

Nota de Investigación/Research Note

Macrofauna bentónica de los humedales de tres lagos salinos en el borde costero del sur de Chile

Benthic macrofauna of three saline-lake wetlands on the coastal rim of southern Chile

C Bertrán^{1*}, L Vargas-Chacoff², F Peña-Cortés³, S Mulsow⁴, J Tapia⁵, E Hauenstein³, R Schlatter¹, A Bravo¹

¹ Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile. * E-mail: cbertran@uach.cl

² Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, 11510 Puerto Real, Cádiz, España.

³ Facultad de Ciencias, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile.

⁴ Instituto de Geociencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

⁵ Instituto de Química de Recursos Naturales, Universidad de Talca, Talca, Chile.

Resumen

Un lago costero es un tipo de ecosistema de agua interior que no se encuentra muy frecuentemente en Chile; los lagos Budi, Huillinco y Cucao son ejemplos de este tipo de ecosistemas. Se encontraron diferencias texturales en los sedimentos de estos lagos costeros. La grava constituyó el porcentaje más pequeño, con diferencias significativas entre los tres lagos ($P < 0.05$). Los porcentajes de arena y de fango también presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Los lagos Cucao y Huillinco se describen como de arena fangosa, en contraste con el Lago Budi que se describe como fango arenoso, compuesto principalmente de fango con un menor porcentaje de arena. Se encontraron diferencias estadísticas entre los lagos con respecto a las contribuciones de la materia orgánica a cada una de las fracciones. La macrofauna presente en estos cuerpos de agua pertenece a la fauna que habita en ambientes estuarinos en el sur de Chile. El Lago Budi presentó siete *taxa* y los lagos Huillinco y Cucao diez especies de macrofauna cada uno. No hubo ninguna diferencia significativa entre el número de especies capturadas en los tres lagos costeros ($P > 0.05$), pero sí surgieron diferencias al comparar entre estaciones. Las abundancias totales presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en las comparaciones hechas entre los lagos y entre las estaciones. La salinidad y el tamaño del sedimento podrían estar limitando la densidad y el número de especies en estos lagos.

Palabras clave: macrofauna bentónica, humedal, lago costero, sedimentos, Lago Budi, Lago Huillinco, Lago Cucao.

Abstract

A coastal-lake wetland is a type of inland water ecosystem that does not occur very frequently in Chile, of which lakes Budi, Huillinco and Cucao are examples. Textural differences were found in the various constituent parts of the coastal lake sediments. Gravel was the smallest fraction and showed significant differences among the three coastal lakes ($P < 0.05$). Significant differences ($P < 0.05$) were also recorded for the sand and mud fractions. Lakes Cucao and Huillinco are described as muddy sand, in contrast to Lake Budi, which is described as sandy mud, composed primarily of mud with a smaller percentage of sand. There were statistical differences among the lakes with regard to the contributions of organic matter in each fraction. The macrofauna in these bodies of water belongs to the fauna inhabiting estuary environments in southern Chile. Lake Budi had seven taxa, and lakes Huillinco and Cucao ten species of macrofauna each. There were no significant differences in the number of species captured at the three coastal lakes ($P > 0.05$), but differences did emerge in comparisons made among the sampling stations. Total abundances showed significant differences ($P < 0.05$) in comparisons made both among the lakes and the stations. Salinity and grain size could be limiting the density and number of species at the lakes.

Key words: benthic macrofauna, wetland, coastal lake, sediments, Lake Budi, Lake Huillinco, Lake Cucao.

Introducción

Los lagos o lagunas costeros son cuerpos de agua que, por su localización, son influenciados por la presencia de agua de mar y constituyen un ecosistema de agua interior particular (Quintino *et al.* 1987, Stuardo 1988, Stuardo y Valdovinos 1989, Stoner y Acevedo 1990). La entrada de agua con un alto contenido salino, aunque sea ocasionalmente, permite la existencia de fauna con características estuarinas (Day y Yáñez-Arancibia 1982, Stuardo y Valdovinos 1989). En Chile,

Introduction

Coastal lakes or lagoons are bodies of water that because of their location are influenced by the presence of seawater and constitute a particular type of inland water ecosystem (Quintino *et al.* 1987, Stuardo 1988, Stuardo and Valdovinos 1989, Stoner and Acevedo 1990). The influx of water with a high saline content, albeit only occasionally, permits the existence of fauna with estuarine characteristics (Day and Yáñez-Arancibia 1982, Stuardo and Valdovinos 1989). In Chile, lakes

los lagos Budi, Huillinco y Cucao se conocen como ambientes costeros con influencia marina, por lo menos en algún momento del año (Stuardo y Valdovinos 1989). Existen algunos datos sobre la macrofauna del Lago Budi (Stuardo *et al.* 1989), pero en la literatura existe muy poca información sobre los lagos Huillinco y Cucao, ambos localizados en la isla de Chiloé.

