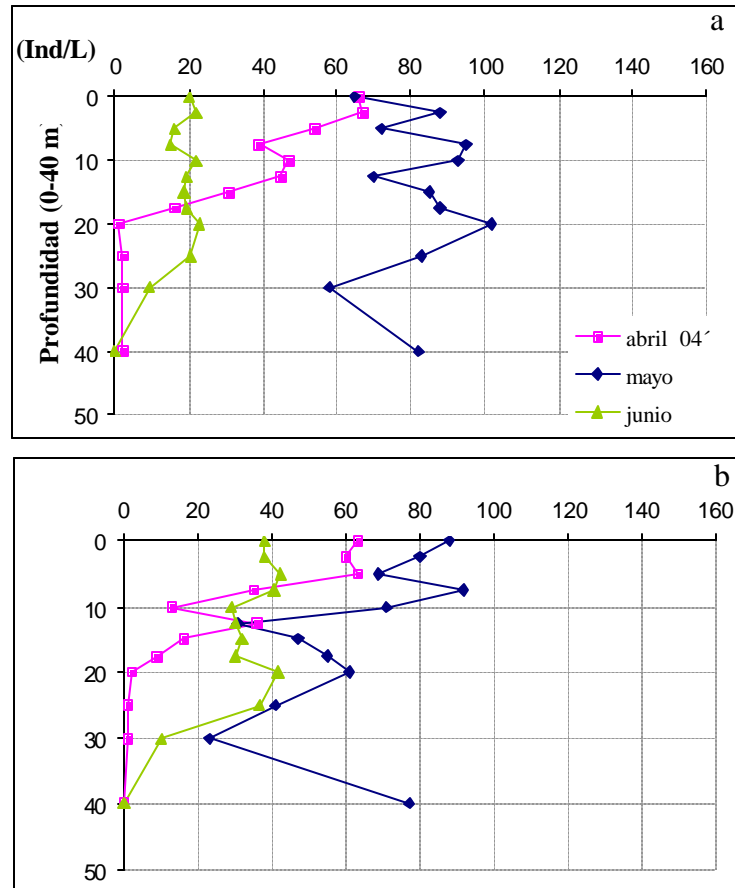


Figura 6: Distribución vertical (0-40 m) de *S. araucanus* y *S. amethystinus*, en la época de otoño de 2004 en el Lago Caburgua.

Invierno: la homotermia se mantuvo en una temperatura cercana a los 10 °C. El PAR fue $> 113 \mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Ambas especies de *Stentor* presentaron las abundancias más bajas del año, con menos de 8 Ind L⁻¹ en la población de *S. araucanus* y menos de 20 Ind L⁻¹ en la población de *S. amethystinus* (Fig. 7). La distribución vertical de *S. araucanus* y *S. amethystinus* presentó una correlación negativa significativa con la profundidad ($r= -0.47$ y -0.53 , respectivamente). Sólo *S. amethystinus* se correlacionó en forma significativa con el PAR ($r= 0.5$) (Tabla 5).

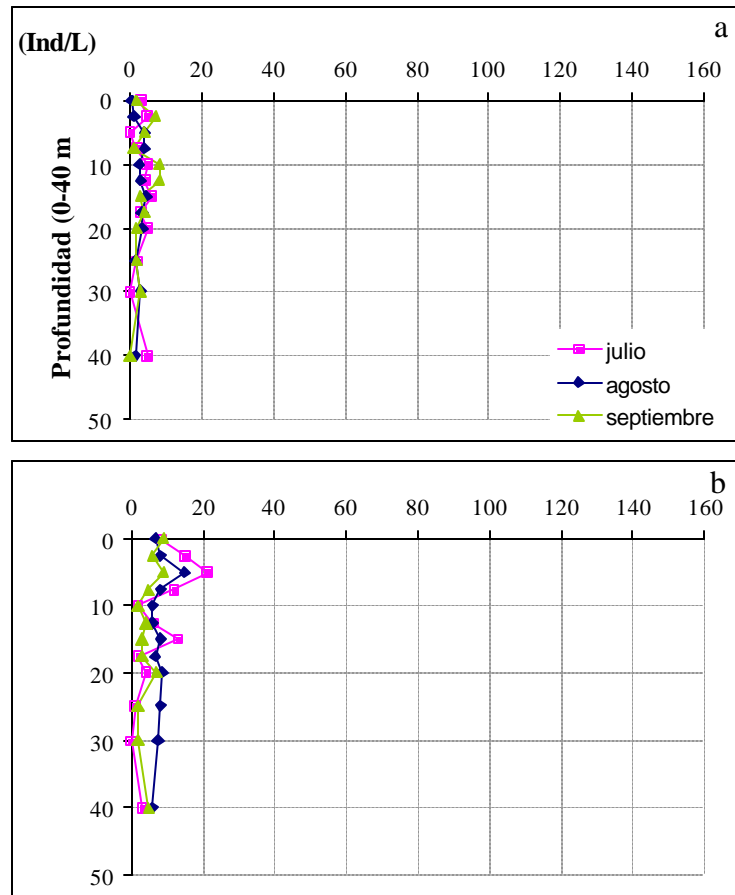


Figura 7: Distribución vertical (0-40 m) de *S. araucanus* y *S. amethystinus* en la época de invierno de 2004 en el Lago Caburgua.

Primavera: junto con el comienzo de la estratificación térmica del lago, ambas especies incrementaron sus poblaciones y se concentraron por sobre los 20 m (Fig. 8). Las abundancias más bajas de esta época se presentaron en el mes de octubre ($< 15 \text{ Ind L}^{-1}$) y las más altas en diciembre. En este mes *S. amethystinus* presentó las abundancias más altas (115 Ind L^{-1}) en la superficie del agua ($T = 19 \text{ }^\circ\text{C}$ y $\text{PAR} = 1250 \mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), mientras que *S. araucanus* presentó un máximo (80 Ind L^{-1}) a los 7.5 m ($330 \mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Ambas especies se correlacionaron en forma significativa con la profundidad ($r = -0.5$), la temperatura ($r = 0.7$) y el PAR ($r = 0.5$) (Tabla 5).

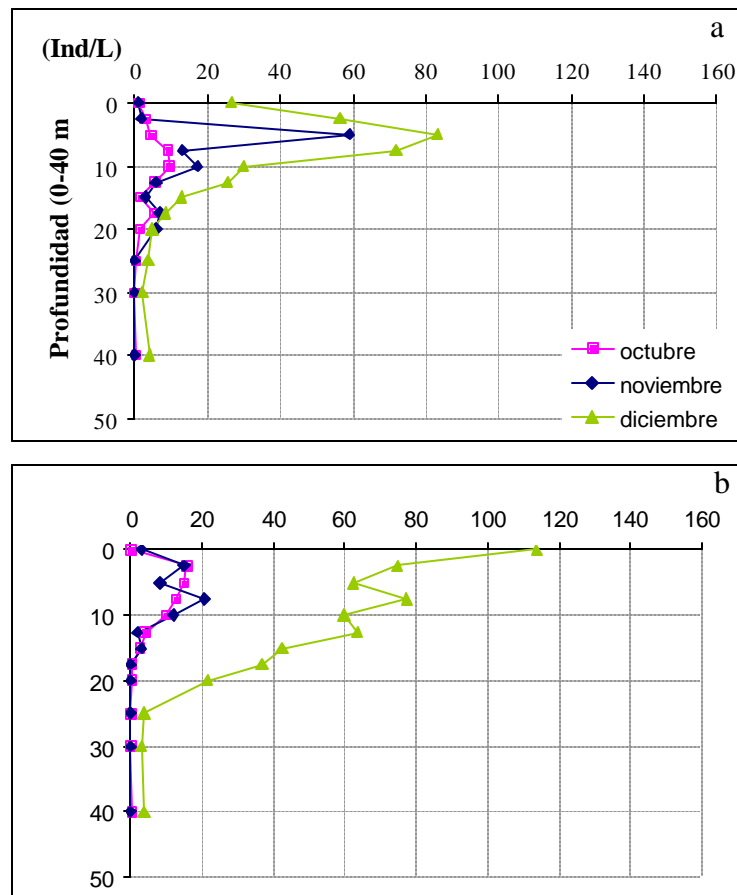


Figura 8: Distribución vertical (0-40 m) de *S. araucanus* y *S. amethystinus* en la época de primavera de 2004 en el Lago Caburgua.

Verano: en esta época la estratificación térmica en el lago es muy marcada, en los meses de enero y febrero se presentaron las temperaturas superficiales más altas del año y el PAR presentó valores superficiales superiores a los $1000 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. En los primeros metros de la columna de agua y bajo los 20 m de profundidad se presentaron las mínimas abundancias de ambas especies de *Stentor* (Fig. 9). En enero y febrero *S. araucanus* presentó las abundancias más altas (160 Ind L^{-1}) a los 12.5 m cuando las condiciones de temperatura eran de 19°C y de PAR $140 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en enero y $70 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en febrero. *S. amethystinus* presentó su máximo a los 10 m de profundidad, con 80 Ind L^{-1} en el mes de enero y 120 Ind L^{-1}

en el mes de febrero (Fig. 9b), la temperatura a esa profundidad era de 20 y 21 °C, respectivamente, y el PAR era de 171 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y de 113 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente. En marzo la temperatura descendió a 19 °C, el PAR en la superficie fue cercano a 470 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. *S. araucanus* presentó altas abundancias en la superficie (100 Ind L^{-1}) y a los 7.5 m (115 Ind L^{-1}) (PAR = 80 $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$). *S. amethystinus* presentó su abundancia más alta (152 Ind L^{-1}) en la superficie, la que declinó hasta ser mínima los 10 m. La distribución vertical de *S. araucanus* y *S. amethystinus* presentó una correlación significativa con la profundidad ($r= 0.71$ y 0.67 , respectivamente), la temperatura (0.8 y 0.71 , respectivamente). Sólo *S. araucanus* se correlacionó en forma significativa con el PAR ($r= 0.5$) (Tabla 5).

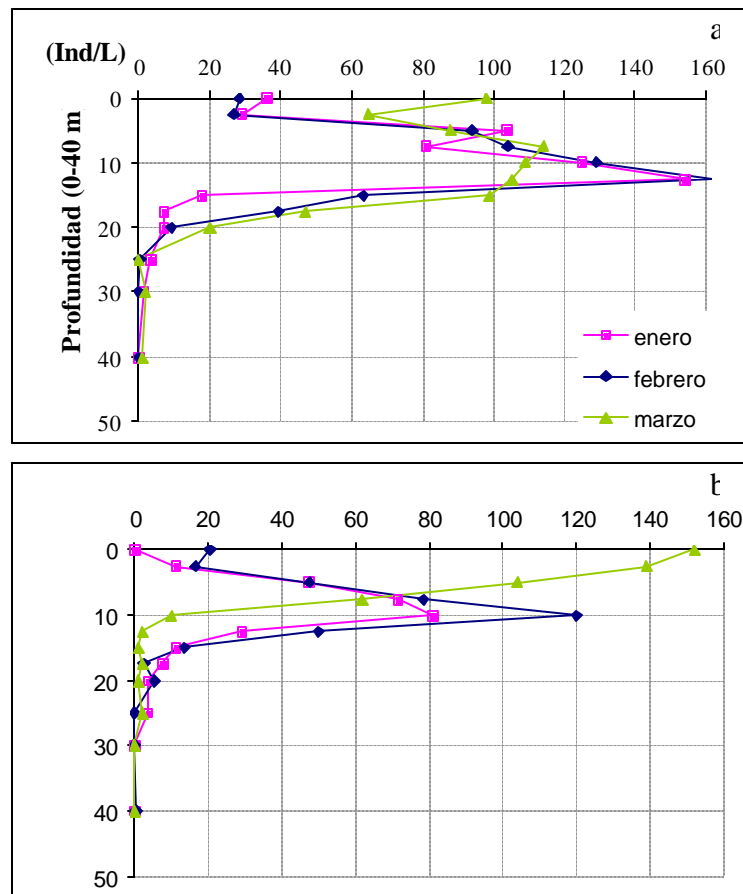


Figura 9: Distribución vertical (0-40 m) de *S. araucanus* y *S. amethystinus* en la época de verano de 2004 y 2005 en el Lago Caburgua.

Tabla 5: Correlaciones entre *S. araucanus* y *S. amethystinus* con los parámetros físicos, químicos y biológicos, registrados entre otoño de 2004 y verano de 2005, en el Lago Caburgua: P: profundidad (m), T: temperatura (°C), pH, C: conductividad ($\mu\text{S cm}^{-1}$), PAR ($\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$), *S. araucanus* (Ind L^{-1}). Las siglas corresponden al mejor modelo escogido donde: E: exponencial, L: lineal y M: multiplicativo. * Correlaciones significativas. N= 48.

Épocas	P	T	pH	C	PAR	<i>S. araucanus</i>
Otoño						
<i>S. amethystinus</i>	*-0.65 E	*0.47 L	0.16 L	0.37M	*0.76 M	*0.85 M
<i>S. araucanus</i>	*-0.47 E	*0.73 M	0.31 L	0.23 M	0.5 M	
Invierno						
<i>S. amethystinus</i>	*-0.53 E	0.2 L	0.18 L	0.10E	*0.5 L	0.34 E
<i>S. araucanus</i>	-0.13 L	0.22 L	*0.4 L	-0.07 L	-0.17 E	
Primavera						
<i>S. amethystinus</i>	*-0.52 E	*0.75 M	*-0.41 M	-0.2L	*0.56 M	*0.83 M
<i>S. araucanus</i>	*-0.55 E	*0.77 E	*-0.33 L	-0.17 L	*0.50 M	
Verano						
<i>S. amethystinus</i>	*-0.67 E	*0.71 E	0.07 M	*0.47 L	-0.02 M	*0.69 M
<i>S. araucanus</i>	*-0.75 E	*0.80 E	0.2 M	*0.4 M	*0.52 M	

5.2 Abundancia y biomasa de rotíferos, ciliados y crustáceos

5.2.1 Abundancia de rotíferos: Durante el año de estudio las abundancias de rotíferos (0-40 m) fluctuaron entre 3.2 y 95 Ind L^{-1} . Las abundancias más altas se registraron en la época de verano y las más bajas en la época de invierno. La especie mas representativa de este grupo fue *Polyarthra vulgaris*, la cual presentó dos máximos anuales: a finales de febrero y abril, con 80 y 50 Ind L^{-1} , respectivamente. La segunda especie mas abundante de este grupo fue *Keratella cochlearis* la cual también presentó dos máximos anuales en los meses de septiembre y enero con abundancias cercanas a los 15 Ind L^{-1} . Otras especies tales como *Collotoca pelagica* y *Synchaeta*

sp. presentaron abundancias menores a 10 Ind L⁻¹, con las mas altas en verano y a principios de otoño. La especie menos abundante de este grupo fue *Colloteca pelagica*, cuya abundancia durante el año no sobrepaso los 3 Ind L⁻¹ (Fig. 10).

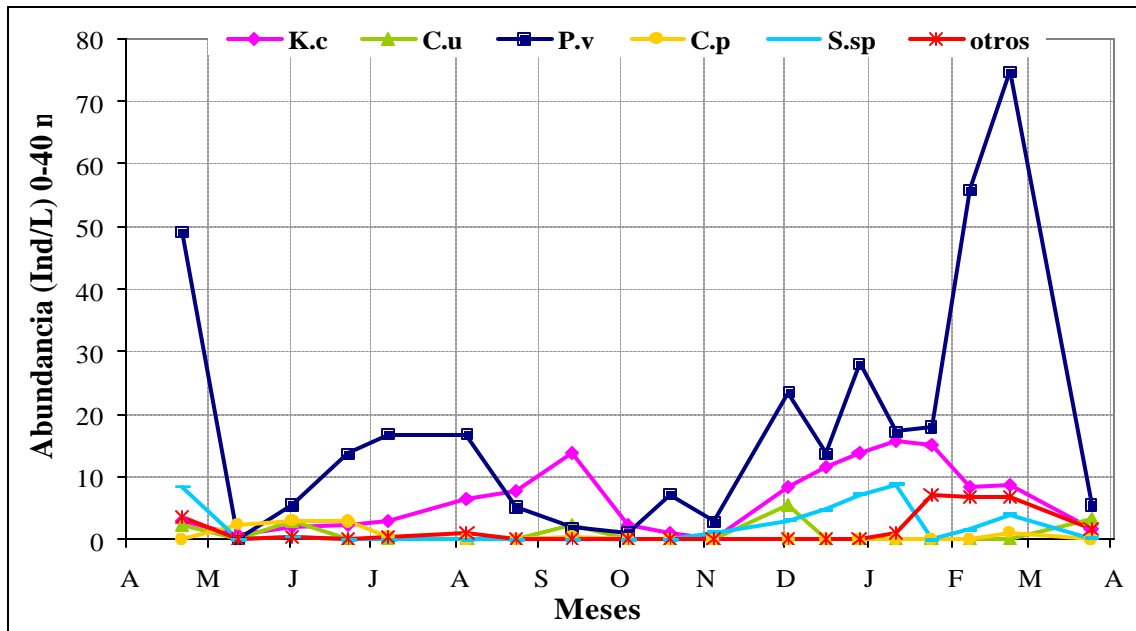


Figura 10: Abundancia de rotíferos (0-40 m) entre abril 2004 y marzo 2005 en el Lago Caburgua. Las siglas corresponden a: K.c, *Keratella cochlearis*; C.u, *Conochilus unicornis*; P.v, *Polyarthra vulgaris*; C.p, *Colloteca pelagica*; S.sp, *Synchaeta sp.*

5.2.2 Biomasa de rotíferos: La biomasa de rotíferos fluctuó entre los 0,02 y 2.0 $\mu\text{g C L}^{-1}$, cuyos mínimos y máximos se registraron en los meses de mayo y abril, respectivamente (Fig. 11). *P. vulgaris* fue la especie que mas contribuyo a la biomasa total de rotíferos, con un promedio anual de 0.17 $\mu\text{g C L}^{-1}$, presentando los máximos aportes en biomasa en la época de otoño donde alcanzó hasta un 96 %. Las otras especies fueron importantes en ciertos meses, de esta forma la especie *C. pelagica* fue importante en biomasa en mayo con un 80%. La segunda especie mas abundante del año *K. cochlearis* fue importante en el aporte de biomasa en septiembre con un 60 %. A finales de primavera y a principios de verano *Synchaeta sp.* presentó porcentajes en

biomasa que fluctuaron entre 40 y 50 %. Por otro lado *C. unicornis* resulto ser la especie menos representativa en el aporte de biomasa ya que su máxima de 15 % solo lo alcanzó a finales de marzo (Fig. 11).

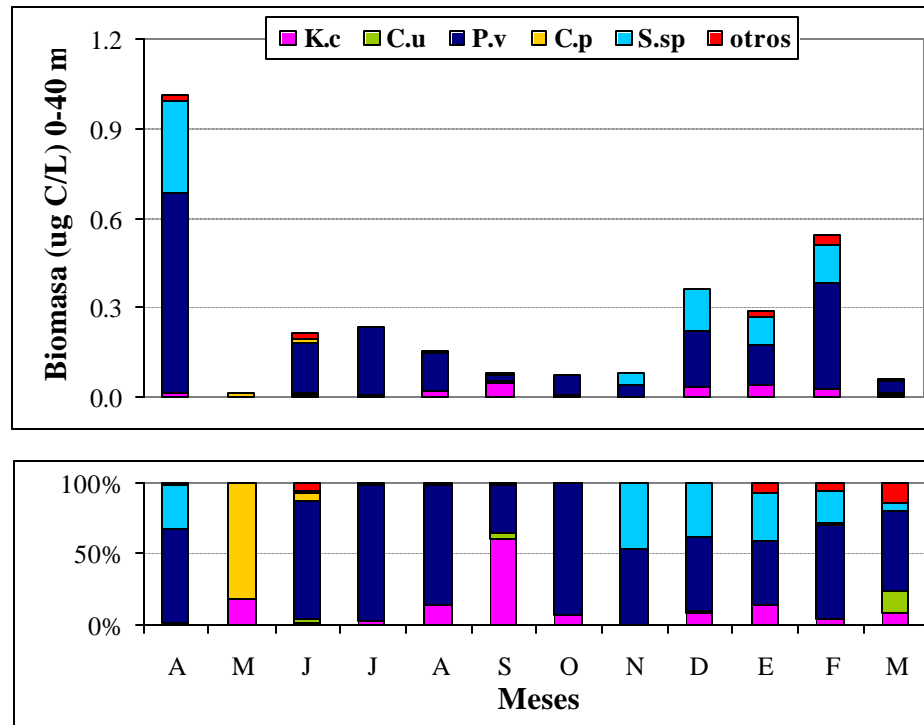


Figura 15: Biomasa ($\mu\text{g C L}^{-1}$) de rotíferos (0-40 m) entre abril de 2004 y marzo de 2005 en el Lago Caburgua. Las siglas corresponden a: K.c: *Keratella cochlearis*, C.u: *Conochilus unicornis*, P.v: *Poliathra vulgaris*, C.p: *Collotoca pelagica*, S.sp: *Synchaeta sp.*

5.2.3 Abundancia de crustáceos: Durante el año de estudio la abundancia de crustáceos (0-40 m) fluctuó entre 0.4 y 26 Ind L^{-1} . Las abundancias más altas se registraron en la época de verano y las más bajas en primavera. Las especies de cladóceros *Eubosmina hagmanni* y *Cerodaphnia dubia* fueron las mas representativas en abundancia. Ambas especies alcanzaron sus máximas abundancias a finales de marzo con un máximo de 15.8 y 8 Ind L^{-1} , respectivamente. En los meses siguientes *C. dubia* presentó abundancias menores a 1 Ind L^{-1} , mientras que *E. hagmanni*

presentó otros máximos, siendo importante el de mediados de septiembre con 8.2 Ind L⁻¹. Dentro de este grupo también fue posible observar individuos de *Scapholebris spinifera*, pero fueron escasamente vistos. La abundancia de copépodos fue menor a 5 Ind L⁻¹. El grupo de las nauplius de copépodos fue el más abundante, con un máximo de 4.6 Ind L⁻¹ a principios de agosto. Las abundancias de juveniles (copepoditos) y adultos de copépodos calanoídeos fueron menores a 1 Ind L⁻¹. Los copepoditos fueron más abundantes en marzo y abril (0.7 y 0.8 Ind L⁻¹). Los adultos de la especie *Diaptomus diabolicus*, presentaron la abundancia más alta de 0.1 Ind L⁻¹ en mayo y los adultos de la especie *Boeckella gracilipes* fueron más abundantes en junio y julio (0.9 y 0.6 Ind L⁻¹, respectivamente). Los copépodos cyclopoídeos fueron los menos abundantes ya que su abundancia más alta fue de 0.4 Ind L⁻¹ (junio) (Fig. 12).

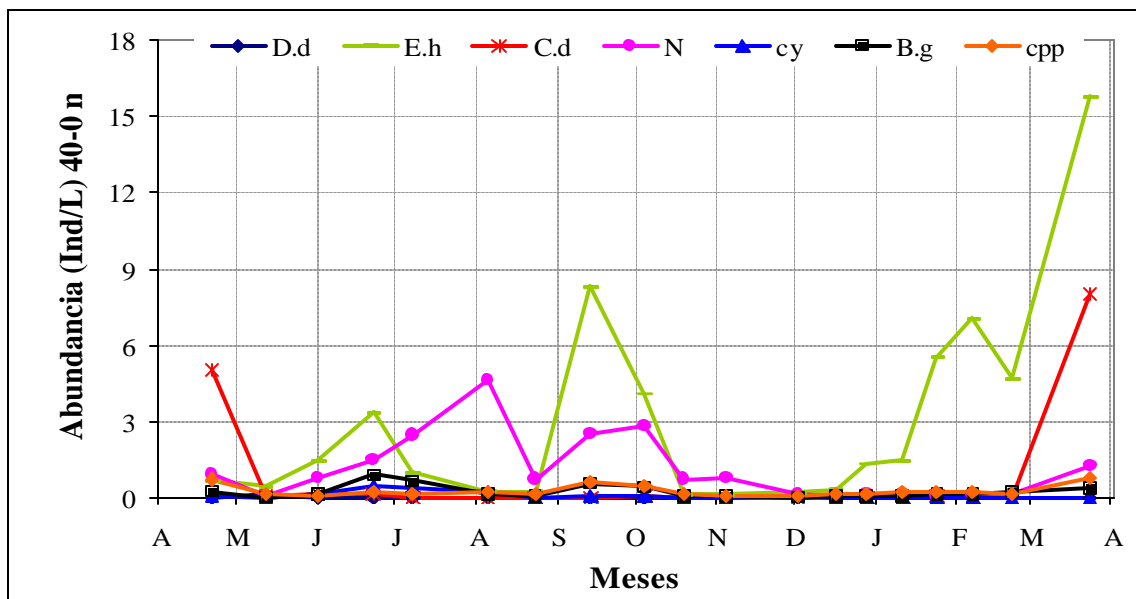


Figura 12: Abundancia (Ind L⁻¹) (0-40m) entre abril 2004 y marzo 2005 en el Lago Caburgua. Las siglas corresponden a: D.d: *Diaptomus diabolicus*, E.h: *Eubosmina hagmanni*, C.d: *Ceriodaphnia dubia*, N: naupius, cy: cyclopoídeos, B.g: *Boeckella gracilipes*, cpp: copepoditos.

5.2.4 Biomasa de crustáceos: la biomasa de crustáceos (0-40 m) fluctuó entre 0.5 y

18.2 $\mu\text{g C L}^{-1}$. Las abundancias más altas se registraron en la época de verano y las más bajas en primavera. Los cladóceros fueron el grupo más representativo en abundancia y biomasa. La contribución de *E. hagmanni* en verano fluctuó entre 56 y 88 %. *C. dubia* fue importante en abril con una biomasa equivalente al 75 % en relación a los demás crustáceos. Los copépodos calanoídeos (*D. diabolicus*, *B. gracilipes* y copepoditos) presentaron un aporte importante entre mayo y junio con un máximo de 64 %. En agosto la biomasa total de crustáceos fue de 1 $\mu\text{g C L}^{-1}$, y estuvo representado en un 63 % por las nauplius. Durante el año los copépodos cyclopoídeos contribuyeron con menos del 5 % a la biomasa total de crustáceos (Fig. 13).

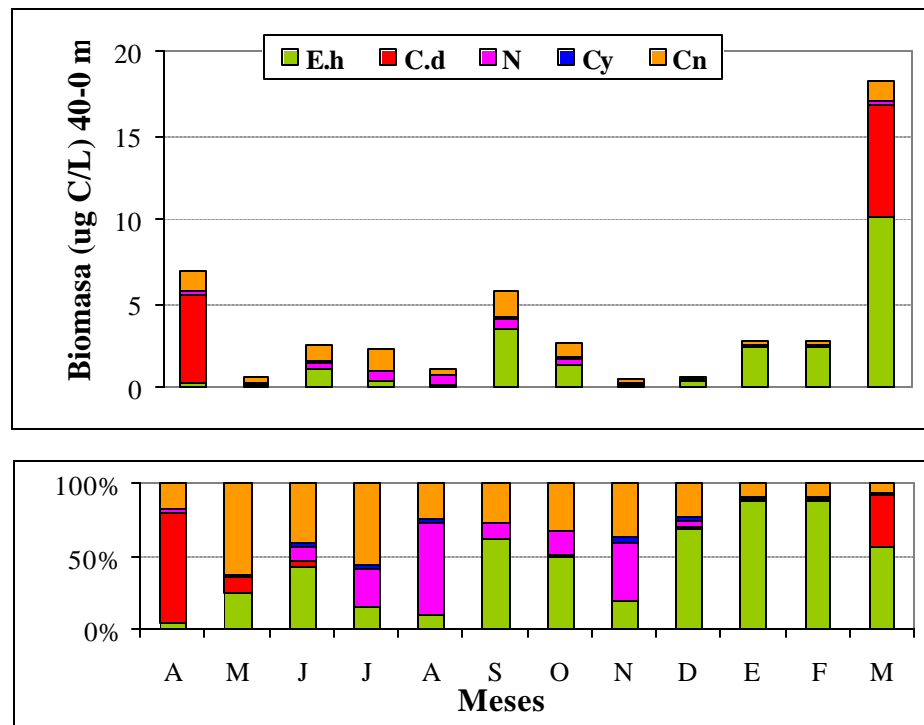


Figura 13: Biomasa ($\mu\text{g C L}^{-1}$) de crustáceos (40-0 m), entre abril de 2004 y marzo de 2005 en el Lago Caburgua. Las siglas corresponden a: E.h: *Eubosmina hagmanni*, C.d: *Ceriodaphnia dubia*, N: nauplius, cy: copépodos cyclopoídeos, Cn: copépodos calanoídeos.

5.3 Contribución de *Stentor* a la abundancia y biomasa total zooplanctónica

Abundancia: Durante el año de estudio los ciliados fueron el grupo más abundante en relación al total de la abundancia zooplanctónica (incluyendo a crustáceos, rotíferos y ciliados). La contribución de *Stentor* fluctuó entre 4 y 49%, con un promedio anual de 22%, la contribución más importante la realizó en la época de otoño y el más bajo en invierno.

En abril de 2004 las abundancias de ambas especies de *Stentor* (40 Ind L⁻¹) estuvieron por debajo de las abundancias de rotíferos (60 Ind L⁻¹) y ciliados (150 Ind L⁻¹). A mediados de mayo *Stentor* presentó la abundancia promedio más alta del año con 135 Ind L⁻¹, lo que correspondió a un 49 % de la abundancia total. En los meses de junio y julio, los ciliados y específicamente *Stentor* bajan sus abundancias a menos de 15 Ind L⁻¹ y las abundancias de rotíferos aumentan a cerca de 20 Ind L⁻¹. A finales de agosto cuando las poblaciones de *Stentor* y rotíferos se mantienen en bajas densidades, los ciliados aumentan su abundancia a 120 Ind L⁻¹ para luego declinar drásticamente a menos de 20 Ind L⁻¹ a mediados de septiembre.

En primavera se observa un incremento de los tres grupos planctónicos, en primera instancia aumentan las poblaciones de ciliados y luego le siguen la de *Stentor* y rotíferos, cuyos dos últimos grupos alcanzan una abundancia de 75-50 Ind L⁻¹, respectivamente, a finales de diciembre y un máximo de 165 Ind L⁻¹ alcanzado por ciliados a principios de enero (abundancia que correspondió a la más alta del año para este grupo). A finales de este mes se observa un declive en las densidades de los tres grupos, las cuales vuelven a incrementarse en febrero con 162 Ind L⁻¹ para ciliados, 95 Ind L⁻¹ para rotíferos y 72 Ind L⁻¹ para *Stentor*. A finales de marzo *Stentor* y demás ciliados presentan un pequeño descenso en 3 a 4 Ind L⁻¹ en sus abundancias, mientras que la población de rotíferos sufre un descenso drástico en 83 Ind L⁻¹. Los crustáceos

por su parte se mantuvieron todo el año con abundancias menores a 10 Ind L⁻¹, a excepción de septiembre y marzo donde presentaron un máximo de 12 y 26 Ind L⁻¹, respectivamente (Fig. 14).

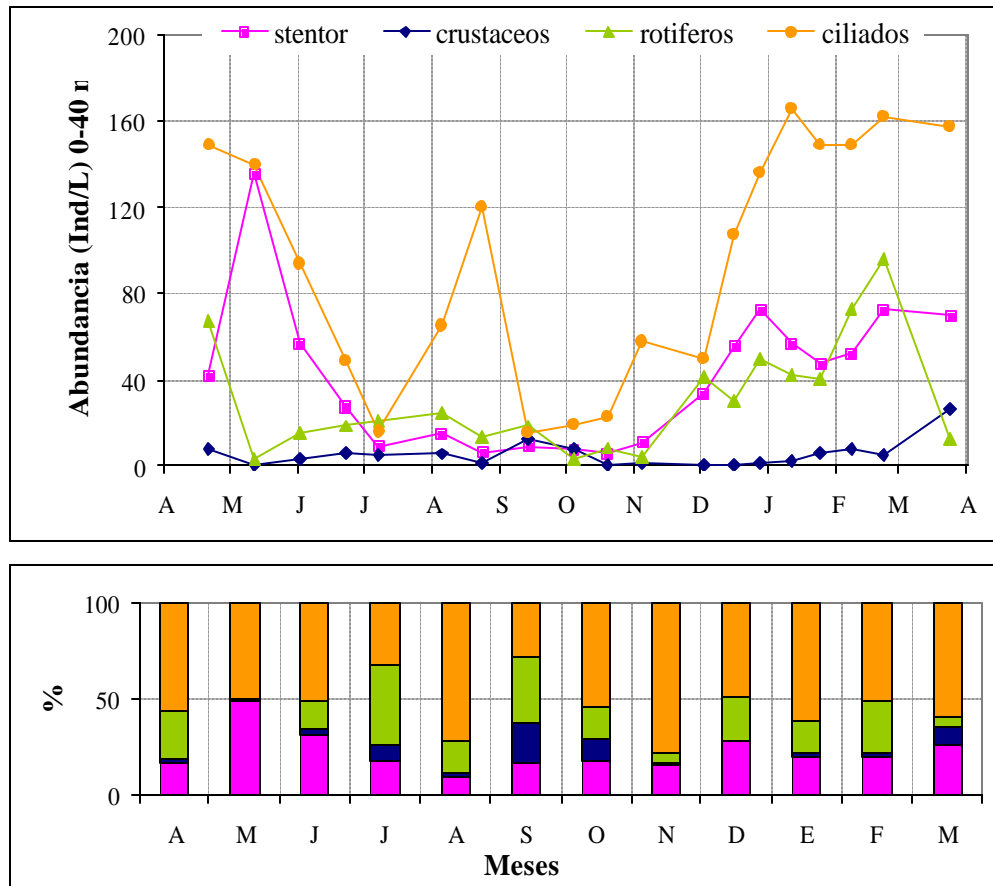


Figura 14: Abundancia promedio (Ind L⁻¹) (%) entre 0-40 m de profundidad de los grupos zooplanctónicos: crustáceos, rotíferos y ciliados, presentes en el Lago Caburgua durante los meses de abril 2004 y marzo 2005.

Biomasa: Durante el año la biomasa total zooplanctónica (incluyendo a *Stentor*, crustáceos, rotíferos y ciliados) fluctuó entre 2.3 y 25.4 $\mu\text{g C L}^{-1}$. Los valores más altos se registraron en verano y a principios de otoño, con un máximo anual de 25 $\mu\text{g C L}^{-1}$, registrado a finales de marzo. Los valores más bajos se presentaron en invierno y a mediados de primavera, con un mínimo de 2.3 $\mu\text{g C L}^{-1}$ en agosto. Las poblaciones de *Stentor* y crustáceos fueron los más

representativos en la contribución a la biomasa total zooplanctónica, con un promedio anual de 51 y 43.9%, respectivamente. En otoño y verano se registraron aportes de *Stentor* al 50 % al total de la biomasa zooplanctónica (Fig. 15).

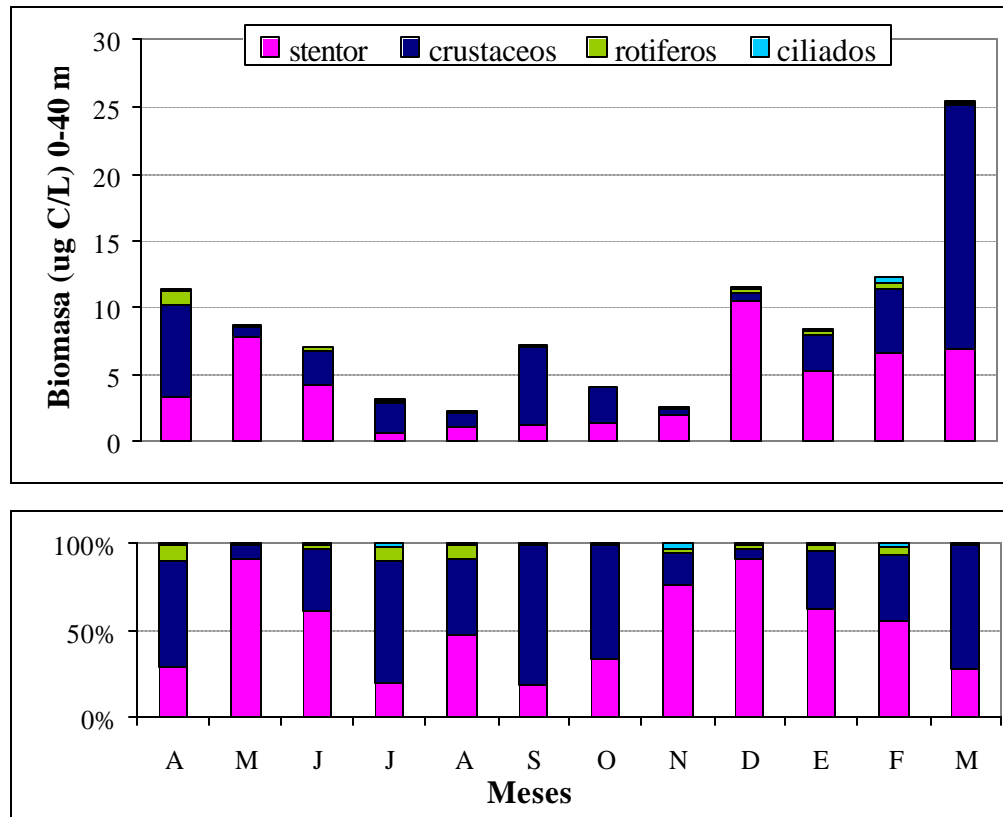


Figura 15: Biomasa total zooplanctónica ($\mu\text{g C L}^{-1}$) *Stentor*, crustáceos, rotíferos y ciliados, entre abril 2004 y marzo 2005: en el Lago Caburgua.