El objetivo del presente trabajo fue la descripción de uno de los niveles ecológicos (bentos) de los lagos Budi, Huillinco y Cucao, los cuales abarcan un transecto de aproximadamente 437 km de largo en el suroeste de Chile, como una primera fase de estudios futuros.

Material y métodos

Área de estudio

Budi (38°49'30" S, 73°23'30" W), Huillinco (42°41' S, 73°54' W) y Cucao (42°39' S, 74°00' W) son tres lagunas costeras en el suroeste de Chile. Este estudio se llevó a cabo en julio de 2003, estableciéndose seis estaciones de muestreo en cada lago (fig. 1). Las estaciones fueron seleccionadas de acuerdo con la forma de cada lago.

Muestreo

En cada lago se midió la salinidad (ups) al fondo de la columna de agua con un refractómetro Atago S/Mill. Se obtuvieron cinco réplicas para el análisis de la macrofauna y del sedimento en cada estación, mediante una draga tipo Emery (0.025 m²).

Características del sedimento y muestras de macrofauna

Para la determinación de las características texturales del sedimento se realizó un tamizado en húmedo, utilizando un tamiz de -1.0 ϕ para separar la grava y uno de 4 ϕ para separar la arena y el fango (Emery 1938, Folk 1980, Bryant *et al.* 1987). El contenido de materia orgánica se determinó como la pérdida de peso después de combustión a 550°C durante 10 h (Mills 1978). Las muestras de macrofauna fueron filtradas a través de un tamiz de 0.5 mm de luz de malla y el residuo se fijó en formalina al 10% y se mantuvo en alcohol de 70° para su posterior análisis en el laboratorio mediante un microscopio binocular.

Análisis estadístico

Para evaluar las diferencias biológicas (número de especies y abundancia) entre los lagos, se aplicó un análisis de varianza anidado con el siguiente orden jerárquico: lagos, estaciones (en cada lago) y réplicas (de cada estación). Para evaluar las diferentes características físicas (porcentaje de las diferentes fracciones en el sedimento y la materia orgánica) de cada estación, se utilizó un análisis de varianza anidado con el siguiente orden jerárquico: lagos, estaciones (en cada lago) y

Budi, Huillinco and Cucao are known as coastal environments with seawater influence, at least at some point during the year (Stuardo and Valdovinos 1989). Some data of the macrofauna have been recorded for Lake Budi (Stuardo *et al.* 1989), but there is very little information in the literature about lakes Huillinco and Cucao, both located on the island of Chiloé.

The objective of our study was to describe one of the ecological levels (benthos) of lakes Cucao, Huillinco and Budi, located over a transect approximately 437-km long in southwestern Chile, as a first approach for future studies.

Material and methods

Study area

Budi (38°49'30" S, 73°23'30" W), Huillinco (42°41' S, 73°54' W) and Cucao (42°39' S, 74°00' W) are three coastal lagoons in southwestern Chile. This study was conducted in July 2003 and six sampling stations were established at each lake (fig. 1). The sampling stations were selected according to the shape of each lake.

Sampling

At each lake, the salinity was measured (psu) at the bottom of the water column using an Atago S/Mill refractometer. Five