La biomasa total zooplanctónica declinó gradualmente entre abril y agosto de 2004, desde 11.4 a $2.3 \mu\text{g C L}^{-1}$. En estos meses la contribución en biomasa de *Stentor* fluctuó entre 20.2 y 96 %, con el máximo en mayo. En septiembre la biomasa total incrementó a $7.1 \mu\text{g C L}^{-1}$, *Stentor* contribuyó con un 18.5 % y crustáceos con un 80.4 % (máximo anual). La biomasa total declinó hasta principios de noviembre ($2.6 \mu\text{g C L}^{-1}$), el aporte de *Stentor* en este mes fue de 75.7 %. En diciembre se registró una biomasa total de $11.6 \mu\text{g C L}^{-1}$, *Stentor* presentó su máximo aporte

anual con un 90.7 %. En enero y febrero la biomasa total fue de 8.4 y 12.3 $\mu\text{g C L}^{-1}$, lo que correspondió a una contribución de *Stentor* del 62.5 y 54.8 %, respectivamente. En marzo se registró la máxima biomasa total zooplanctónica (25.4 $\mu\text{g C L}^{-1}$), crustáceos contribuyeron con un 71.5 % y *Stentor* con un 27.5 %. Durante el año de estudio los rotíferos y ciliados presentaron una baja contribución al total de la biomasa zooplanctónica, cuyos valores fueron menores a 9 y 3.6 %, respectivamente.

La biomasa de *Stentor* no presentó una correlación significativa con los grupos planctónicos presentados anteriormente. Sin embargo, se encontró una correlación negativa significativa con la biomasa de nauplius ($r = -0.65$). Además, presentó una correlación significativa positiva con la temperatura ($r = 0.8$) y negativa con la conductividad ($r = -0.69$) (Tabla 8).

Tabla 6: Correlaciones entre la biomasa de *Stentor* y los parámetros físicos, químicos y biológicos, registrados en el Lago Caburgua, entre abril de 2004 y marzo 2005. Las siglas corresponden al mejor modelo escogido donde: E: exponencial; L: lineal y M: multiplicativo. * Indica que la correlación es significativa. N= 19.

Promedios mensuales	<i>Stentor</i> ($\mu\text{g C L}^{-1}$)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	* 0.8 M
Conductividad ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	* -0.69 L
PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{S}^{-1}$)	0.53 L
Transparencia (m)	0.55 L
pH	-0.22 L
Fosfato soluble ($\mu\text{g L}^{-1}$)	-0.05 M
Nitrato ($\mu\text{g L}^{-1}$)	-0.32 E

Promedios mensuales	<i>Stentor</i> ($\mu\text{g C L}^{-1}$)
Amonio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	-0.16 E
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	-0.26 M
Crustáceos ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	0.08 E
Nauplius ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	* -0.65 M
Rotíferos ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	0.32 M
Ciliados ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	0.15 E

5.4 Factores físicos y químicos

Temperatura: Durante el año la temperatura presentó una oscilación superficial entre los 10 y 23 °C, con el mínimo y máximo registrado en los meses de agosto y febrero, respectivamente, y con un promedio anual de 15 °C. La homotermia en el agua se formó en el mes de mayo (15 °C) y se mantuvo hasta finales de invierno con temperaturas cercanas a los 10 °C. La estratificación térmica se observó entre los meses de octubre y abril. Esta en verano fue muy marcada, con temperaturas que fluctuaron entre los 23 y 10 °C entre la superficie del agua y los 40 m de profundidad (febrero). En los meses de enero y febrero se presentaron las temperaturas superficiales más altas del año con 21 y 23 °C, respectivamente. La termoclina en estos meses se presentó entre los 7.5 y 10 m de profundidad (Fig. 16).

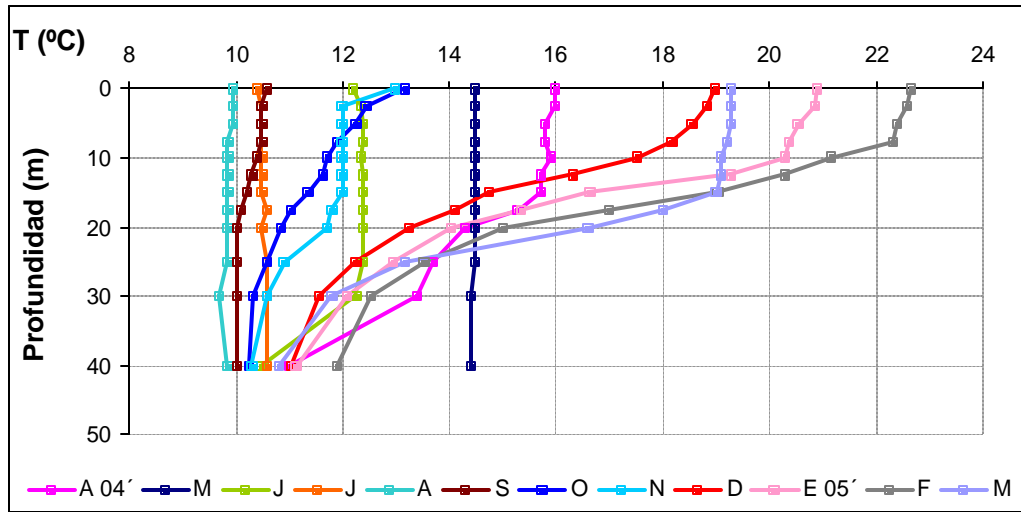


Figura 16: Perfil térmico (0-40 m) entre abril de 2004 y marzo 2005, en el Lago Caburgua.

Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

Durante el año de estudio los valores mas bajos de PAR se registraron en las épocas de otoño-invierno ($< 155 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a excepción de mayo donde se registró un PAR de $633 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$, con una zona eufótica que alcanzó los 20 m. Los valores mas altos de PAR se registraron en la época de primavera-verano ($> 1000 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$), con un máximo promedio de $1250 (\pm 487) \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en diciembre y $1223 (\pm 424) \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en enero (Fig. 17).

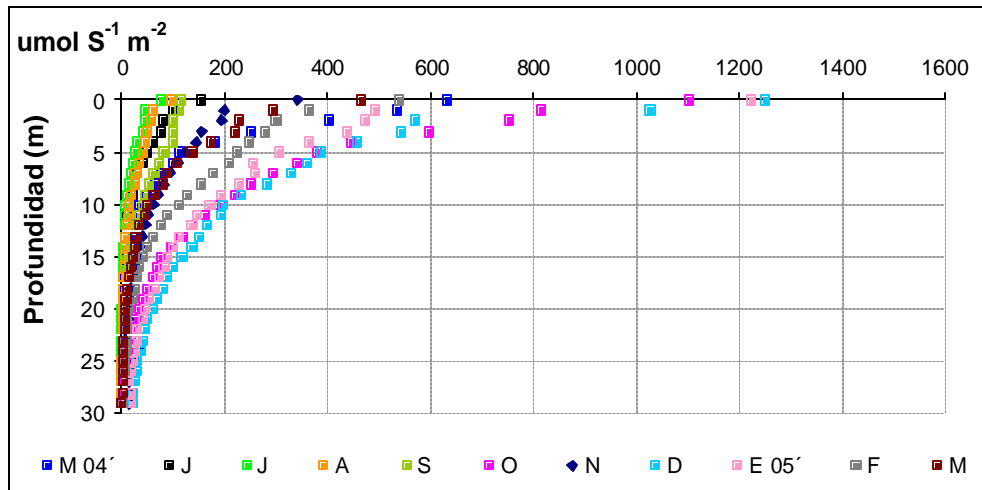


Figura 17: PAR ($\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (0-30 m) entre abril de 2004 y marzo de 2005, en el Lago Caburgua.

Transparencia: La transparencia del agua medida con el disco Secchi fluctuó entre los 14 y 22 m de profundidad, con el mínimo y máximo registrado en los meses de julio y diciembre, respectivamente, con un promedio anual de 19.5 m. El disco Secchi presentó los valores más bajos del año en la época de otoño-invierno (14-19 m), y los más altos en la época de verano (19.5-23 m) (Fig. 18).

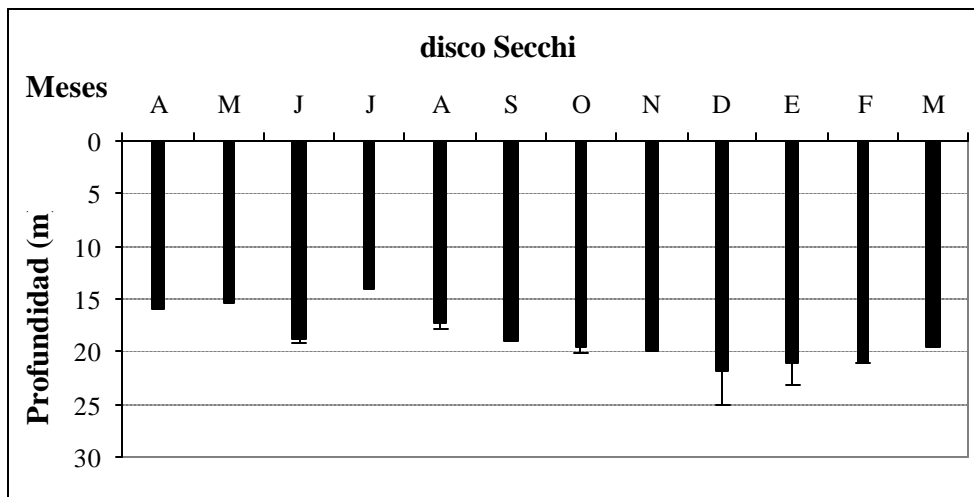


Figura 18: Transparencia del agua medida con el disco Secchi (m) entre los meses de abril de 2004 y marzo 2005, en el Lago Caburgua. La D.S. se muestra en aquellos meses donde se realizaron 2 y 3 muestreos.

Conductividad: Durante el año de estudio la conductividad (0 y 40 m) presentó un promedio anual de $25.5 (\pm 3.9) \mu\text{S cm}^{-1}$. Los valores más altos se registraron en las épocas de otoño-invierno, con un máximo de $32.7 (\pm 1.2) \mu\text{S cm}^{-1}$ en julio. Entre octubre y marzo la conductividad fluctuó entre $22.8 (\pm 1.6)$ y $29 (\pm 0.9) \mu\text{S cm}^{-1}$, con el mínimo y máximo registrado a mediados de diciembre y a principios de noviembre, respectivamente. Con la excepción a principios de diciembre donde la conductividad presentó un valor promedio de $16.6 (\pm 0.7) \mu\text{S cm}^{-1}$ (Tabla 7).

pH: Durante el año de estudio el pH (0-40 m) presentó un promedio anual de $7.5 (\pm 0.2)$. Durante el otoño e invierno, el pH fluctuó entre 7.2 y 7.5. En primavera y verano el pH fluctuó entre 7.5 y 7.8, a excepción de finales de marzo donde el pH bajo a 7.3 (Tabla 7)

Nutrientes: Las abundancias de nutrientes fluctuaron a lo largo de todo el año. Las abundancias de fósforo soluble estuvieron por debajo de los $5 \mu\text{g L}^{-1}$ y las de amonio y nitrato fueron menores a $7 \mu\text{g L}^{-1}$ (Tabla 7).

Clorofila *a*: La clorofila *a* presentó un promedio anual de $1.1 (\pm 0.6) \mu\text{g L}^{-1}$. En otoño e invierno la clorofila *a* fluctuó entre 1.1 y $1.5 \mu\text{g L}^{-1}$, a excepción de mayo y julio donde se registró una abundancia de 2.3 y $0.9 \mu\text{g L}^{-1}$. A principios de octubre se presenta la máxima abundancia anual de $2.5 \mu\text{g L}^{-1}$. Hasta finales de febrero la abundancia de clorofila *a* se mantuvo por debajo de $1.1 \mu\text{g L}^{-1}$, donde incrementó a $1.3 \mu\text{g L}^{-1}$ a finales de marzo (Tabla 7).

Tabla 7: Promedio-D.S. de C= conductividad ($\mu\text{S cm}^{-1}$) y pH de los intervalos entre 0-40 m de profundidad. SRP= Abundancias de fosfato soluble, NH_3 = amonio, NO_3 = nitrato y clorofila *a* ($\mu\text{g L}^{-1}$) correspondientes a la muestra integrada 0-40 m. Valores registrados entre abril de 2004 y marzo 2005 en el Lago Caburgua. – Datos no disponibles. * No se consideraron estas abundancias en los análisis estadísticos.

Fecha	Cond. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	SRP ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NH_3 ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NO_3 ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Chl <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)
21-04-04	-	7.4 ± 0.1	5.0	1.6	2.0	1.2
12-05-04	26.3 ± 0.5	7.4 ± 0.01	14.2 *	14.8 *	6.8	2.3
01-06-04	23.6 ± 0.5	7.4 ± 0.1	12.2 *	0	8.0	1.5
22-06-04	-		3.3	0	5.0	1.1
07-07-04	32.7 ± 1.2	7.3 ± 0.1	4.0	3.4	12.5 *	0.9
05-08-04	30.3 ± 0.5	7.3 ± 0.04	3.5	5.1	4	1.5
23-08-04	29.3 ± 0.4	7.2 ± 0.03	1.0	5.8	7.0	1.5
13-09-04	27.9 ± 0.7	7.5 ± 0.1	10.5 *	1.7	1.5	1.5
04-10-04	26.3 ± 2.5	7.8 ± 0.02	2.7	45.8 *	10.5 *	2.5
19-10-04	24.2 ± 0.7	7.7 ± 0.2	4.0	0	9	1.0
04-11-04	29 ± 0.9	7.6 ± 0.1	-	-	-	0.4
02-12-04	16.6 ± 0.7	7.5 ± 0.2	1.8	6.6	-	0.4
16-12-04	22.8 ± 1.6		2.3	0.005	-	1.1
28-12-04	23 ± 0.4	7.6 ± 0.2	-	-	5.0	0.6
11-01-05	24.5 ± 0.7	7.5 ± 0.1	2.3	6.2	4.5	0.8
24-01-05	24.7 ± 0.7	7.7 ± 0.2	0.1	3.1	7.0	0.6
07-02-05	24.3 ± 0.9	7.8 ± 0.2	0.8	3.9	7.5	0.6
22-02-05	24.1 ± 1.7	7.8 ± 0.1	4.3	1.6	4.0	1.1
24-03-05	$25.7 \pm .4$	7.3 ± 0.1	1.7	2.3	5.0	1.3

Abundancia promedio (0-40 m) de *Stentor* en relación a los parámetros físicos, químicos y biológicos

Durante el año de estudio, la abundancia promedio (0-40 m) de *S. araucanus* y *S. amethystinus*, no se correlacionó en forma significativa con los parámetros fisicoquímicos presentados en la Tabla 8. Con los parámetros biológicos se encontró una correlación significativa con el grupo de los ciliados ($r = 0.77$ y 0.59 , respectivamente), y con la especie de ciliado mixotrófico *Ophridium naumanni* (0.7 y 0.64 , respectivamente). Sólo *S. araucanus* se correlacionó significativamente con el grupo de los rotíferos ($r = 0.79$) (Tabla 8).

Tabla 8: Correlaciones entre las abundancias promedios (Ind L⁻¹) (0-40) de *S. amethystinus* y *S. araucanus* con los valores de cada muestreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos, registrados en el Lago Caburgua, entre abril de 2004 y marzo 2005. Las siglas corresponden al mejor modelo escogido donde: E: exponencial; L: lineal y M: multiplicativo. * Indica que la correlación es significativa. N= 19.

Promedios mensuales	<i>S. araucanus</i>	<i>S. amethystinus</i>
Transparencia (m)	0.32 E	0.31 L
pH	-0.01 L	-0.3 M
Fosfato soluble (µg L ⁻¹)	0.32 L	0.47 L
Nitrato (µg L ⁻¹)	-0.29 E	-0.31 E
Amonio (µg L ⁻¹)	-0.2 E	-0.19 E
Clorofila <i>a</i> (µg L ⁻¹)	0.45 M	0.11 L
Crustáceos (Ind L ⁻¹).	-0.16 M	-0.29 M
Rotíferos (Ind L ⁻¹)	*0.79 L	0.4 E
Ciliados (Ind L ⁻¹)	*0.77 E	* 0.59 M
<i>O. naumanni</i> (Ind L ⁻¹)	*0.7 M	* 0.64 M

La temperatura fue el parámetro que influyó en forma significativa durante el año en la abundancia de *Stentor*, lo que se ve reflejado en su distribución vertical. Al considerar todas las abundancias de ambas especies de *Stentor* desde los 0 a 40 m registradas durante el año de estudio y relacionarlas con la profundidad, se observa que *Stentor* se concentró sobre los 20 m (Fig. 18). Abundancias superiores a 200 Ind L⁻¹, *Stentor* las registró entre los 2.5 y 20 m, a excepción del mes de diciembre donde *S. amethystinus* presentó su máxima abundancia en la superficie y entre los 18 y 22 °C (Fig. 19).

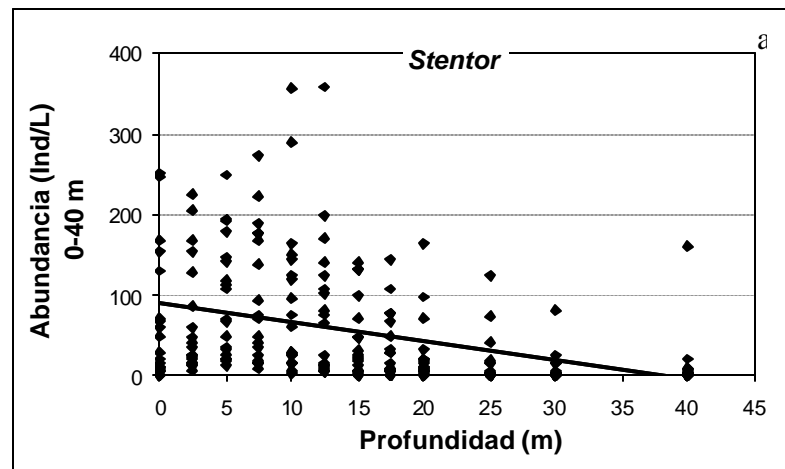


Figura 19: *Stentor* en relación a la profundidad (m), entre abril de 2004 y marzo 2005 en el Lago Caburgua.

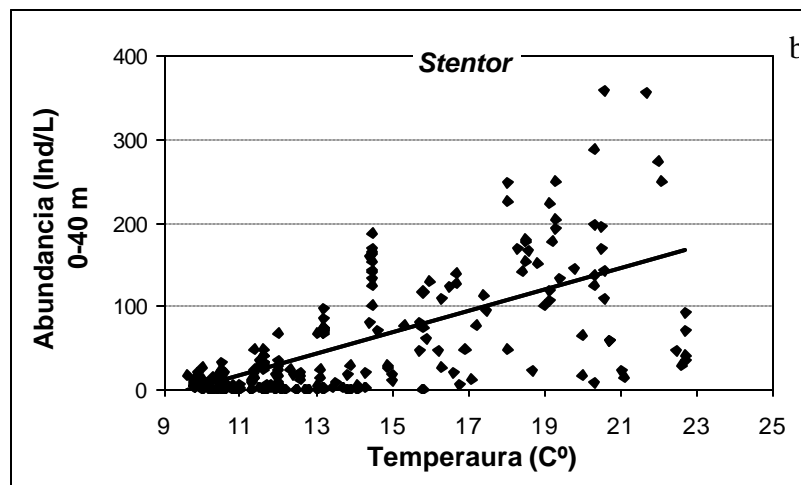


Figura 20: *Stentor* en relación a la temperatura (°C), entre abril de 2004 y marzo 2005 en el Lago Caburgua.