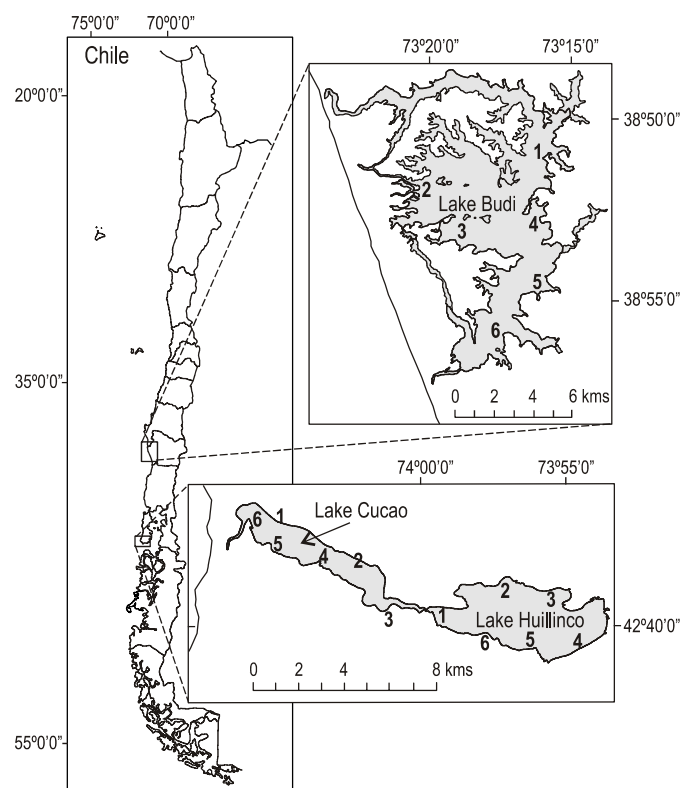


Figura 1. Localización del área de estudio. Los cuadros indican los lagos y los números las estaciones de muestreo.

Figure 1. Location of the study area. The squares indicate the lakes and the numbers the sampling stations.

réplicas (de cada estación). En la evaluación de las características físicas fue necesario transformar los datos con arco \sqrt{P} . Cuando se encontraron diferencias significativas, se aplicó la prueba *a posteriori* HSD de Tukey. Se utilizó un nivel de probabilidad de 0.05 para definir los valores de significancia.

Resultados

Salinidad

La salinidad media de los lagos Budi, Cucao y Huillinco fue de alrededor de 10 ± 0.04 , 20 ± 0.14 y 28 ± 0.03 (promedio \pm error estándar), respectivamente, y no mostró variación significativa entre las estaciones de cada lago (tabla 1).

Características del sedimento

En el Lago Budi, el fango (limo y arcilla) fue la fracción predominante en casi todas las estaciones, comprendiendo más del 50% del contenido total. En los dos lagos en Chiloé, la fracción de arena fue la mejor representada, alcanzando valores cercanos al 90% en algunas estaciones, especialmente en el Lago Huillinco (tabla 2).

Los resultados del análisis de varianza anidado mostraron diferencias significativas entre los tres lagos para la fracción de grava, así como para la arena y el fango (tabla 3a). La prueba *a posteriori* indicó diferencias significativas entre los tres lagos en cuanto a grava, arena y fango, así como entre las estaciones de cada lago. El análisis de varianza anidado para el contenido de materia orgánica en cada fracción del sedimento mostró diferencias significativas entre fracciones (grava, arena y fango) en los diferentes lagos (tabla 3b); sin embargo, la prueba *a posteriori* mostró diferencias significativas entre los tres lagos en cuanto a las fracciones de grava, arena y fango, así como entre las estaciones de cada lago.

Macrofauna

La macrofauna del Lago Budi estuvo constituida por 7 taxones, pertenecientes a los filos Annelida (2), Arthropoda (3) y Mollusca (2), siendo las especies *Prionospio patagonica* (Polychaeta, Spionidae) y *Littoridina cummingi* (Mollusca, Cyamiidae) las más abundantes. La mayor densidad registrada por estación de muestreo fue 680 ind m^{-2} en la estación 4 (tabla 4). En los lagos Huillinco y Cucao se encontraron 10 especies de macrofauna, distribuidas entre los filos Annelida, Arthropoda y Mollusca. Las especies más abundantes fueron *P.*

replicates were obtained for analysis of the macrofauna and sediment from each station, using an Emery dredge (0.025 m²).

Sedimentary characteristics and macrofauna samples

To determine the textural characteristics of the sediment, a wet-mix screening was performed using a -1.0ϕ sieve to separate the gravel and a 4ϕ sieve to separate the sand from the mud (Emery 1938, Folk 1980, Bryant *et al.* 1987). The organic matter content was determined as the loss of weight after combustion at 550°C for 10 h (Mills 1978). The macrofauna samples were filtered in a 0.5-mm-mesh sieve and the residue was fixed with 10% formalin and kept in alcohol at 70° for subsequent analysis in the laboratory under a binocular microscope.

Statistical analysis

To evaluate the biological differences (number of species and abundance) between the lakes, a nested ANOVA was used with the following hierarchical order: lakes, stations (at each lake) and replicas (from each station). To evaluate the different physical characteristics (percentage of different fractions in the sediment and organic matter) of each lake, a nested ANOVA was used with the following hierarchical order: lakes, stations (within each lake) and replicas (from each station). For the analysis of the physical characteristics it was necessary to transform the data with arc \sqrt{P} . When significant differences were found, Tukey's HSD *a posteriori* test was applied. A probability level of 0.05 was used to define the significance values.

Results

Salinity

The average salinity of lakes Budi, Cucao and Huillinco was around 10 ± 0.04 , 20 ± 0.14 and 28 ± 0.03 , respectively (average of all the sampling stations and standard error), with no great variations among the stations at each lake (table 1).

Sedimentary characteristics

At Lake Budi, the mud fraction (silt and clay) predominated at practically each station under study, accounting for

Tabla 1. Salinidad (%) de los lagos Budi, Huillinco y Cucao. Cada valor corresponde al promedio de cinco réplicas (\pm error estándar).
Table 1. Salinity (%) of lakes Budi, Huillinco and Cucao. Each value corresponds to the average of five replicas (\pm standard error).

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6
Lake Budi	10.0 ± 0.05	10.0 ± 0.03	10.2 ± 0.02	10.1 ± 0.04	10.0 ± 0.01	10.3 ± 0.03
Lake Huillinco	27.9 ± 0.02	27.9 ± 0.03	27.8 ± 0.08	27.9 ± 0.04	28.0 ± 0.07	27.7 ± 0.05
Lake Cucao	19.5 ± 0.04	20.6 ± 0.01	19.4 ± 0.01	20.2 ± 0.03	19.7 ± 0.03	19.8 ± 0.02

patagonica (Polychaeta, Spionidae) y *Paracorophium hartmannorum* (Crustacea, Corophiidae). La mayor densidad por estación de muestreo fue 2800 ind m⁻² en la estación 3 del Lago Huillinco y 2456 ind m⁻² en la estación 2 del Lago Cucao (tabla 4).

El análisis de varianza anidado para el número de especies mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las estaciones de cada lago, pero no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los lagos (tabla 5a). La prueba *a posteriori* mostró algunas diferencias significativas entre las estaciones, especialmente para la estación 6 del Lago Cucao en relación con las estaciones 3 y 5 del Lago Budi y la estación 6 del Lago Huillinco; sin embargo, la estación 1 de Cucao y la 4 de Huillinco sí presentaron diferencias significativas. El resultado del segundo análisis de varianza anidado indicó la existencia de diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las abundancias de la macrofauna que habita los tres lagos y entre las estaciones (tabla 5b). La prueba *a posteriori* mostró diferencias significativas entre los lagos, sólo con respecto al Lago Budi, sin existir diferencias significativas entre Huillinco y Cucao.

Discusión

Los sedimentos de los tres lagos se diferencian notablemente, especialmente en el alto porcentaje de materia fina

more than 50% of the total content. At the two lakes on Chiloé, the sand fraction was best represented, reaching values close to 90% at some stations, especially at Lake Huillinco (table 2).

The results of the nested ANOVA indicated significant differences among the three lakes for the gravel fraction, as well as for the sand and mud fractions (table 3a). The *a posteriori* test showed significant differences among the three lakes for gravel, sand and mud, and also among stations at each lake. A subsequent nested ANOVA for the organic matter content in each sediment fraction indicated significant differences between fractions (gravel, sand and mud) at the different lakes (table 3b); however, the *a posteriori* test showed significant differences among the three lakes for the gravel, sand and mud fractions, and also among the stations at each lake.

Macrofauna

Lake Budi's macrofauna consisted of 7 taxa, ascribed to the phyla Annelida (2), Arthropoda (3) and Mollusca (2), the most abundant species being *Prionospio patagonica* (Polychaeta, Spionidae) and *Littoridina cummingi* (Mollusca, Cyamiidae). The highest density registered per sampling station was 680 ind m⁻² at station 4 (table 4). At lakes Huillinco and Cucao, 10 species of macrofauna were found, distributed among the phyla Annelida, Arthropoda and Mollusca. The most abundant

Tabla 2. Porcentaje de las diferentes fracciones en el sedimento y materia orgánica de los lagos Budi, Huillinco y Cucao. Cada valor corresponde al promedio de cinco réplicas (\pm error estándar)

Table 2. Percentage of the different fractions in the sediment and organic matter from lakes Budi, Huillinco and Cucao. Each value corresponds to the average of five replicas (\pm standard error).