5.5 Dinámica poblacional de *Stentor* en el Lago Colico

5.5.1 Abundancia

Durante el año de estudio la especie *S. amethystinus* presentó una dominancia por sobre la especie *S. araucanus* (Fig. 21). *S. amethystinus* estuvo presente durante todo el año. Al igual que en el Lago Caburgua esta especie presentó la máxima a mediados de mayo con una abundancia promedio de 127 Ind L⁻¹, esta abundancia declinó a 50 Ind L⁻¹ a principios de junio y a 2 Ind L⁻¹ a principios de agosto (mínimo anual). En septiembre la abundancia de *S. amethystinus* incrementó a 41 Ind L⁻¹, para luego decaer a 4 Ind L⁻¹ a principios de noviembre. En diciembre se observa un nuevo incremento en la población de esta especie con un máximo de 40 Ind L⁻¹ a finales de este mes. Entre principios de enero y finales de marzo, las abundancias de *S. amethystinus* se mantuvieron entre los 33 y 47 Ind L⁻¹.

S. araucanus se mantuvo durante todo el año con abundancias < 1 Ind L⁻¹, con un pequeño incremento en verano, donde alcanzó 8 Ind L⁻¹ a finales de marzo (Fig. 29). Ambas especies se correlacionaron en forma significativa durante todo el año (Tabla 11).

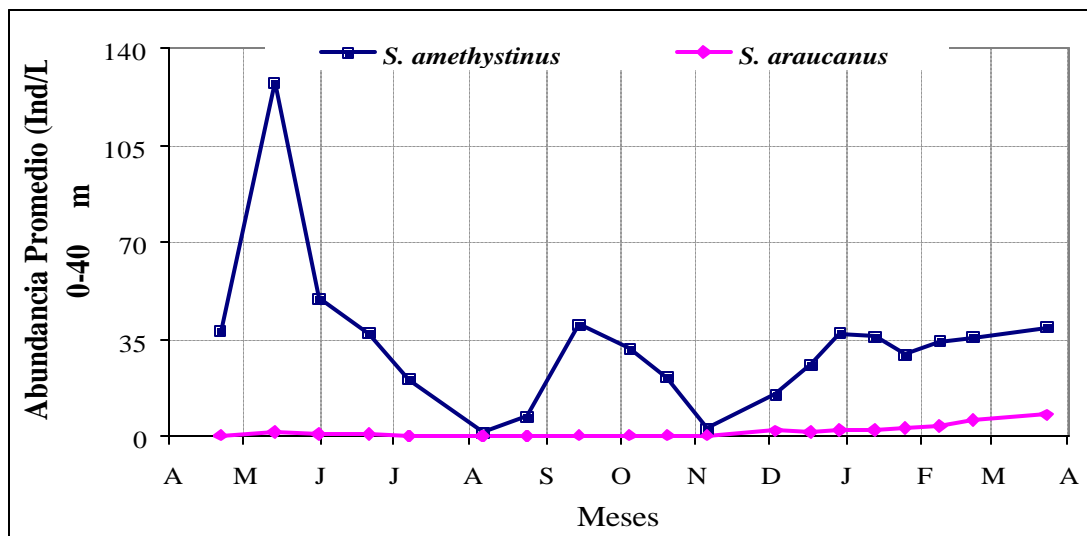


Figura 21: Abundancia promedio (geométrico) (0-40 m) de *S. amethystinus* y *S. araucanus* en el Lago Colico, durante los meses de abril de 2004 y marzo 2005.

5.5.2 Biomasa

Volumen de *Stentor*: El volumen de *Stentor* presentó un promedio anual $7.45 \times 10^5 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$ (± 2.928). El valor mas bajo se registró en abril con $2.32 \times 10^5 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$ y el mas alto en junio con $11.58 \times 10^5 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$. Entre julio y marzo el volumen de *Stentor* fluctuó entre 9.6 y $6.3 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$. El peso seco de *Stentor* presentó un promedio anual de $0.11 \mu\text{g C Ind}^{-1}$. El mínimo fue de $0.04 \mu\text{g C Ind}^{-1}$ y el máximo de $0.17 \mu\text{g C Ind}^{-1}$. Entre abril y marzo el peso seco fluctuó entre 0.10 y $0.15 \mu\text{g C}$ (Tabla 8).

Tabla 8: Muestra el peso seco ($\mu\text{g C Ind}^{-1}$) y volumen ($\mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$) de *Stentor* en el Lago Colico, entre abril 2004 y marzo 2005.

Fecha	Peso seco ($\mu\text{g C Ind}^{-1}$) Promedio - DS	Volumen ($\times 10^5 \mu\text{m}^3 \text{Ind}^{-1}$)	N
21-04-04	0,04	2,329	1
23-06-04	0,17 – 0,06	11,587	10
07-07-04	0,15 – 0,07	9,635	4
14-09-04	0,10 – 0,07	6,679	23
12-01-05	0,13 – 0,06	8,583	5
22-02-05	0,10	6,300	1
23-03-05	0,11 – 0,05	7,078	5
Promedio \pm D.S.	$0,11 \pm 0,04$	$7,456 \pm 2,928$	

Durante el año la biomasa de *Stentor* fluctuó entre 0.4 y $9.1 \mu\text{g C L}^{-1}$, con un promedio anual de $3.8 (\pm 2.3) \mu\text{g C L}^{-1}$. Los valores mas altos se registraron en otoño, con el máximo a mediados de mayo. Los valores mas bajos se registraron en invierno-primavera, con el mínimo en agosto y

noviembre (0.6 y 0.4 $\mu\text{g C L}^{-1}$). En verano la biomasa incrementó desde 3.2 $\mu\text{g C L}^{-1}$ (diciembre) a 5.1 $\mu\text{g C L}^{-1}$ a finales de marzo (Fig. 22).

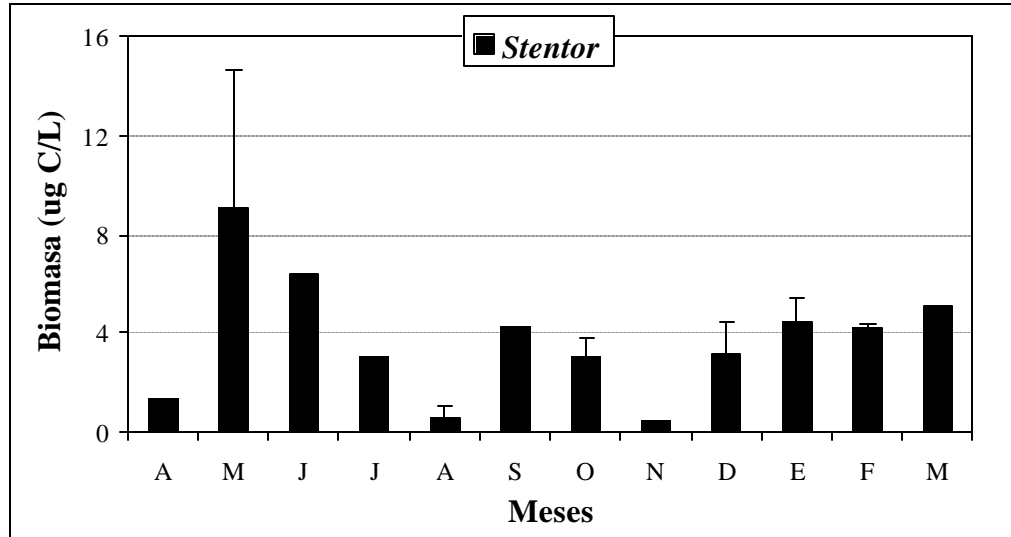


Figura 22: Biomasa de *Stentor* ($\mu\text{g C L}^{-1}$) en el Lago Colico, entre abril de 2004 y marzo 2005. La D.S. se muestra en aquellos meses donde realizaron 2 a 3 mediciones.

5.5.3 Distribución vertical estacional de *Stentor* en la columna de agua

Otoño: a comienzos de otoño aun se mantiene la estratificación térmica (16 °C en la superficie y 12 °C a los 40 m), *S. amethystinus* presentó altas abundancias (100-120 Ind L^{-1}) entre 0 y 7.5 m con un PAR que fluctuó entre los 730 a 110 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Fig. 22b). En mayo la homotermia fue cercana a los 13.5 °C, y el PAR en la superficie fue de 858 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. *S. amethystinus* se distribuyó hasta los 40 m de profundidad, con un máximo (128 Ind L^{-1}) a los 5 m de profundidad (PAR= 160 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), en los siguientes metros las abundancias fluctuaron entre 90 y 70 Ind L^{-1} . En junio la homotermia se mantuvo en 12 °C y el PAR alcanzó los 77 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. *S. amethystinus* se distribuyó hasta los 40 m con un máximo a los 15 m (83 Ind L^{-1}) cuando el PAR = 8.7 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A lo largo de todo el otoño *S.*

araucanus no superó los 5 Ind L⁻¹ (Fig. 22a). *S. amethystinus* presentó una correlación negativa significativa con la profundidad ($r= 0.4$). *S. araucanus* no se correlacionó en forma significativa con ninguno de los parámetros físicos, químicos y biológicos (Tabla 9).

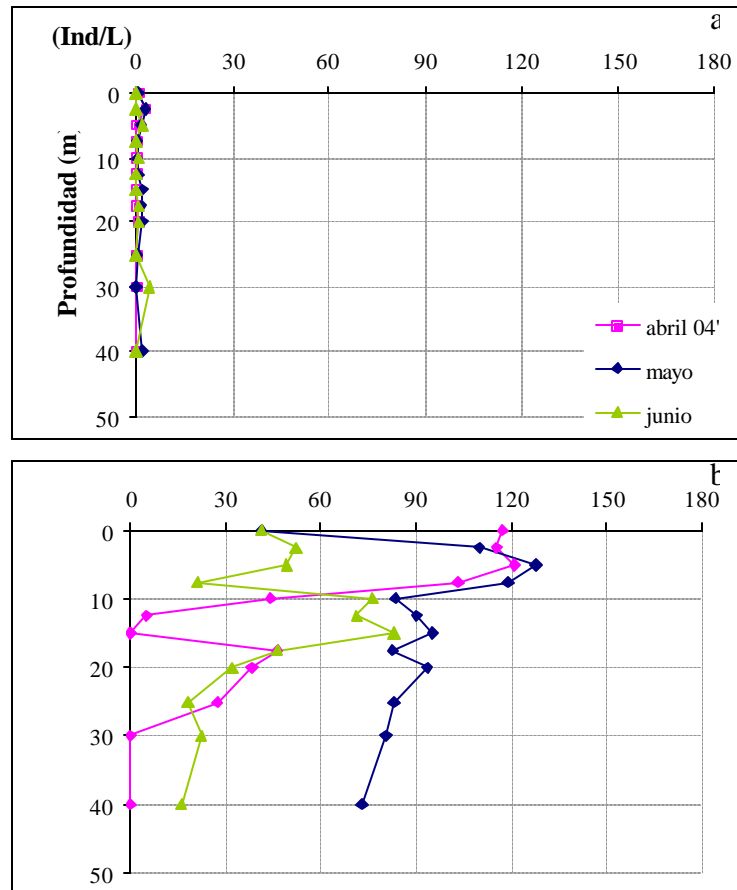


Figura 22: Distribución vertical (0-40 m) de *S. araucanus* y *S. amethystinus* en la época de otoño de 2004 en el Lago Colico.

Invierno: En julio la homotermia fue cercana a los 11 °C y el PAR en la superficie fue de 700 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$. *S. amethystinus* se distribuyó hasta los 40 m, con un máximo de 54 Ind L⁻¹ a los 2.5 m (PAR= 433 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Fig. 23b). En agosto se registró la temperatura mas bajas del año (10 °C). Ambas especies presentaron las mínimas abundancias anuales, *S. araucanus* (0 Ind L⁻¹) y < de 10 Ind L⁻¹ para *S. amethystinus*. En septiembre la temperatura

incrementó en un grado, y el PAR en la superficie fue de $1054 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$. *S. amethystinus* presentó una abundancia de 175 Ind L^{-1} a los 2,5 m ($\text{PAR}= 650 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$). *S. araucanus* por su parte sólo alcanzó abundancias de 3 Ind L^{-1} (Fig. 23a). *S. amethystinus* se correlacionó en forma significativa con la profundidad (-0.82), la temperatura (0.68) y el PAR (0.62). *S. araucanus* también se correlacionó significativamente con estos parámetros con un $r= -0.6$, 0.77 y 0.4, respectivamente, y además con el pH ($r -0.38$) (Tabla 9).

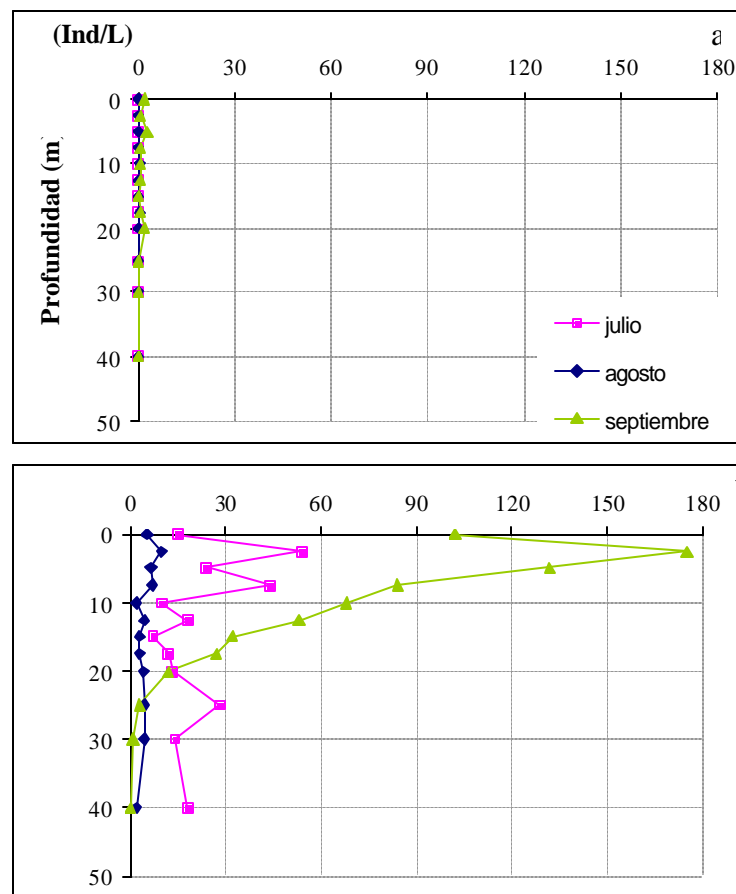


Figura 23: Distribución vertical (0-40 m) de *S. araucanus* en la época de invierno de 2004 en el Lago Colico.

Primavera

Junto a la estratificación térmica *S. amethystinus* tendió a concentrarse por sobre los 20 m de profundidad (Fig. 24a), en octubre presentó un máximo 120 Ind L^{-1} a los 2.5 m de profundidad

($T^{\circ} = 13.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y $\text{PAR} = 400 \text{ } \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). En noviembre la temperatura declinó en un grado, el PAR alcanzó el valor más alto de la primavera con cerca de $1250 \text{ } \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, bajo estas condiciones *S. amethystinus* presentó bajas abundancias ($< 12 \text{ Ind L}^{-1}$) (Fig. 24b). En diciembre la estratificación térmica presentó una oscilación de 18 y 11 $^{\circ}\text{C}$ entre la superficie y los 40 m de profundidad, el PAR en la superficie fue de $300 \text{ } \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Bajo estas condiciones *S. amethystinus* presentó bajas densidades en la superficie, y la más alta a los 7.5 m (114 Ind L^{-1}). *S. araucanus* presentó abundancias menores a 5 Ind L^{-1} .

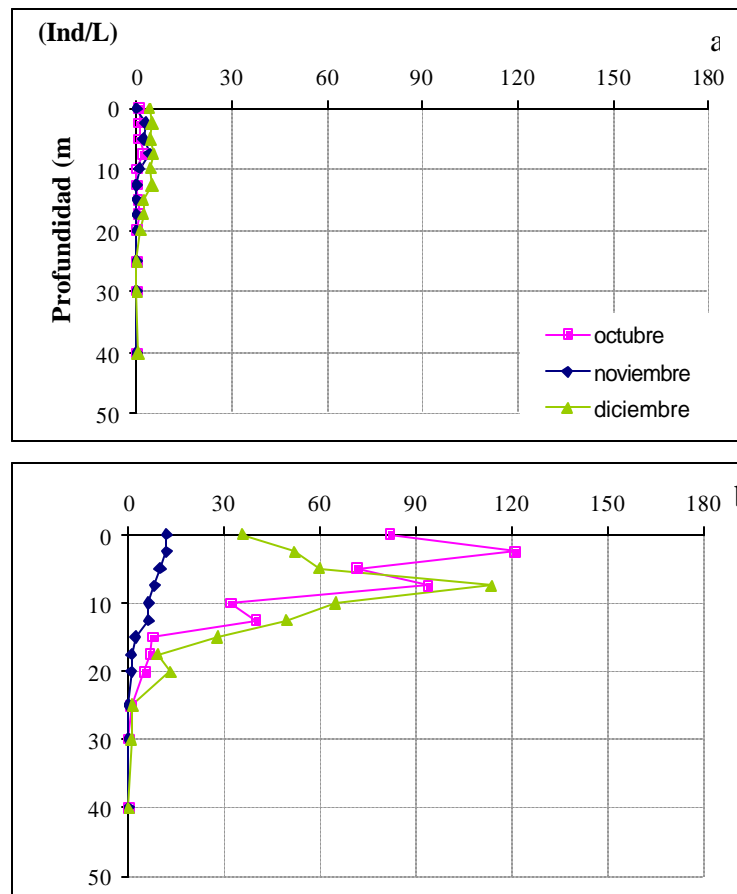


Figura 24: Distribución vertical (0-40 m) de *S. araucanus* y *S. amethystinus* en la época de primavera de 2004 en el Lago Colico.

Verano

En enero *S. amethystinus* y *S. araucanus* presentaron las abundancias más altas a los 12.5 m de profundidad con 92 y 12 Ind L⁻¹, respectivamente (T = 19.5 °C y el PAR de 160 μmol fotones m⁻² s⁻¹). En febrero las condiciones de temperatura y PAR fueron las más altas del año con 22 °C y 1370 μmol fotones m⁻² s⁻¹, bajo estas condiciones ambas especies presentaron bajas abundancias en la superficie, y altas a los 15 m de profundidad, con 115 Ind L⁻¹ para la población de *S. amethystinus* (Fig. 25b) y de 21 Ind L⁻¹ en la población de *S. araucanus* (Fig. 25), cuando la temperatura y el PAR habían descendido a 20 °C y 157 μmol fotones m⁻² s⁻¹. En marzo *S. araucanus* presentó la máxima abundancia anual (33 Ind L⁻¹) a los 5 m con, (T°= 19.6 °C y PAR 408 μmol fotones m⁻² s⁻¹). *S. amethystinus* presentó su abundancia más alta (130 Ind L⁻¹) a los 15 m (T°= 19 °C y PAR= 120 μmol fotones m⁻² s⁻¹). *S. amethystinus* se correlacionó significativamente con la profundidad (-0.72), la temperatura (0.82) y la conductividad (0.39). *S. araucanus* también se correlacionó significativamente con estos parámetros (-0.65, 0.75, 0.46, respectivamente) y además con el pH (-0,33) y el PAR (0,39) (Tabla 9).

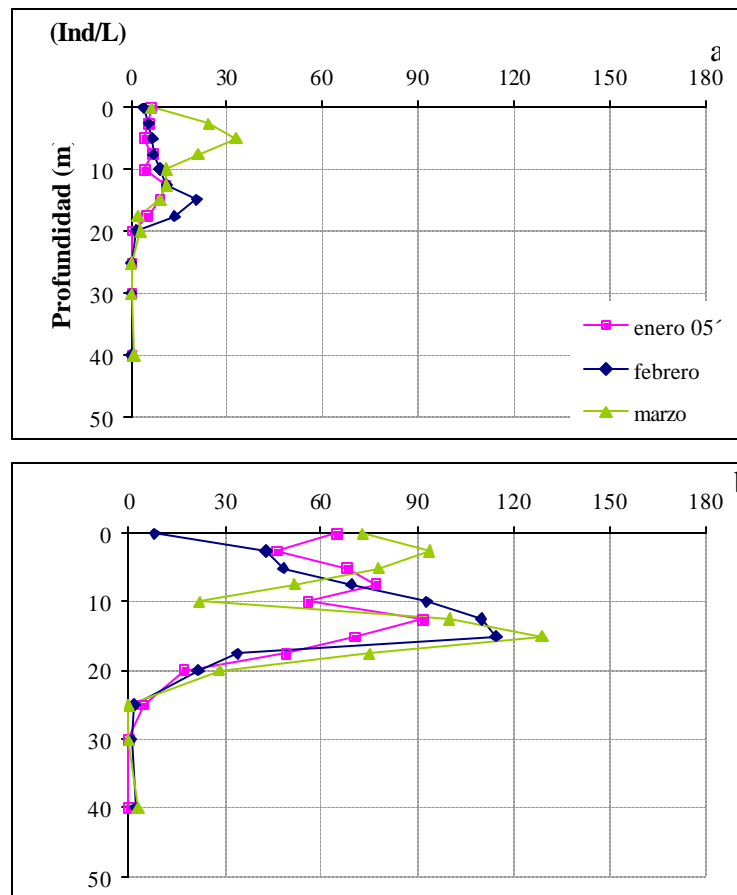


Figura 25: Distribución vertical (0-40 m) de *S. araucanus* y *S. amethystinus* en la época de verano de 2004 y 2005 en el Lago Colico.

Tabla 9: Correlaciones entre *S. araucanus* y *S. amethystinus* con: P: profundidad (m), T: temperatura (°C), pH, C: conductividad ($\mu\text{s cm}^{-1}$), PAR ($\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$), *S. araucanus* (Ind L^{-1}), registrados entre otoño de 2004 y verano de 2005 en el Lago Colico: Las siglas corresponden al mejor modelo escogido donde: E: exponencial, L: lineal y M: multiplicativo. * Correlaciones significativas. N= 48.

Épocas	P	T	pH	C	PAR	<i>S. araucanus</i>
Otoño						
<i>S. methystinus</i>	*-0.40 E	0.29 L	0.03 M	-0.16 L	0.29 M	*0.39 M
<i>S. araucanus</i>	*-0.10 E	-0.02 L	-0.19 E	-0.14 E	0.20 M	
Invierno						
<i>S. amethystinus</i>	*-0.40 E	*0.37 M	*0.66 E	*-0.47 M	0.36 L	*0.66 E
<i>S. araucanus</i>	*-0.4 E	*0.7 E	*0.60 L	-0.31 L	*0.56 L	
Primavera						
<i>S. amethystinus</i>	*-0.82 E	*0.68 M	-0.28 L	0.12 L	*0.62 M	*0.67 M
<i>S. araucanus</i>	*-0.60 E	*0.77 M	*-0.38 L	-0.29 L	*0.40 M	
Verano						
<i>S. amethystinus</i>	*-0.72 E	*0.82 M	-0.25 L	*0.39 M	0.36 M	*0.76
<i>S. araucanus</i>	*-0.65 E	*0.75 M	*0.33 E	*0.46 M	*0.39 M	

5.6 Abundancia y biomasa de rotíferos y crustáceos

5.6.1 Abundancia de rotíferos

Durante el año las abundancias de rotíferos (0-40 m) fluctuaron entre 2.4 y 30.4 Ind L^{-1} . Las abundancias más altas se registraron en otoño y las más bajas en invierno. Las especies más representativas fueron *C. Unicornis*, con dos máximos anuales a mediados de mayo (12.6 Ind L^{-1}) y a finales de febrero (18.4 Ind L^{-1}) y *K. cochlearis* con máximos a finales de junio (14 Ind L^{-1}) y principios de diciembre (9 Ind L^{-1}). A diferencia del Lago Caburgua la máxima abundancia de *P. vulgaris* fue de 8.4 Ind L^{-1} (mediados de diciembre). Especies como *C. Pelagica* y *Synchaeta sp.* presentaron menos de 3 Ind L^{-1} durante el año (Fig. 26).

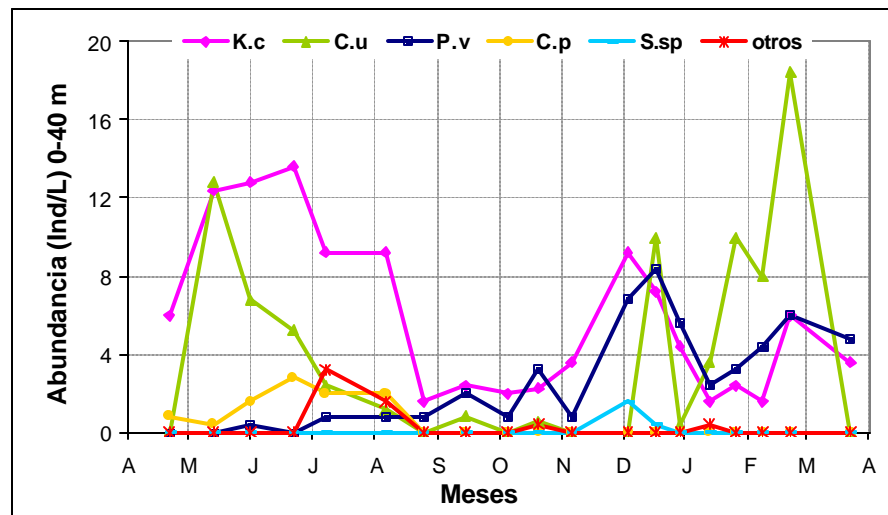


Figura 26: Abundancia de rotíferos (0-40 m) entre abril 2004 y marzo 2005 en el Lago Colico. Las siglas corresponden a: K.c, *Keratella cochlearis*; C.u, *Conochilus unicornis*; P.v, *Polyarthra vulgaris*; C.p, *Collotoca pelagica*; S.sp, *Synchaeta sp.*

5.6.2 Biomasa de rotíferos

La biomasa total de rotíferos alcanzó su máximo ($0.24 \mu\text{g C L}^{-1}$) a mediados de mayo y el mínimo en noviembre ($0.02 \mu\text{g L}^{-1}$). En otoño-invierno la especie que mas contribuyó al total de la biomasa de rotíferos fue *K. Cochlearis*, con un máximo de 92 % en abril y alrededor de 40 % en los meses siguientes. La especie mas importante en primavera-verano fue *P. vulgaris*, la cual presentó su máxima contribución de 81 % a finales de octubre. Además *C. unicornis* presentó una importante contribución en biomasa en enero y febrero con 36 y 51 %, respectivamente. Las otras especies de rotíferos presentaron una contribución menor al 10 % (Fig. 27).

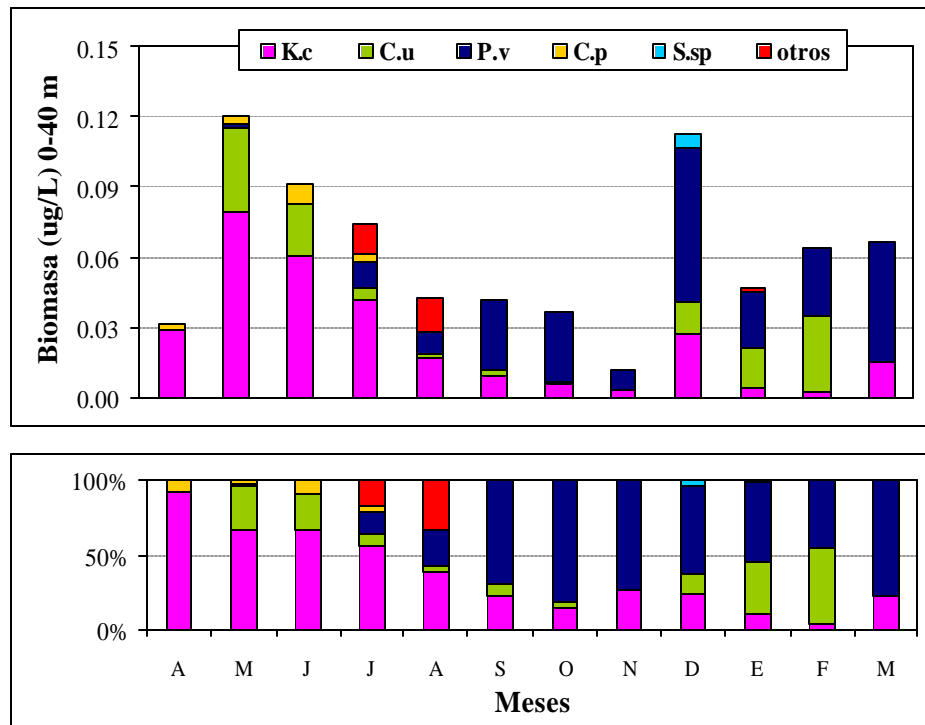


Figura 27: Biomasa ($\mu\text{g C L}^{-1}$) de rotíferos (0-40 m) entre abril de 2004 y marzo de 2005 en el Lago Colico. Las siglas corresponden a: K.c: *Keratella cochlearis*, C.u: *Conochilus unicornis*. P.v: *Polyarthra vulgaris*. C.p: *Collotoca pelagica*. S.sp: *Synchaeta sp.*

5.6.3 Abundancia de crustáceos

Durante el año la abundancia de crustáceos (0-40 m) fluctuó entre 0.8 y 25.3 Ind L^{-1} . Las abundancias más altas se registraron en verano ($> 15 \text{ Ind L}^{-1}$) y las más bajas en invierno-primavera ($< 8 \text{ Ind L}^{-1}$). Los grupos más representativos fueron copepoditos de calanoídeos, nauplius y cladóceros. Las nauplius presentaron dos máximos anuales de 7.4 Ind L^{-1} a finales de junio y mediados de enero. En esta última fecha y a principios de febrero los copepoditos presentaron abundancias de 9 y 10 Ind L^{-1} . Los adultos de copepodos de la especie *D. diabolicus* alcanzaron en junio abundancias de 3 Ind L^{-1} , mientras que *B. gracilipes* presentó abundancias menores a 0.05 Ind L^{-1} . Los copepodos cyclopoídeos se mantuvieron por debajo de 0.05 Ind L^{-1} .

E. hagmanni y *C. dubia* presentaron máximos a finales de diciembre (8.6 Ind L⁻¹) y finales de febrero (6.1 Ind L⁻¹), respectivamente (Fig. 28). También se observó individuos de *S. spinifera*, pero fueron escasamente vistos.

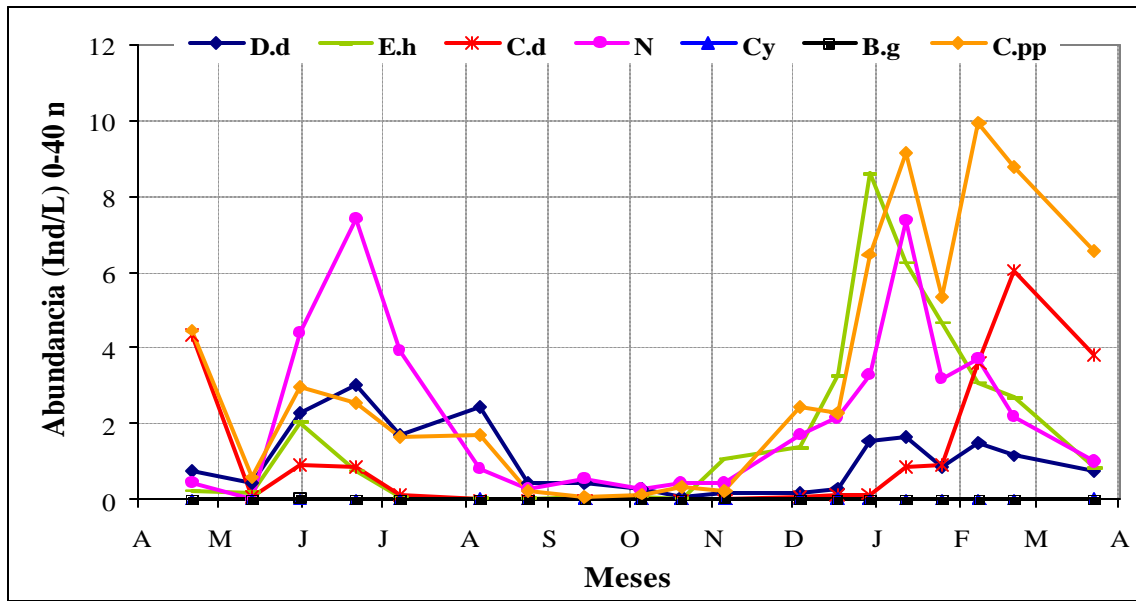


Figura 28: Abundancia (Ind L⁻¹) (0-40m) entre abril 2004 y marzo 2005 en el Lago Colico. Las siglas corresponden a: D.d: *Diaptomus diabolicus*, E.h: *Eubosmina hagmanni*, C.d: *Ceriodaphnia dubia*, N: nauplius, cy: cyclopoideos, B.g: *Boeckella gracilipes*, cpp: copepoditos.

5.6.4 Biomasa de crustáceos

La biomasa total de crustáceos alcanzó sus valores más altos en la época de verano, con un máximo de 30.5 $\mu\text{g C L}^{-1}$ en marzo. Los valores más bajos ($< 1.5 \mu\text{g C L}^{-1}$) se registraron en primavera, con un mínimo de 0.9 $\mu\text{g C L}^{-1}$ en octubre (Fig. 29). El grupo más importante en la contribución de biomasa fue el de los calanoideos, ya que durante el año el aporte al total de la biomasa de crustáceos fue superior a 50 %, con el máximo en agosto con un 97 %. Las nauplius presentaron su contribución más alta (15 %) en junio. Los copépodos cyclopoideos fueron los menos representativos en la contribución de biomasa, ya que durante el año su biomasa

representó menos del 1 %. *C. dubia* presentó su máxima contribución en abril con un 40 % y *E. hagmanni* a principios de diciembre con un 33 %.

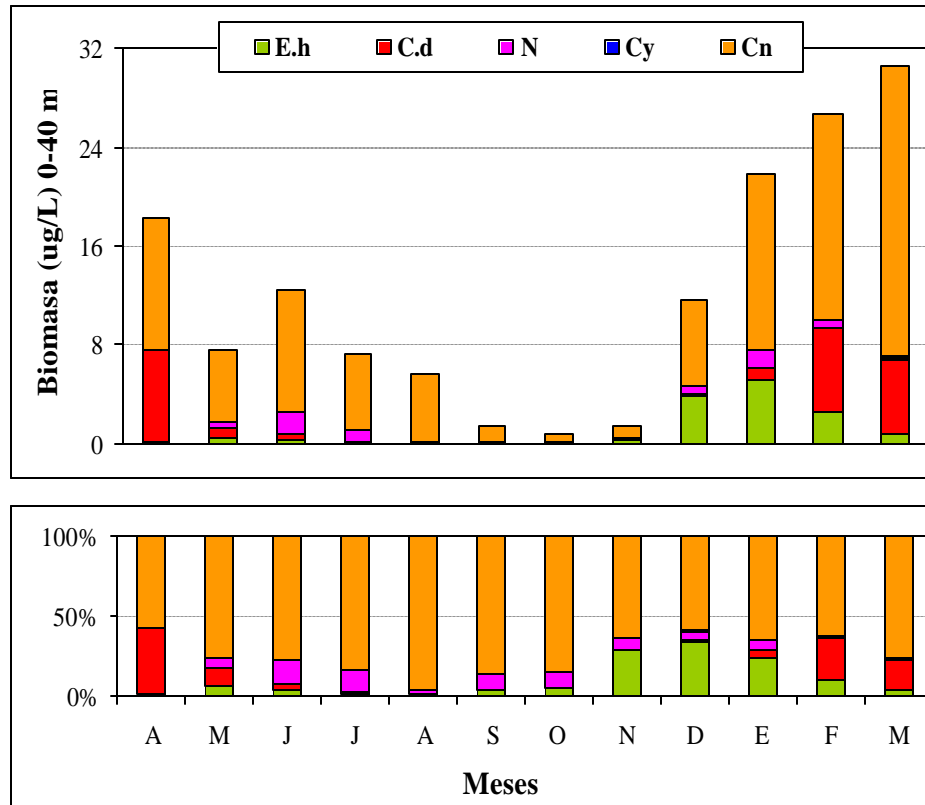


Figura 29: Biomasa ($\mu\text{g C L}^{-1}$) de crustáceos (40-0 m), entre abril de 2004 y marzo de 2005 en el Lago Colico. Las siglas corresponden a: E.h: *Eubosmina hagmanni*, C.d: *Ceriodaphnia dubia*, N: nauplius, cy: copépodos cyclopoideos, Cn: copépodos calanoideos.

5.7 Contribución de *Stentor* a la abundancia y biomasa total zooplanctonica

Abundancia: La abundancia total zooplanctonica presentó durante el año una fluctuación entre 11 y 237 Ind L^{-1} , y un promedio anual de 90.6 Ind L^{-1} . *Stentor* contribuyó con un promedio anual de 42 % a la abundancia total. Con la mas alta en mayo (71 %) y la mas baja en noviembre con un 4 %. En abril los 4 grupos planctónicos presentaron bajas densidades, *Stentor* presentó 38 Ind L^{-1} lo que correspondió a un 68 % de la abundancia total. En mayo *Stentor* presentó su máxima anual (129 Ind L^{-1}) la que correspondió al 71 %. Entre junio y finales de agosto *Stentor* declinó

sus abundancias, las cuales llegaron a ser mínimas en noviembre (2 Ind L^{-1}), en estos meses su contribución fluctuó entre 11 y 46 %, los demás grupos zooplanctónicos se mantuvieron con abundancias $< 20 \text{ Ind L}^{-1}$, a excepción de ciliados que presentó un máximo en julio de 143 Ind L^{-1} (76 %). A mediados de septiembre *Stentor* incrementó a 41 Ind L^{-1} (65 %). Esta abundancia declinó hasta principios noviembre a 4 Ind L^{-1} , la que correspondió a la contribución mas baja del año con un 4 %, los otros ciliados fueron mas importantes en abundancia con un 71 %. En diciembre *Stentor* incrementó su abundancia hasta alcanzar a finales diciembre 40 Ind L^{-1} , manteniendo esta abundancia sin grandes variaciones hasta finales de marzo ($32\text{-}47 \text{ Ind L}^{-1}$), con una contribución que se mantuvo entre el 43 y 46 % (Fig. 30).