Station		Lake Budi		Lake Huillinco		Lake Cucao	
		Fraction (%)	Organic (%)	Fraction (%)	Organic (%)	Fraction (%)	Organic (%)
1	Gravel	0.51 \pm 0.03	15.38 \pm 0.79	3.21 \pm 0.09	52.71 \pm 0.28	0.38 \pm 0.00	6.93 \pm 0.35
	Sand	21.02 \pm 0.98	22.49 \pm 0.60	93.53 \pm 0.47	14.35 \pm 0.51	64.01 \pm 0.89	28.67 \pm 0.89
	Mud	78.47 \pm 1.29	22.06 \pm 0.76	3.27 \pm 0.38	32.39 \pm 0.66	35.61 \pm 0.57	23.39 \pm 0.66
2	Gravel	0.00 \pm 0.00	0.00 \pm 0.00	1.93 \pm 0.19	19.54 \pm 0.38	0.01 \pm 0.00	50.01 \pm 0.60
	Sand	26.94 \pm 1.08	19.33 \pm 0.66	93.35 \pm 0.66	7.44 \pm 0.28	83.34 \pm 0.89	40.72 \pm 0.73
	Mud	73.06 \pm 1.42	17.82 \pm 0.44	4.72 \pm 0.22	12.39 \pm 0.35	16.65 \pm 0.35	30.56 \pm 0.73
3	Gravel	1.23 \pm 0.03	0.74 \pm 0.00	0.08 \pm 0.00	64.00 \pm 0.63	0.01 \pm 0.00	50.00 \pm 1.20
	Sand	34.11 \pm 1.08	12.18 \pm 0.51	85.44 \pm 0.54	22.09 \pm 0.44	82.95 \pm 0.98	43.71 \pm 0.85
	Mud	64.65 \pm 1.29	13.41 \pm 0.44	14.47 \pm 0.41	11.66 \pm 0.47	17.04 \pm 0.38	36.71 \pm 0.98
4	Gravel	1.47 \pm 0.03	0.01 \pm 0.00	6.25 \pm 0.32	0.54 \pm 0.06	1.34 \pm 0.03	38.51 \pm 0.98
	Sand	46.52 \pm 0.98	9.08 \pm 0.41	93.64 \pm 0.66	1.65 \pm 0.16	79.14 \pm 1.20	24.57 \pm 0.89
	Mud	52.01 \pm 0.85	14.70 \pm 0.66	0.11 \pm 0.06	22.58 \pm 0.41	19.52 \pm 0.60	19.87 \pm 0.51
5	Gravel	1.54 \pm 0.03	1.37 \pm 0.03	0.02 \pm 0.00	50.00 \pm 0.57	0.65 \pm 0.03	17.04 \pm 0.41
	Sand	13.24 \pm 0.28	16.27 \pm 0.66	81.17 \pm 0.73	51.33 \pm 0.73	80.05 \pm 1.30	32.69 \pm 1.23
	Mud	85.22 \pm 1.29	20.59 \pm 0.98	18.82 \pm 0.32	30.70 \pm 0.85	19.30 \pm 0.51	28.44 \pm 0.85
6	Gravel	3.60 \pm 0.06	2.44 \pm 0.19	28.33 \pm 0.44	0.21 \pm 0.00	0.34 \pm 0.00	0.42 \pm 0.00
	Sand	94.36 \pm 1.17	1.87 \pm 0.00	60.35 \pm 1.08	48.61 \pm 0.88	99.36 \pm 1.17	1.02 \pm 0.03
	Mud	2.04 \pm 0.03	15.16 \pm 0.66	11.31 \pm 0.51	39.35 \pm 0.98	0.30 \pm 0.00	24.08 \pm 1.08

Tabla 3. (a) Resultados del análisis de varianza anidado basado en los lagos, número de estaciones de muestreo y réplicas de las diferentes fracciones de sedimento en cada estación. (b) Resultados del análisis de varianza anidado basado en los lagos, número de estaciones y porcentaje de materia orgánica (OM) de cada fracción de sedimento en cada estación.

Table 3. (a) Results of the nested analysis of variance based on the lakes, number of sampling stations and replicates of different fractions of sediment at each station. (b) Results of the nested analysis of variance based on the lakes, number of stations and percentage of organic matter (OM) of each sediment fraction at each station.

(a)	df	F	P	(b)	df	F	P
% Gravel				% OM of gravel			
Lakes	2	560723	0.00	Lakes	2	372052	0.00
Station (lakes)	15	283626	0.00	Station (lakes)	15	111125	0.00
Error	72			Error	72		
% Sand				% OM of sand			
Lakes	2	13569	0.00	Lakes	2	245622	0.00
Station (lakes)	15	1700	0.00	Station (lakes)	15	243068	0.00
Error	72			Error	72		
% Mud				% OM of mud			
Lakes	2	14731344	0.00	Lakes	2	50938	0.00
Station (lakes)	15	1709123	0.00	Station (lakes)	15	18931	0.00
Error	72			Error	72		

registrado para el Lago Budi. Esta situación, de acuerdo con Peña-Cortés *et al.* (2004), está asociada con un uso intensivo del suelo y prácticas de cultivo inapropiadas, las cuales agravan la erosión de la tierra por el agua, el transporte de sedimento y la formación de llanos aluviales en la confluencia de los arroyos y el lago. En contraste, a la tierra adyacente a los lagos de Chiloé (Cucao y Huillinco) se le da otro uso y, en general, los procesos de erosión apenas comienzan. Se encontró una diferencia significativa entre los lagos en cuanto al contenido de materia orgánica, pero el porcentaje de contribución es mayor que el citado para el cercano estuario de Queule por Jaramillo *et al.* (1984) y la parte baja del Río Bío-Bío por Bertrán *et al.* (2001).

El número de especies no mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tres lagos, pero se encontraron diferencias significativas entre las estaciones de cada lago. Esto podría deberse a la existencia de biotopos particulares (e.g., costas con o sin vegetación, playas arenosas o fangosas, etc.). Cada uno de estos ambientes debería tener su propia fauna según su localización y las características particulares del sitio. Asimismo, las densidades presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los lagos y entre las estaciones. El hecho de haberse observado la menor densidad de microfauna en el Lago Budi puede estar relacionado con su menor salinidad y mayor porcentaje de sedimentos finos, con valores que apenas exceden 10%, o con los altos niveles de eutroficación y sedimentación (valores mayores que 80% de fango), como ha sido indicado por Stuardo *et al.* (1989) y Hauenstein *et al.* (1999). Las especies registradas coinciden para los tres lagos y concuerdan con lo encontrado por Stuardo *et al.* (1989) para el Lago Budi y con la macrofauna registrada para ambientes estuarinos, en particular con los taxones característicos de ambientes estuarinos tales como el poliqueto *Perinereis gualpensis* y el anfípodo *Paracorophium chilensis* en el estuario del Río Lingue

species were *P. patagonica* (Polychaeta, Spionidae) and *Paracorophium hartmannorum* (Crustacea, Corophiidae). The highest density per sampling station was 2800 ind m⁻² for station 3 at Lake Huillinco and 2456 ind m⁻² for station 2 at Lake Cucao (table 4).

The result of the nested ANOVA for the number of species indicates significant differences ($P < 0.05$) among the stations at each lake, but no significant differences ($P > 0.05$) between the lakes (table 5a). The *a posteriori* test showed some significant differences among stations, especially for station 6 at Lake Cucao relative to stations 3 and 5 at Lake Budi and station 6 at Lake Huillinco; however, Cucao's station 1 and Huillinco's station 4 showed significant differences. The result of the second nested ANOVA determined that there were significant differences ($P < 0.05$) between the abundances of the macrofauna inhabiting the three lakes and also between the stations (table 5b). The *a posteriori* test showed significant differences among lakes, only in relation to Lake Budi, with no significant differences between Huillinco and Cucao.

Discussion

The sediments of the three lakes are sharply differentiated, especially in the high percentage of fine matter found at Lake Budi. This situation, according to Peña-Cortés *et al.* (2004), is associated with intensive land use and unsuitable cultivation practices, which exacerbate the erosion of the soil by water, the transportation of sediments and the formation of alluvial plains at the confluences of streams and lake. In contrast, the land around the Chiloé lakes (Cucao and Huillinco) is put to other uses and, in general, the erosion processes are only beginning. There was significant difference between the lakes in the total of organic matter content, but the contribution percentage is greater than that cited for the nearby Queule Estuary by

Tabla 4. Abundancia de las especies de macroinfauna (ind m⁻²) en cada una de las seis estaciones de muestreo establecidas en los lagos Budi, Huillinco y Cucao. Cada valor corresponde al promedio de cinco réplicas (\pm error estándar).

Table 4. Abundance of species of macroinfauna (ind m⁻²) at each of the six sampling stations established at lakes Budi, Huillinco and Cucao. Each value corresponds to the average of five replicas (\pm standard error).