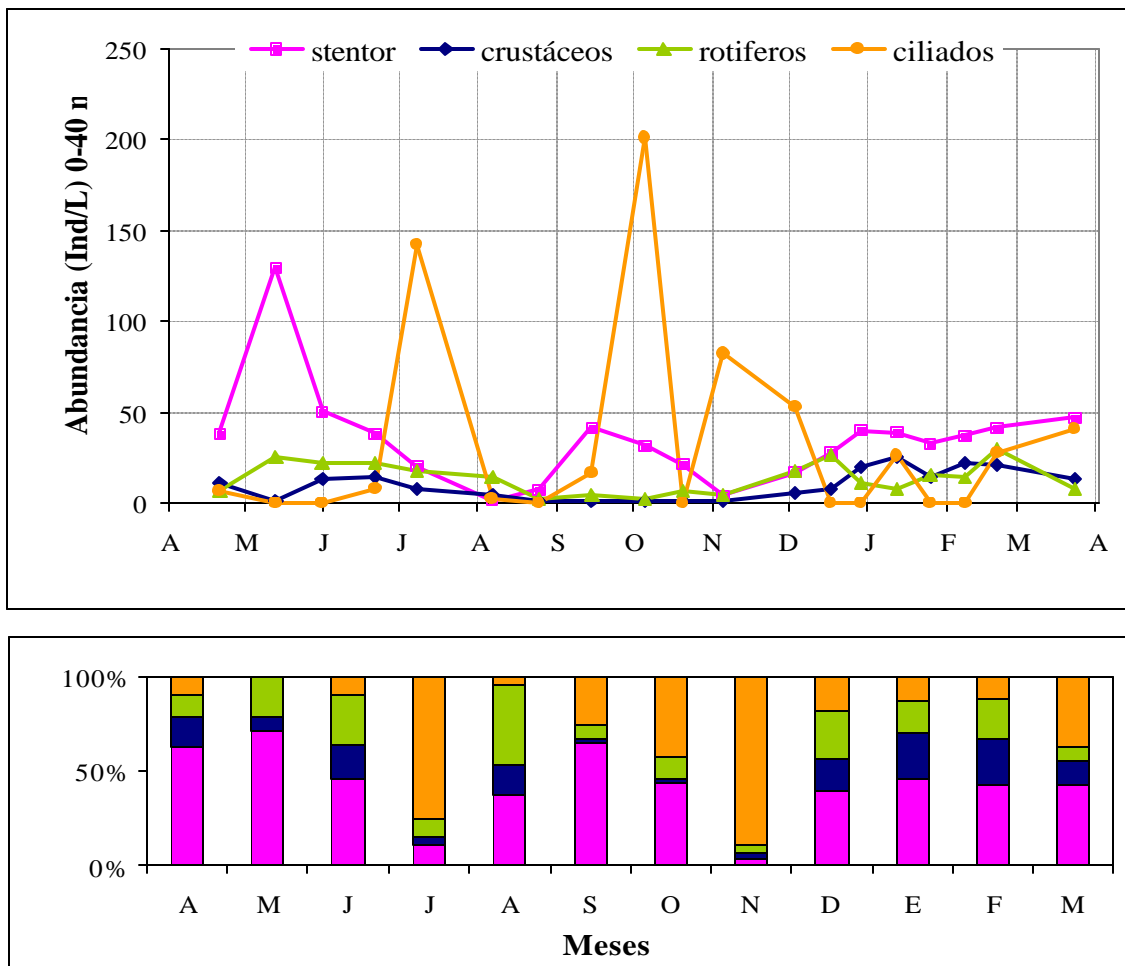


Figura 30: Abundancia promedio (Ind L⁻¹) (%) entre 0-40 m, de los grupos zooplanctónicos: *Stentor*, crustáceos, rotíferos y ciliados, durante abril 2004 y marzo 2005 en el Lago Colico.

Biomasa: Durante el año la biomasa total de los grupos zooplanctónicos fluctuó entre 2.1 y 36 $\mu\text{g C L}^{-1}$. Los valores más altos se registraron en verano con el máximo en marzo y los más bajos en invierno-primavera, con el mínimo en noviembre. El promedio anual fue de 16 (± 10.5) $\mu\text{g C L}^{-1}$. *Stentor* y crustáceos fueron los más representativos en la contribución de biomasa al total zooplanctónico, con un promedio anual de 31 y 68 %, respectivamente.

En otoño la biomasa total presentó cerca de $20 \mu\text{g C L}^{-1}$, en abril *Stentor* presentó el mínimo anual con un 7 %, para incrementar en mayo y junio con 54 y 34 %, respectivamente. En julio y noviembre la biomasa total declina hasta $2.1 \mu\text{g C L}^{-1}$, en estos meses *Stentor* registró una contribución del 9 %. En septiembre y octubre *Stentor* presentó su máximo anual de 75 %. Entre diciembre y marzo la biomasa total zooplanctonica incrementó desde 15 hasta $36 \mu\text{g C L}^{-1}$, en estos meses *Stentor* presentó una contribución que fluctuó entre 13.5 y 21.2 %. La contribución de rotíferos y ciliados al total de la biomasa fue menor al 1 % (Fig. 31). La biomasa de *Stentor* se correlacionó significativamente con los rotíferos ($r=0.59$) (Tabla 10). No se encontró una correlación significativa con los demás parámetros físicos, químicos y biológicos.

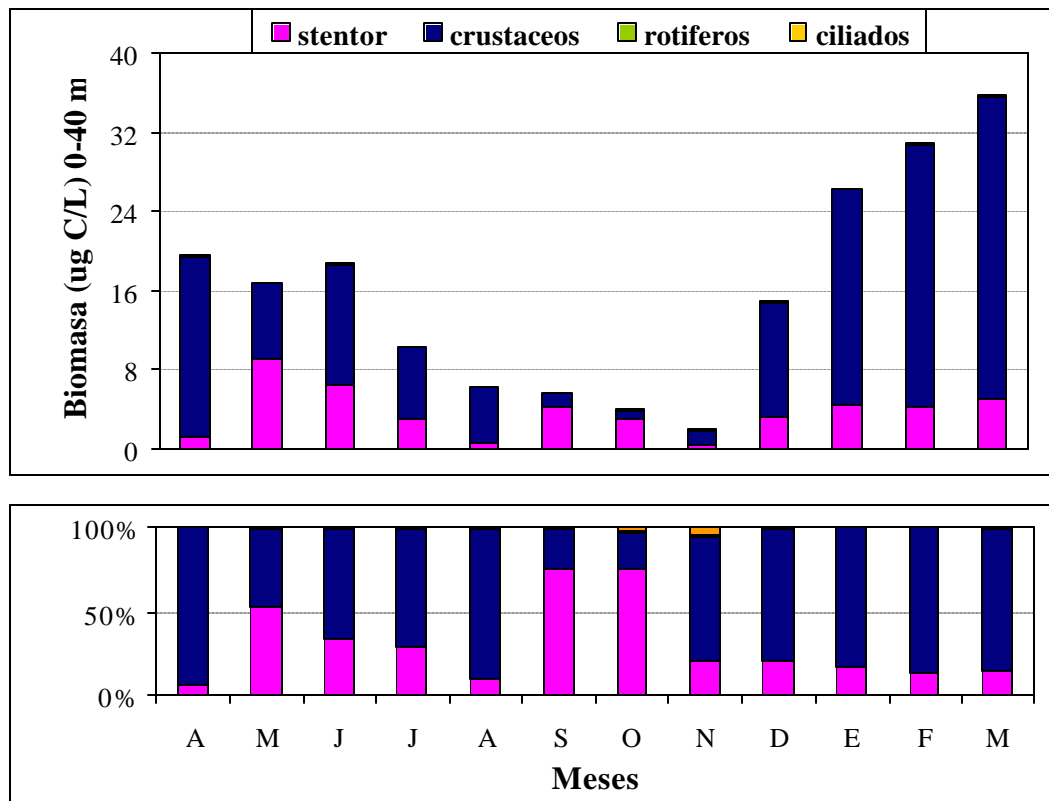


Figura 31: Biomasa total zooplanctónica ($\mu\text{g C L}^{-1}$) *Stentor*, crustáceos, rotíferos y ciliados, entre abril 2004 y marzo 2005: en el Lago Colico.

Tabla 10: Correlaciones entre la biomasa de *Stentor* y los parámetros físicos, químicos y biológicos, registrados en el Lago Caburgua, entre abril de 2004 y marzo 2005. Las siglas corresponden al mejor modelo escogido donde: E: exponencial; L: lineal y M: multiplicativo. * Indica que la correlación es significativa. N= 19.

Promedios mensuales	<i>Stentor</i> ($\mu\text{g C L}^{-1}$)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	0.41 M
Conductividad ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	-0.54 L
PAR ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{S}^{-1}$)	0.18 E
Transparencia (m)	0.32 M
pH	-0.29 L
Fosfato soluble ($\mu\text{g L}^{-1}$)	-0.47 E
Nitrato ($\mu\text{g L}^{-1}$)	-0.38 E
Amonio ($\mu\text{g L}^{-1}$)	-0.21 L
Clorofila <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	0.27 M
Crustáceos ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	0.29 E
Rotíferos ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	*0.59 L
Ciliados ($\mu\text{g C L}^{-1}$)	-0.09 L

5.8 Factores físicos y químicos

Temperatura

Durante el año la temperatura presentó una oscilación superficial entre los 10.1 y 21.8 $^{\circ}\text{C}$, con el mínimo y máximo registrado en los meses de agosto y febrero, respectivamente, con un promedio anual de 15 $^{\circ}\text{C}$. La homotermia en el agua se formó en el mes de mayo (13.5 $^{\circ}\text{C}$) y se mantuvo hasta finales de agosto con temperaturas cercanas a 10 $^{\circ}\text{C}$. La estratificación térmica se observó entre los meses de octubre y abril. Ésta en verano fue muy marcada, con una fluctuación de 20.8

y 12 °C entre la superficie del agua y los 40 m de profundidad. En los meses de enero y febrero se presentaron las temperaturas superficiales más altas del año con 20 y 21.8 °C, respectivamente. La termoclina en estos meses se presentó entre los 7.5 y 10 m de profundidad (Fig 32).

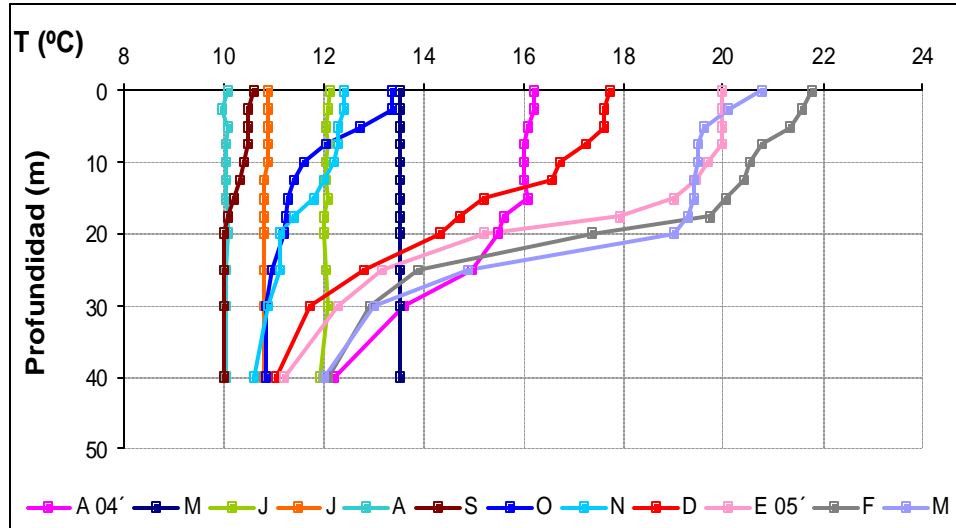


Figura 32: Perfil térmico (0-40 m) entre abril de 2004 y marzo 2005, en el Lago Colico.

Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

Durante el año los valores mas bajos de PAR se registraron en las épocas de otoño-invierno, con valores en la superficie que fluctuaron entre 729 y 543 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$, a excepción de junio donde se registró un PAR = 73.6 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Los valores mas altos de PAR se registraron en la época de primavera-verano ($> 1000 \mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$) a excepción de octubre y diciembre (665 y 301 $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente), con un máximo promedio de 1548 (± 429) $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en enero y 1367 (± 8) $\mu\text{mol fotonos m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en febrero. En estos meses la zona eufótica alcanzó bajo los 30 m de profundidad (Fig. 32).

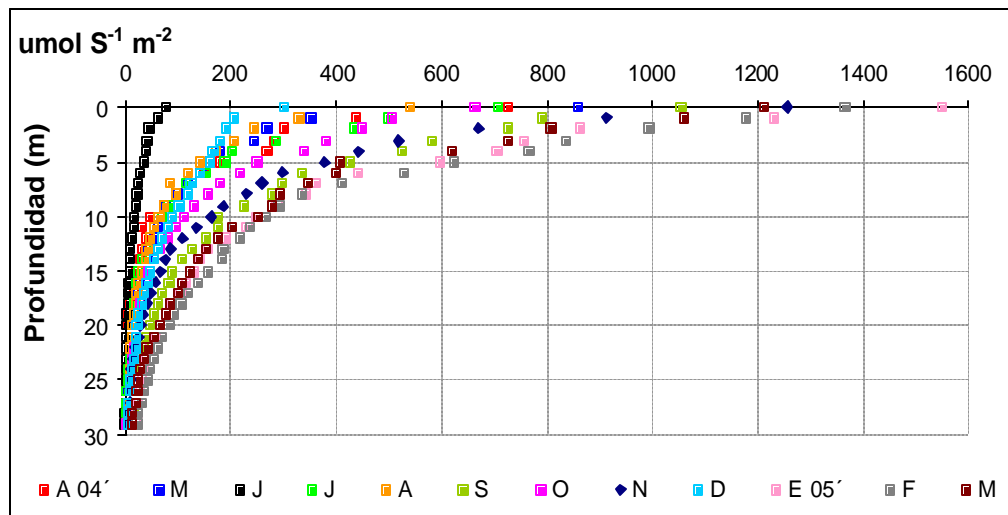


Figura 30: PAR ($\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (0-30 m) entre abril de 2004 y marzo de 2005, en el Lago Colico.

Transparencia

La transparencia del agua medida con el disco Secchi fluctuó entre los 13 y 26 m de profundidad, con el mínimo y máximo registrado en julio y febrero, respectivamente, con un promedio anual de 20 m. El disco Secchi presentó los valores mas bajos del año en invierno y primavera (13-17 m), y los mas altos en otoño y verano, con un máximo de 26 m en febrero (Fig. 34).

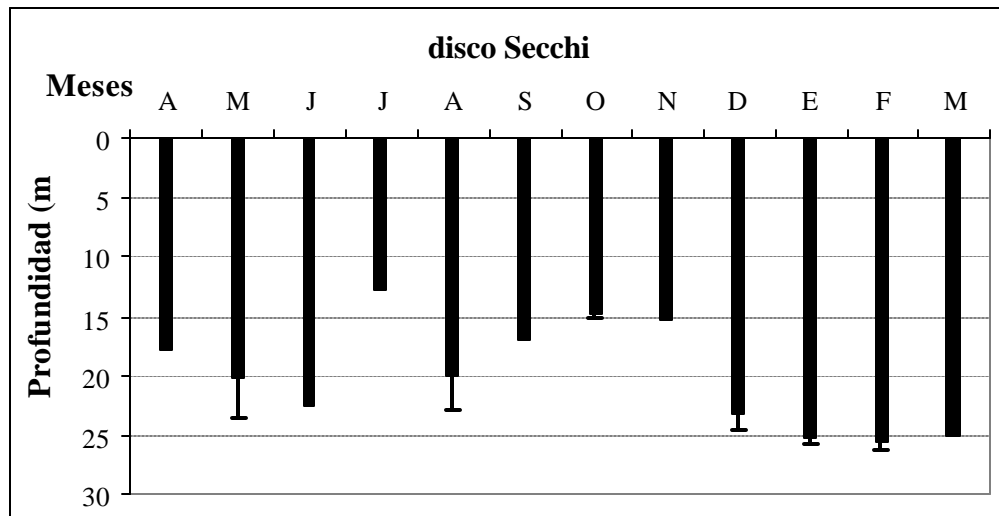


Figura 34: Transparencia del agua medida con el disco Secchi (m) entre los meses de abril de 2004 y marzo 2005, en el Lago Colico. La D.S. se muestra en aquellos meses donde se realizaron 2 y 3 muestreos.

Conductividad

Durante el año la conductividad (0-40 m) presentó un promedio anual de $21.3 (\pm 3.9) \mu\text{S cm}^{-1}$. Los valores más bajos se registraron en mayo y junio con 11 y $13 \mu\text{S cm}^{-1}$ y los más altos en invierno-primavera, entre 20.9 y $23.7 \mu\text{S cm}^{-1}$, a excepción de marzo que registró el valor más alto con $24 \mu\text{S cm}^{-1}$. Entre diciembre y febrero la conductividad promedio fluctuó entre 17.4 y $18.3 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Tabla 11).

pH: Durante el año el pH (0-40 m) presentó un promedio anual de $7.3 (\pm 0.15)$. Durante otoño-invierno, el pH fluctuó entre 7.2 y 7.3 y en primavera-verano entre 7.7 y 7.3 , a excepción de finales de marzo donde bajo a 7.1 (Tabla 11)

Nutrientes: Las abundancias nutrientes fluctuaron a lo largo de todo el año. Las abundancias de fósforo soluble estuvieron por debajo de los $6.7 \mu\text{g L}^{-1}$ y las de amonio y nitrato fueron menores a $7.5 \mu\text{g L}^{-1}$ (Tabla 11).

Clorofila a: La clorofila *a* presentó un promedio anual de $1.19 (\pm 0.6) \mu\text{g L}^{-1}$. En otoño-invierno la clorofila *a* fluctuó entre 0.38 (principios de junio) y $2.2 \mu\text{g L}^{-1}$, máximo anual en septiembre. En octubre la abundancia declinó a $1.9 \mu\text{g L}^{-1}$ hasta ser $< 1 \mu\text{g L}^{-1}$ entre finales de diciembre y finales de febrero, donde incrementó a $1.8 \mu\text{g L}^{-1}$ a finales de marzo (Tabla 11).

Tabla 11: Promedio-D.S. de C=conductividad ($\mu\text{S cm}^{-1}$) y pH de los intervalos entre 0-40 m de profundidad. Abundancias de SRP= fosfato soluble, NH_3 = amonio, NO_3 = nitrato y clorofila *a* ($\mu\text{g L}^{-1}$) correspondientes a la muestra integrada 0-40 m. Valores registrados entre abril de 2004 y marzo 2005 en el Lago Colico. – Datos no disponibles. * No se consideraron estas abundancias en los análisis estadísticos.