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6
Lake Budi						
Phyllum Annelida						
<i>Prionospio patagonica</i>	40 \pm 0	136 \pm 14	456 \pm 62	360 \pm 32	272 \pm 54	336 \pm 60
<i>Perinereis gualpensis</i>	8 \pm 5					
Phyllum Mollusca						
<i>Littoridina cummingi</i>		32 \pm 14		288 \pm 115		
<i>Kinguiella chilena</i>		40 \pm 9	24 \pm 11	24 \pm 7		8 \pm 5
Phyllum Arthropoda						
<i>Paracorophium hartmannorum</i>	128 \pm 42				8 \pm 5	
Trichoptera				8 \pm 5		
Chironomidae						24 \pm 7
Total	176	208	480	680	280	398
Lake Huillinco						
Phyllum Annelida						
Oligochaeta		16 \pm 11				
<i>Perinereis gualpensis</i>	24 \pm 17	16 \pm 7	16 \pm 7			
<i>Polydora sp.</i>	32 \pm 14					
<i>Prionospio patagonica</i>	1584 \pm 506	1208 \pm 281	2536 \pm 136	672 \pm 135	416 \pm 100	576 \pm 219
Phyllum Mollusca						
<i>Chilina sp.</i>			8 \pm 5			
<i>Littoridina cummingi</i>				16 \pm 11		
Phyllum Arthropoda						
<i>Paracorophium hartmannorum</i>		240 \pm 44	240 \pm 44	104 \pm 14	24 \pm 11	32 \pm 6
<i>Cheus sp.</i>				176 \pm 26	32 \pm 16	
<i>Endochinomorvus sp.</i>					48 \pm 34	
<i>Orthocladus sp.</i>		24 \pm 17				
Total	1640	1504	2800	965	520	608
Lake Cucao						
Phyllum Annelida						
Oligochaeta			8 \pm 5			
<i>Pectinaria sp.</i>		48 \pm 27			8 \pm 5	
<i>Perinereis gualpensis</i>	16 \pm 5	24 \pm 11	16 \pm 7	16 \pm 11	16 \pm 7	
<i>Prionospio patagonica</i>	528 \pm 99	2328 \pm 413	560 \pm 46	176 \pm 57	696 \pm 98	664 \pm 285
Phyllum Mollusca						
<i>Chilina sp.</i>						1088 \pm 173
Phyllum Arthropoda						
<i>Paracorophium hartmannorum</i>		24 \pm 11	48 \pm 10	24 \pm 11	48 \pm 13	488 \pm 153
<i>Asselus sp.</i>						8 \pm 5
<i>Cheus sp.</i>		24 \pm 11				24 \pm 11
<i>Limnoperla jaffueli</i>		8 \pm 5				
<i>Orthocladus sp.</i>	48 \pm 12					
Total	591	2456	632	216	768	2272

Tabla 5. (a) Análisis de varianza anidado con base en los lagos, el número de estaciones y el número de especies en cada estación de muestreo. (b) Análisis de varianza anidado con base en los lagos, el número de estaciones y la abundancia en cada estación de muestreo.
Table 5. (a) Nested analysis of variance based on the lakes, number of stations and number of species at each station. (b) Nested analysis of variance based on the lakes, number of stations and abundance at each station.

(a)	df	F	P	(b)	df	F	P
Lakes	2	1.66	0.20	Lakes	2	18.43	0.00
Station (lakes)	15	3.11	0.00	Station (lakes)	15	7.24	0.00
Error	72			Error	72		

(Bertrán 1984, 1989; Richter 1985) o el poliqueto *Prionospio (Minuspio) chilensis*, el cual es dominante en el estuario del Río Queule (Jaramillo *et al.* 1985). El número de especies encontradas en los lagos Budi, Huillinco y Cucao es menor que el registrado para otros lagos costeros, como la Laguna Joyuda en Puerto Rico (Stoner y Acevedo 1990) con más de 20 especies y densidades de hasta 4000 ind m⁻², la Laguna Szczecin en Polonia (Maslowski 1992) con 97 especies y densidades de hasta 20,803 ind m⁻², y las lagunas de Venecia en Italia (Sfriso *et al.* 2001) con 97 especies y densidades que varían entre 494 y 4018 ind m⁻². Un factor común de estos casos son los valores de salinidad (entre 28‰ y 35‰), los cuales son mucho mayores que los registrados en estos lagos costeros, mostrando el Lago Budi menor salinidad y menor número de especies y densidades.