Fecha	Cond. ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	pH	SRP ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NH_3 ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NO_3 ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Chl <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)
21-04-04		7,3	2,5	0,0	4,0	1,91
12-05-04	10,3	7,2	2,2	0,0	14,0	1,54
01-06-04	11,5	7,2	9,5	10,1	11,5	1,74
22-06-04		-	--	-	-	0,66
07-07-04	23,7	7,2	0,3	0,0	14,0	1,4
05-08-04	22,7	7,2	19,7	0,0	15,0	0,38
23-08-04	21,9	7,2	5,5	9,7	26,5	0,5
13-09-04	21,0	7,3	6,7	7,8	7,5	2,2
04-10-04	21,1	7,6		5,8	14,0	1,9
19-10-04	20,9	7,4	1,8	14,1	6,5	1,4

Fecha	Cond. ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	pH	SRP ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NH ₃ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	NO ₃ ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Chl <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)
04-11-04	20,5	7,7	3,7	5,1	19,0	1,0
02-12-04	12,3	7,4	3,7	5,6	4,0	
16-12-04	17,4	-	2,3	0,0	3,5	1,05
28-12-04	18,2	7,3				0,54
11-01-05	18,9	7,4	0,3	0,0	4,0	0,81
24-01-05	18,2	7,3	4,3	1,9	5,5	0,97
07-02-05	18,3	7,4	2,2	0,0	4,0	
22-02-05	18,3	7,4	-	-	-	0,32
24-03-05	24,5	7,1	1,3	3,1	3,5	1,79

Abundancia promedio (0-40 m) de *Stentor* en relación a los parámetros físicos, químicos y biológicos

La abundancia promedio (0-40 m) de *S. araucanus* se correlacionó significativamente con el disco Secchi, y con el grupo de crustaceos y *O. naumanni*. *S. amethystinus* no se correlacionó en forma significativa con ninguno de los parámetros físicos, químicos y biológicos, presentados en la Tabla 12.

Tabla 12: Correlaciones entre la abundancia (Ind L⁻¹) promedio (0-40 m) de *S. amethystinus* y *S. araucanus* con el promedio de cada muestreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos, registrados en el Lago Colico, entre abril de 2004 y marzo 2005. Las siglas corresponden al mejor modelo escogido donde: E: exponencial; L: lineal y M: multiplicativo. * Indica que la correlación es significativa. N= 19.

Promedios mensuales	<i>S. araucanus</i>	<i>S. amethystinus</i>
Transparencia (m)	*0.79 E	0.26 E
pH	-0.14 L	-0.30
Fosfato soluble (µg L ⁻¹)	-0.34 E	-0.52 E
Nitrato (µg L ⁻¹)	-0.27 E	-0.49 E
Amonio (µg L ⁻¹)	-0.29 E	-0.20
Clorofila <i>a</i> (µg L ⁻¹)	-0.2 M	0.44 E
Crustáceos (Ind L ⁻¹)	* 0.69 E	0.34 E
Rotíferos (Ind L ⁻¹)	0.39 M	0.40 L
Ciliados (Ind L ⁻¹)	-0.28 E	-0.18 L
<i>O. naumanni</i> (Ind L ⁻¹)	* 0.62 L	-0.12 L

Durante el año (a excepción de otoño), las abundancias de ambas especies de *Stentor* (0 a 40 m), se correlacionaron significativamente con la temperatura. *S. araucanus* tendió a aumentar su abundancia con el incremento de la temperatura, con su máxima a los 19.6 °C (Fig. 35a). Sin embargo, *S. amethystinus* no presentó esta tendencia, ya que altas abundancias (> 100 Ind L⁻¹) las presentó entre un rango 10.6 y 20.8 °C, con la máxima abundancia (182 Ind L⁻¹) a los 18.3 °C (Fig. 35b).

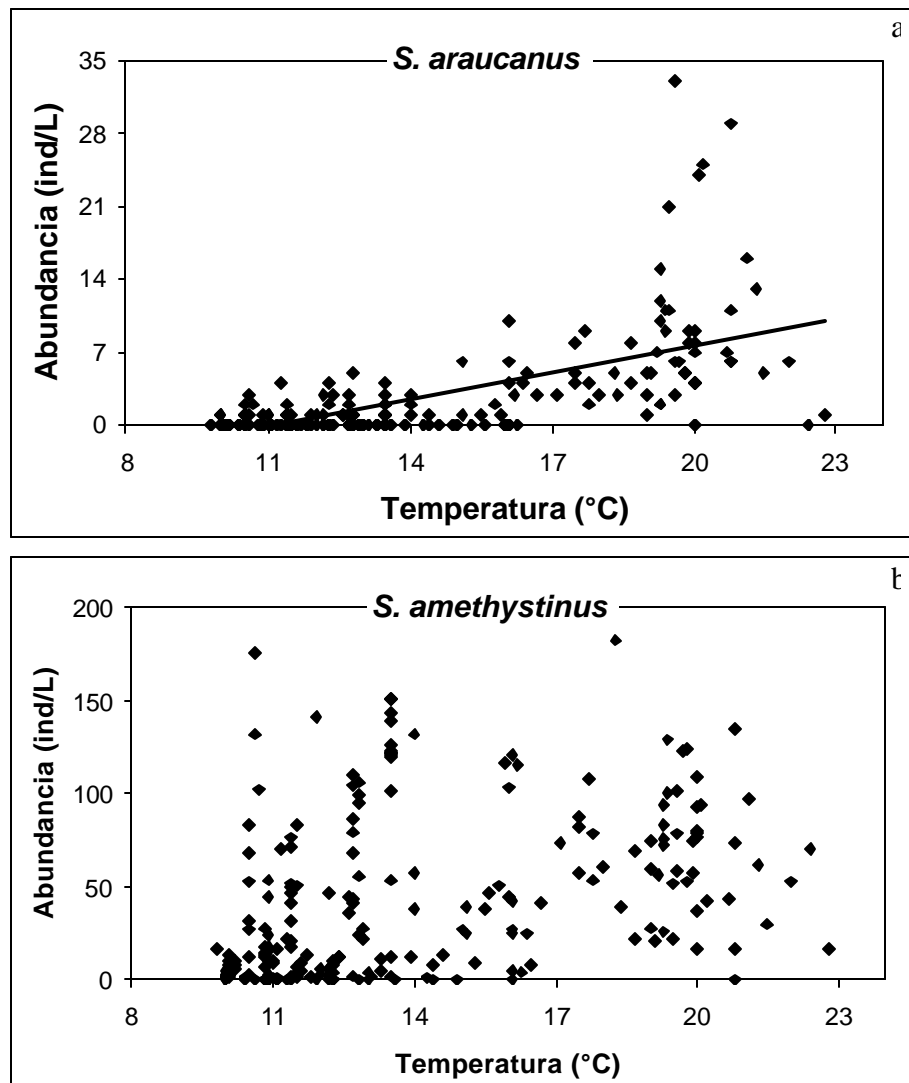


Figura 35: a, *S. araucanus* y b, *S. amethystinus* en relación a la temperatura (°C), entre abril de 2004 y marzo 2005 en el Lago Colico.

6. DISCUSION

En el presente estudio la abundancia de ciliados mixotróficos del género *Stentor* registrada en los lagos Colico y Caburgua (~ 300 Ind L⁻¹), está dentro del rango reportado para los lagos oligotróficos Nord Patagónicos de Chile y Argentina (Modenutti *et al.*, 1998b; Woelfl & Geller, 2002, Woelfl, com. pers.).

En ambos lagos el género estuvo representado por las especies *S. araucanus* y *S. amethystinus*, las cuales se encontraron en abundancias similares en el L. Caburgua durante todo el año, mientras que en el L. Colico hubo dominancia de *S. amethystinus*. Wöfl (1995) señala una situación similar para distintos lagos Araucanos, donde a pesar de existir características limnológicas comunes entre estos (Campos, 1984) la distribución y abundancia de ambas especies del género *Stentor* varía significativamente de un lago a otro (Woelfl, *com. pers.*) (Fig. anexas 1 y 2).

La distribución de estas especies en un lago está determinada por una serie de factores que aún no están completamente definidos. De acuerdo a lo que señalan distintos autores la presencia y abundancia de estos ciliados podrían estar relacionadas con las características físicas y tróficas de cada lago. Así Foissner & Woelfl (1994) señalaron la presencia de *S. araucanus* en lagos (ultra) oligotróficos, tolerando probablemente condiciones pobres en nutrientes. De igual forma, en lagos argentinos Modenutti (1997), Modenutti (1998b), Modenutti *et al.*, (2000) señala que esta misma especie así como también *Opridium naumanni* solo están presentes en lagos grandes (> 5 km), profundos ($Z_{\max} > 90$ m) y con bajas abundancias de carbono orgánico disuelto.

S. amethystinus a diferencia de *S. araucanus*, ha sido reportado para otros lagos del hemisferio sur. Abundancias menores a las de este estudio (< 12 Ind/L) se registraron en un lago

oligotrófico de Nueva Zelanda (James *et al.*, 1995); pero en abundancias mucho más altas en lagos poco profundos y eutróficos de Australia (Laybourn-Parry, 1997). Aún así, la abundancia y biomasa de *Stentor* registradas en los lagos templados del hemisferio sur están por debajo de los rangos reportados para lagos temperados del hemisferio norte con similar estado trófico (James *et al.*, 1995; Wöfl, 1995) (Tabla 13).

En la presente tesis se registró que la abundancia y biomasa de ambas especies de *Stentor* estuvo estrechamente asociada al régimen térmico y lumínico durante gran parte del año, con una zonación espacial y temporal similar a la también descrita por Woelfl & Geller (2002) para el Lago Pihueico.

En su conjunto se ha descrito que la interrelación entre la profundidad del lago, la abundancia de recursos y el régimen termal podría afectar substancialmente la potencial fuente nutritiva para las poblaciones de ciliados, factor que probablemente estaría gobernando la dinámica estacional y espacial de éstos (Beaver & Crisman, 1989).

Los sistemas pobres en nutrientes tienden a presentar sus máximas de abundancia y biomasa total de ciliados asociados a los cambios termales en otoño, cuyo periodo es considerado como el de más alta productividad (Beaver & Crisman, 1989). La disponibilidad de nutrientes y oxigenación dependen del ciclo térmico del lago, y si la turbulencia es alta, la oxigenación en el caso del L. Caburgua puede alcanzar hasta sus máximas profundidades (300 m) (Campos, 1987).

Esta situación probablemente podría explicar la máxima en abundancia y biomasa total de *Stentor* durante mayo, las condiciones ambientales de ese día pudieron haber favorecido el surgimiento en ambos lagos, ya que se registró un día despejado (PAR más alto de otoño e invierno) y con un fuerte viento, el cual pudo haber provocado una recirculación de la columna de agua, con una consecuente homotermia en el agua, favoreciéndose el reciclamiento de

nutrientes, oxigenación y distribución de los organismos en la columna de agua, lo cual se vio reflejado en la distribución vertical de ambas especies de *Stentor*, las que se mantuvieron con abundancias relativamente altas hasta los 40 m.

De igual modo el régimen termal, podría indirectamente influenciar el resurgimiento de *Stentor* en primavera-verano, ya que se ha descrito ampliamente que la ocurrencia de grandes ciliados en el plancton es un evento predecible directamente relacionado a la estratificación térmica (Beaver & Crisman, 1989). Debido a que los mixotróficos pigmentados combinan luz, nutrientes, minerales y presas como fuente de energía (Tittel, 2003), la estratificación térmica gatillaría las condiciones óptimas para la acumulación de materia orgánica y el subsecuente desarrollo de bacterias (Beaver & Crisman, 1989) y pequeños autótrofos (Gaedke, 1992), excediendo las abundancias necesarias para ciliados. Además en condiciones de poco viento *Stentor* podría ser capaz de regular su posición en la columna de agua de acuerdo a sus requerimientos de luz, para mantener en óptimas condiciones a sus algas endosimbióticas (Laybourn Parry *et al.*, 1997; Woelfl & Geller, 2002; Woelfl, 2007).

La luz ejerce una influencia en la productividad fotosintética, ingestión de partículas y consecuente tasa de desarrollo en organismos mixotróficos (Stoecker, 1998; Modenutti & Balseiro, 2002), y si en período de estratificación ni la luz ni el alimento (bacterias, nanoflagelados) son limitantes, estos organismos podrían tener un buen aprovechamiento de ambos modos de nutrición. Ya que según lo señalado por Woelfl & Geller (2002) durante el periodo de estratificación térmica, el modo de nutrición heterótrofa en *Stentor* puede ser igual o mayor que el modo de nutrición autótrofa.

Muchos estudios han revelado que los mixotróficos son abundantes y activos en las aguas superficiales iluminadas de sistemas acuáticos de distintas latitudes (Tittel *et al.*, 2003). En este

estudio, durante primavera-verano *Stentor* se concentró por sobre los 20 m de profundidad y presentó sus máximas entre los 2.5 y 12.5 m, rango también reportado para *Stentor* en otros lagos Araucanos de Chile y Argentina (Modenutti, 1998b; Woelfl & Geller, 2002). La cantidad de radiación óptima para su productividad fotosintética ($300-600 \mu\text{mol fotones m}^2 \text{s}^{-1}$) esta disponible hasta los 20 m, por lo que *Stentor* sólo podría desarrollarse bien hasta esa profundidad.

La segregación espacial de estos organismos en la columna agua esta asociada a la parcial dependencia a la luz que impone el alga simbiótica y a las diferentes respuestas de fotocomportamiento adquirido por el hospedador después de enlazarse al simbiote (Beaver & Crisman, 1989). Según lo reportado por Foissner & Woelfl, 1994; Modenutti, 1998b, *S. arucanus* presenta fototaxis positiva y una alta resistencia al UV-B (Modenutti *et al.*, 2005), por lo que bajas abundancias por sobre el rango mencionado en este estudio y en otros, podrían posiblemente ser explicados por una inhibición de *Stentor* a altas abundancias de PAR y a una limitación de luz por debajo de los 20 m (Woelfl & Geller, 2002).

Por otro lado, la estructura zooplanctónica también podría estar jugando un importante rol en la abundancia y biomasa de estos ciliados mixotróficos. Los lagos Araucanos se caracterizan por una estructura zooplanctónica simple y organismos de pequeño tamaño ($< 1\text{mm}$) (Modenutti, 1993), donde estos grandes ciliados mixotróficos comparten y compiten por recursos alimenticios con copépodos, cladóceros y rotíferos (Modenutti, 2004).

En el presente estudio la composición zooplanctónica fue similar en ambos lagos, sin embargo, la abundancia de crustáceos fue más alta en el Lago Colico y estuvieron representados por copépodos calanoideos, ésta situación influye en al momento de comparar la biomasa de *Stentor* con los demás grupos en los dos lagos estudiados. Los copépodos calanoideos presentan

un peso seco de C mayor que el de los cladóceras, y es esta razón la que hace que en el L. Colico *Stentor* presente una contribución en biomasa menor a la del L. Caburgua, donde la abundancia de cladoceras es mayor que la de copepodos calanoideos.

La situación en la que los copépodos son más abundantes que los cladóceros, Campos (1987) la describe como una característica de la ultra oligotrofia del lago. Los copépodos presentan un ciclo de vida más largo, un mayor desplazamiento vertical y tendencia a la macrofagia que los cladóceros, por lo que tienen más posibilidades de ir tras la presa aun en condiciones pobres de alimento y lograr la supervivencia con más posibilidades que sus competidores.

Respecto a asociaciones entre *Stentor* y demás grupos zooplanctónicos sólo en el L. Caburgua se encontró una correlación significativa negativa entre nauplius de copépodos y *Stentor*, esto podría estar indicando una relación de competencia más que de predación, ya que en períodos de bloom las nauplius pueden alimentarse de picoplancton y nanoflagelados (Turner *et al.*, 2001).

Otro factor importante a considerar es la ausencia de *Daphnia* en los Lagos Colico y Caburgua. Ésta situación también podría estar favoreciendo el desarrollo de *Stentor* en estos lagos, ya que se ha descrito ampliamente que *Daphnia* presenta una alta eficiencia de filtración (Dodson, 1989; Beaver & Crisman, 1989; Gaedke, 1992), colonizando rápidamente los sistemas donde habita. En lagos Araucanos donde se ha registrado la presencia de *Daphnia*, *Stentor* no existe o está presente en bajas densidades (Woelfl, 2007, en prensa). Es por esta razón que se considera que la ausencia de un competidor fuerte y la baja abundancia de crustáceos en el L. Caburgua podría haber favorecido la alta contribución de *Stentor* al total de la biomasa zooplanctónica en los dos lagos estudiados. Valor que en este estudio supera a la biomasa

(promedio anual) reportada por Woelfl & Geller (2002) para el L. Pirehueico, los cuales indicaron que su valor estaba entre los mas altos de la literatura (Tabla 11).

Por otro lado, la baja predación sobre *Stentor* por predadores invertebrados, también es un factor que podría adicionarse a la alta contribución de estos ciliados. Los lagos del hemisferio sur se caracterizan por la aparente ausencia de predadores voraces tales como *Chaoborus* o cladóceros carnívoros, los cuales si están presentes en lagos del hemisferio norte y utilizan a ciliados como alimento (Balseiro, 1992; Laybourn-Parry *et al.*, 1997; James *et al.*, 1995; Balseiro *et al.*, 2001; Woelfl & Geller, 2002).

En este estudio en ninguno de los dos lagos se registró la presencia o altas abundancias de posibles predadores invertebrados que pudiesen estar controlando las poblaciones de *Stentor*. Tal es el caso de los copépodos cyclopoideos, los cuales pueden predar sobre *S. araucanus* según lo señalado por Foissner & Woelfl (1994) y Wöfl (1995). Por sus características *Stentor* es una presa perfecta para estos copépodos, debido a su coloración, movimiento lento y a la carencia de mecanismos de defensa (Woelfl, 2007).

Ésta posible predación de copépodos cyclopoideos (*Mesocyclops longisetus*) sobre *Stentor*, Woelfl (2007) la señala como un buen parámetro a la hora de predecir la distribución de *Stentor* en los lagos Araucanos del sur de Chile. Pero en este estudio la abundancia de copépodos cyclopoideos fue menor a 1 Ind L¹, lo cual era esperado ya que son los copépodos calanoideos los que se caracterizan por dominar los lagos temperados del hemisferio sur (Modenutti *et al.*, 1998a, Balseiro *et al.*, 2001, Woelfl & Geller, 2002). Se ha señalado que los copépodos calanoideos son incapaces de predar sobre un ciliado grande como *Stentor* (Laybourn-Parry *et al.*, 1997; James *et al.*, 1995; Woelfl & Geller, 2002), lo cual ha sido confirmado empíricamente,

donde ha seleccionado presas de menor tamaño ($< 30 \mu\text{m}$), semejándose a los requerimientos alimenticios de *Stentor*, actuando como un posible competidor (Balseiro *et al.*, 2001).

Otros invertebrados que se caracterizan por su voracidad son los ácaros acuáticos (*Limnesia patagonica*), pero su abundancia en los lagos andinos se mantiene en bajas densidades (Balseiro, 1992), y en esta investigación estuvo ausente y su efecto en ciliados mixotróficos aun no están claros (Modenutti, 1998a).

Así la predación de *Stentor* en los lagos Araucanos podría estar limitada a larvas de peces (Woelfl & Geller, 2002), ya que se ha demostrado que larvas y juveniles presentan una marcada dieta planctófaga (Modenutti *et al.*, 1993), pero aun se carece de información acerca de la predación sobre *Stentor*.

En estos últimos años una gran cantidad de evidencia empírica ha mostrado que la eficiencia mediante la cual la producción primaria es transferida a organismos mas grandes depende del estado trófico del lago (Gaedke, 1992). En ambientes oligotróficos los organismos heterotróficos frecuentemente se ven expuestos a periodos cortos de oferta alimenticia, por lo que la fotosíntesis derivada del “secuestro” de plastidios o desde la simbiosis con *Chlorella*, permite a lo menos la sobrevivencia del ciliado (Tartar, 1961; Jones, 1994).

La significancia ecológica de ésta asociación simbiótica se remite en la capacidad del ciliado de explotar ambos modos de nutrición, ajustándose a las condiciones de cambios diarios y estacionales (Beaver & Crisman, 1989).

Los sistemas oligotróficos facilitan la invasión de organismos mixotróficos (Riemann, B, *et al.*, 1995) primero por la combinación de fotosíntesis y fagotrofia, lo que a pesar de sus costos energéticos (Tittel *et al.*, 2003), capacita a los mixotrofos competir ventajosamente sobre

especialistas fototróficos y especialistas fagotróficos, aprovechando la explotación de ambientes pobres en nutrientes (Dolan, 1992). Segundo el bajo suplemento de nutrientes favorece el desarrollo de pequeños organismos planctónicos que se incluyen dentro del rango alimenticio de los mixotróficos y estos a su vez estar disponibles para los niveles tróficos más altos no sólo en cantidad sino también en calidad (Riemann, B, *et al.*, 1995).

De esta forma la mixotrofia en organismos como *Stentor* representa una estrategia clave en ecosistemas con alta luz y pobres en nutrientes, como lo son los lagos andinos (Modenutti & Balseiro, 2002).

En lagos oligotróficos el picoplancton algal puede llegar a contribuir con una producción total de C por sobre el 70 % (James *et al.*, 1995). Si ésta productividad es transferida a los niveles tróficos más altos, éste debe pasar a través del microzooplancton (James *et al.*, 1995). La eficiencia de ésta transferencia de biomasa en la cadena trófica incrementa hasta en un 50% si un mixotrófico es uno de los lazos (Stoecker, 1992), ya que estos organismos podrían estar contribuyendo en forma importante tanto en productividad primaria como secundaria en la zona eufótica de estos sistemas acuáticos. Como en este estudio *Stentor* y ciliados fueron el grupo más abundante, estos podrían estar actuando como intermediarios en la transformación ultrafina del carbono inorgánico dentro de grandes partículas disponibles para el macrozooplancton (Beaver & Crisman, 1989), lo cual es particularmente importante para organismos que podrían preda sobre ellos (Stoecker, 1988).

Según los antecedentes antes expuestos, la primera hipótesis planteada en la presente tesis queda parcialmente aceptada, ya que se concluye que los factores físicos tales como la temperatura y radiación solar podrían estar influenciando en forma significativa los máximos anuales de ciliados mixotróficos del género *Stentor* en los lagos Colico y Caburgua observados en otoño y primavera-verano. De esta manera el régimen térmico y especialmente la estratificación podrían influir en forma directa en *Stentor* favoreciendo su posición espacial dentro de la columna de agua según sus requerimientos de luz, siendo ésta vital para explotar sus modos de nutrición y su subsecuente desarrollo.

La segunda hipótesis planteada en este estudio queda parcialmente aceptada para el L. Caburgua, ya que *Stentor* realizó la mayor contribución en biomasa promedio total en comparación a los demás grupos zooplanctónicos, pero queda rechazada para el L. Colico, donde a pesar de que *Stentor* fue el grupo más abundante su contribución en biomasa fue menor a la de crustáceos, los cuales presentaron una mayor abundancia en este lago y por lo tanto una mayor biomasa.

El desarrollo de *Stentor* en un ambiente determinado no solo podría estar dado por las característica del lago, sino que también por una compleja red de factores que podrían estar interactuando en forma variable a lo largo del año y de una forma directa o indirecta en la abundancia de estos organismos tales como: carencia o baja abundancia de predadores invertebrados (copépodos cyclopoídeos entre otros) y ausencia de un competidor fuerte como *Daphnia*, sumado a la disponibilidad del alimento heterotrófico y el escaso impacto antropogénico en los lagos estudiados, estarían en conjunto favoreciendo el desarrollo de *Stentor* en las capas superficiales de estos lagos Nord Patagónicos, donde la mayor parte de la materia orgánica se sintetiza, se consume y se recicla.

7. CONCLUSION

- De los factores físicos, químicos y biológicos determinados en este estudio, la temperatura y el clima lumínico se relacionó significativamente con la abundancia y biomasa de *Stentor* durante el período de abril de 2004 y marzo de 2005.
- En el L. Caburgua ambas especies de *Stentor* (*S. araucanus* y *S. amethystinus*), se correlacionaron significativamente, mientras que en el L. Colico sólo dominó *S. amethystius*.
- En ambos lagos *Stentor* alcanzó sus máximas en abundancia y biomasa en otoño (mayo, ~ 80 Ind L⁻¹) y verano (diciembre ~ 50 Ind L⁻¹).
- La distribución vertical de *Stentor* en la columna de agua se asoció estrechamente con la temperatura, de esta manera, se distribuyó homogéneamente y con bajas concentraciones en meses de homotermia (mayo-septiembre) y por sobre los 20 m durante la estratificación termica (mediados de abril-octubre).
- En el L. Caburgua, *Stentor* presentó la mayor contribución en biomasa (51 % promedio anual) al total de la biomasa zoopláctonica (*Stentor*+rotíferos+crustáceos+ciliados) y la segunda contribución más importante en biomasa (31 % promedio anual) en el L. Colico.
- En ambos lagos *Stentor* cohabitó con especies de rotíferos y crustáceos de pequeño tamaño (< 1 mm), los cuales representarían una competencia para *Stentor* por alimento heterotrófico en estos lagos Nord Patagónicos.

8. BIBLIOGRAFIA

- APHA. (1995) American Public Health Association: Standard Methods for the examination of water and waste water. 19th ed. New York.
- Balseiro, E. (1992) The role of pelagic water mites in the control of cladoceran population in a temperate lake of the southern Andes. *Journal of Plankton Research*, 14, 1267-1277.
- Balseiro, E., Modenutti, B. & Queimaliños, C. (2001) Feeding of *Boeckella gracilipes* (copepoda calanoidea) on ciliates and phytoflagellates in an ultraoligotrophic Andean lake. *Journal of plankton research*, 23 (8): 849-857.
- Beaver J.R., Chrisman T.L & Bienert R.W. (1988) Distribution of planktonic ciliates in highly coloured subtropical Lakes: comparison with clearwater ciliate communities and the contribution of myxotrophic taxa to total autotrophic biomass. *Freshwater Biology*, 20, 51-60.
- Bienert R.W., Beaver J.R. & Crisman T.L. (1991) The contribution of ciliated protozoa to zooplankton biomass in an acidic, subtropical lake. *Journal of Protozoology*, 38, 352-354.
- Campos, H. (1984) Limnological studies of Araucanian Lakes (Chile). *Inter.Verh.Verein.Limnol.* 22:1319- 1327.
- Campos, H., Steffen W., Parra, O., Domínguez, P., Agüero. (1987) Estudios limnológicos en el Lago Caburgua (Chile). *Gayana, Bot.* 44 (1-4): 61-84, 1987.
- Dodson, S. (1989) The ecological role of chemical stimuli for the zooplankton: predator-induced morphology in *Daphnia*. *Oecologia*, 78:361-367.
- Dolan, J. (1992) Mixotrophy in ciliates: a review of *Chlorella* symbiosis and chloroplast retention. *Marine Microbial Food Webs*, 6(2): 115-132.

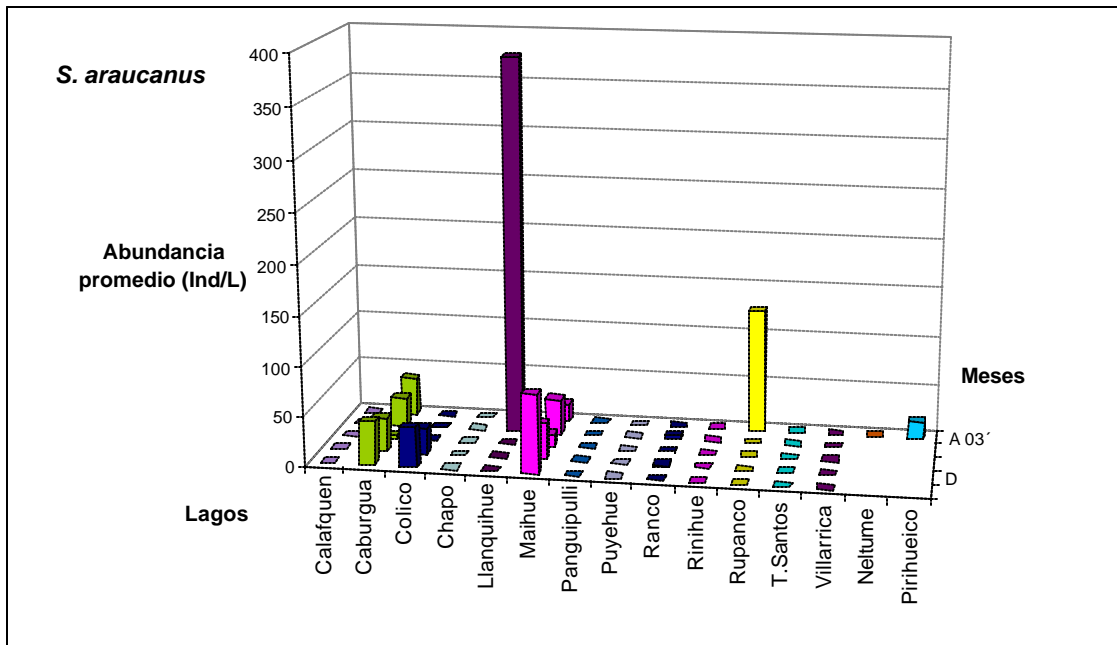
- Foissner, W. & Wölfl, S. (1994) Revision of the genus *Stentor* with the new description of *Stentor araucanus* n.sp. *Journal of Plankton Research*, 16, 255-289.
- Gaedke, U. (1992) Identifying ecosystem properties: a case study using plankton biomass size distributions. *Ecological Modelling*, 63, 277-298.
- González, R. (2005) “Efecto del suplemento de radiación UV-B en el crecimiento y desarrollo de tres especies arbóreas nativas del sur de Chile”. Tesis, Escuela de Licenciatura en Ciencias, facultad de Ciencias. Univ. Austral de Chile, 144 pp.
- James, M.R., Burns, C.W. & Forsyth, D.J. (1995). Pelagic ciliated protozoa in two monomictic, southern temperate lakes of contrasting trophic state: seasonal distribution and abundance. *Journal of Plankton Research*, 17, 1479-1500.
- Laybourn-Parry, J. (1994) Seasonal successions of protozooplankton in freshwater ecosystems of different latitudes. *Marine Microbial Food Webs*, 8, 145-162.
- Laybourn-Parry, J., Perriss S.J., Seaton G. & Rohozinski J. (1997) A mixotrophic ciliate as a major contributor to plankton photosynthesis in Australian lakes. *Limnology and Oceanography*, 42, 1463-1467.
- Modenutti, B., Balseiro, E. & Cervenelli, P. (1993) Effect of the selective feeding of *Galaxias maculatus* (*Salmoniformes, Galaxiidae*) on zooplankton of a South Andean lake, *Aquatic Sciences*, 55/1
- Modenutti, B.E. (1997) Distribution of the planktonic ciliates *Ophrydium naumanni* and *Stentor araucanus* in Andean oligotrophic lakes. *Rev-Soc-Mex-Hist-Nat* 1997, 47: 79-83.
- Modenutti B.E., Balseiro E.G., Quemaliños C.P., Suarez D.A.A., Dieguez M.C. & Albarino R.J. (1998a) Structure and dynamics of food webs in Andean lakes. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 3, 179-186.

- Modenutti, B.E., Balseiro, E.G., & Moeller, R. (1998b) Vertical distribution and resistance to ultraviolet radiation of a planktonic ciliate, *Stentor araucanus*. *Inter.Verh.Verein.Limnol*, 26, 1636-1640.
- Modenutti, B., Balseiro, E., Queimaliños, C. (2000) Ciliate community structure in two south Andean Lakes: the effect of lake water on *Ophrydium naumanni* distribution. *Aquatic Microb Ecol.*, Vol. 21: 299-307.
- Modenutti, B. & Balseiro, E. (2002) Mixotrophic ciliates in an Andean lakes: dependence on light and prey of on *Ophrydium naumanni* population. *Freshwater Biology*, 47, 121-128.
- Modenutti, B., E. Balseiro, C. Callieri, C. Queimaliños and R. Bertoni. 2004 Increase in photosynthetic efficiency as a strategy of planktonic organisms exploiting deep lake layers. *Freshwater Biol.*, 49: 160-169.
- Modenutti, B., Balseiro, E., Callieri, C., Bertoni, R., Queimaliños, C. (2005) Effect of UV-B and different PAR intensities on primary production of mixotrophic planktonic ciliate *Stentor araucanus*. *Limnol. Oceanogr.*, 50(3),864-871.
- Perriss S.J., Seaton G. & Rohozinski J. (1997) A mixotrophic ciliate as a major contributor to plankton photosynthesis in Australian lakes. *Limnology and Oceanography*, 42, 1463-1467.
- Queimaliños, C.P., Modenutti, B.E., & Balseiro, E. G. (1999) Symbiotic association of the ciliate *Ophrydium naumanni* with *Chlorella* causing a deep chlorophyll *a* maximum in an oligotrophic South Andes lake. *Journal of Plankton Research*, 21, 167-178.
- Riemann, B., Hawskum, H., Thingstad, T. F. & Berbard, C. 1995The role of mixotrophic pelagic environments. *Oecología*, 148 (4): 692-701.

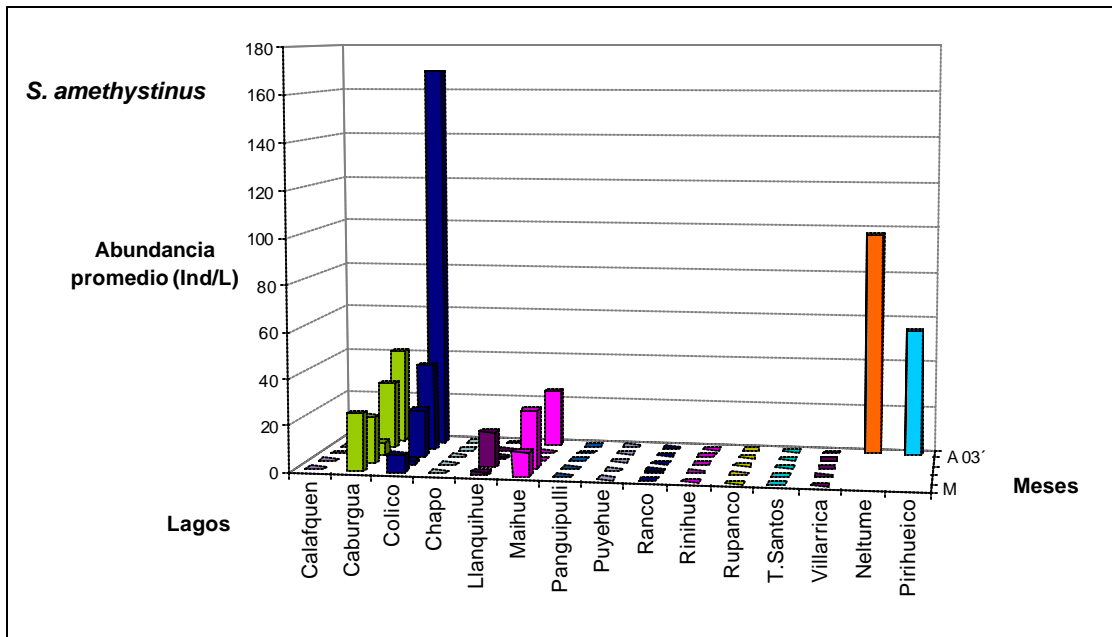
- Roger, I. J. (2000) Mixotrophy in planktonic protists: an overview. *Freshwater Biology*, 45 (2): 219-226.
- Sanders, R., Macaluso, A., Sardina, T., Mitchell, D. (2005) Photoreactivation in two freshwater ciliates: differential responses to variations in UV-B flux and temperature. *Aquat Microb Ecol.*, Vol. 40: 283-292.
- Stoecker, D. (1992) “Animals” that photosynthesize and “Plants” that eat. *Oceanus* 35 (3).
- Stoecker, D., Silver, M., Michaels, A., Davis, L. (1998) Obligate mixotrophy in *Laboea strobila*, a ciliate which retains chloroplasts. *Marine Biology*, 99, 415-423.
- Tartar, V. (1961) The biology of *Stentor*. Departamento de Zoology, University of Washington. 400 pp.
- Thomasson K. (1963) Araucanian Lakes. *Acta Phytogeographica Sueca*, 47, 1-139.
- Turner, J., Levinsen, H., Nielsen, T., & Winding, B. (2001) Zooplankton and predation on protozoans by copepod and barnacle nauplii in Disco bay, West Greenland. *Marine Ecology Progress series*, 221: 209-219.
- Wöfl, S. (1995) Untersuchungen zur Zooplanktonstruktur einschließlich der mikrobiellen Gruppen unter besonderer Berücksichtigung der mixotrophen ciliaten in zwei südchilenischen Andenfüßseen. Ph.D. thesis. University of Konstanz. Konstanzer Dissertationen 497, Hartung Gorre Verlag, Konstanz. 242 pp.
- Woelfl, S & Geller, W. (2002) *Chlorella*-bearing ciliates dominate in an oligotrophic North Patagonian Lake (Lake Pirehueico, Chile): abundance, biomass and symbiotic photosynthesis. *Freshwater Biology*, 47 (2): 231-242.

- Woelfl, S. (2007) The distribution of large mixotrophic ciliates (*Stentor*) in deep north Patagonian Lakes (Chile): first results. *Limnologica*, *In press*.

9. ANEXOS



Anexo1: Abundancia promedio (geométrico) de *S. amethystinus* en abril de 2003, abril, julio, diciembre de 2004 y marzo de 2005, en 15 Lagos de la Nord Patagonia, sur de Chile.



Anexo 2: Abundancia promedio (geométrico) de *S. araucanus* en abril de 2003, abril, julio, diciembre de 2004 y marzo de 2005, en 15 Lagos de la Nord Patagonia, sur de Chile.

Tabla 13: Datos de la literatura acerca de la abundancia y biomasa de *Stentor* para lagos oligotróficos (Wöfl, 1995). a: *S. araucanus* y *S. amethystinus* + HNF + ciliados + rotíferos + crustáceos (L. Pirihueico). f: *S. amethystinus* + ciliados + rotíferos + crustáceos. c: *S. amethystinus* + ciliados + crustáceos. f y c: lagos hemisferio norte.

Estado trofico	Clima	Abundancia (Ind L ⁻¹)	Biomasa (µg C L ⁻¹)	% Comunidad
Oligo	temperado	21-569	1.9-52 (16)	14-76 (47) ^a
Oligo-meso	temperado	0-7400	0-252 (86)	0-87 (49) ^f
Oligo	temperado	0-7000	0-450 (131)	0-90 (34) ^c
Oligo	subtropical	0-5000	0-80 (15)	0-50 (25-29) ^f