Las propiedades físicas de los sedimentos y la variabilidad de la salinidad son considerados los factores que más influyen en la estructura de las comunidades acuáticas. La estructura trófica del macrobentos en estuarios del Golfo de México, por ejemplo, está relacionada con los gradientes ambientales de salinidad, profundidad y contenido de limo y arcilla (Gaston *et al.* 1998). Un estudio realizado en el sureste de Australia mostró que la distribución y abundancia del macrobentos se relaciona principalmente con la salinidad (e indirectamente con la longitud), pero no con las propiedades del sedimento (Hirst 2004). Nanami *et al.* (2005) describieron evidentes diferencias espaciales en los grupos macrobénticos, relacionadas con variables ambientales como el tamaño medio de grano y la salinidad. Por ejemplo, *Prionospio japonica* es una especie que se encuentra en sitios con mayor tamaño de grano (arena) y salinidad (9‰). En este trabajo, *Prionospio patagonica* fue la principal especie registrada, presentando una mayor distribución en el Lago Huillinco, donde el tamaño de grano (arena) y la salinidad (28‰) son mayores.

Agradecimientos

Este estudio recibió apoyo financiero del FONDECYT, proyecto 1030861, "Integrated Analysis of the Coastal Rim of the IX Region: Proposals and Criteria for the Ecological Planning of the Wetlands". Los autores agradecen al editor y los tres revisores anónimos sus comentarios valiosos a una versión anterior de este manuscrito.

Traducido al español por Christine Harris.

Jaramillo *et al.* (1984) and the lower Bío-Bío River by Bertrán *et al.* (2001).

The number of species did not indicate significant differences ($P > 0.05$) among the three coastal lakes, but significant differences were found between the stations at each lake. This could be due to the existence of particular biotopes (e.g., shores with or without vegetation, sandy or muddy beaches, etc.). Each of these environments should possess its own fauna, according to the location and particular characteristics of the site. Moreover, the densities presented significant differences ($P > 0.05$) between the lakes as well as between the stations. The fact that the lowest density of macrofauna was observed at Lake Budi could be related to its lower salinity and the greater percentage of fine sediments, with values barely exceeding 10%, or to the high levels of eutrophication and sedimentation (values greater than 80% of mud), as indicated by Stuardo *et al.* (1989) and Hauenstein *et al.* (1999). The species captured are coincident for the three coastal lakes and match the findings of Stuardo *et al.* (1989) for Lake Budi and the macrofauna cited for estuarine environments, in particular the taxa characteristic of estuarine environments, such as the polychaete *Perinereis gualpensis* and the amphipod *Paracorophium chilensis* in the Lingue River estuary (Bertrán 1984, 1989; Richter 1985) or the polychaete *Prionospio (Minuspio) chilensis*, which is dominant in the Queule River estuary (Jaramillo *et al.* 1985). The number of species recorded at lakes Budi, Huillinco and Cucao is less than that reported for other coastal lakes, such as Joyuda Lagoon in Puerto Rico (Stoner and Acevedo 1990), with over 20 species and densities of up to 4000 ind m⁻²; Szczecin Lagoon in Poland (Maslowski 1992), with 97 species and densities of up to 20,803 ind m⁻²; and Venice lagoons in Italy (Sfriso *et al.* 2001), with 97 species and densities ranging from 494 to 4018 ind m⁻². A common factor in these cases can be found in the salinity values (between 28‰ and 35‰), which are much higher than those recorded for our coastal lakes, and Budi Lake has less salinity and lower number of species and densities.

The physical properties of sediments and variability in salinity are considered to be the most influential on the structure of aquatic communities. The trophic structure of macrobenthos in estuaries of the Gulf of Mexico, for example, is related to environmental gradients in salinity, depth and silt/clay content (Gaston *et al.* 1998). Another study in southeastern Australia showed that the distribution and abundance of macrobenthos is related mainly to salinity (and indirectly to

Referencias

- Bertrán C. 1984. Macroinfauna intermareal en un estuario del sur de Chile (estuario del río Lingue, Valdivia). *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 19: 33–46.
- Bertrán C. 1989. Zonación y dinámica temporal de la macroinfauna intermareal en el estuario del río Lingue (Valdivia, Chile). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 62: 19–32.
- Bertrán C, Arenas J, Parra O. 2001. Macrofauna del curso inferior y estuario de río Biobío (Chile): Cambios asociados a variabilidad estacional del caudal hídrico. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 74: 331–340.
- Bryant E, Lee E, Johnson D, Mockett N. 1987. Calibration of settling tubes for collective particle settling. *J. Sediment. Petrol.* 57: 784–785.
- Day J, Yáñez-Arancibia A. 1982. Coastal lagoons and estuaries: Ecosystem approach. *Cienc. Interam.* 22: 11–26.
- Emery K. 1938. Rapid method of mechanical analysis of sand. *J. Sediment. Petrol.* 8: 105–111.
- Folk RL. 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Co., Austin, Texas, 184 pp.
- Gaston G, Rokocinski C, Brown S, Cleveland C. 1998. Trophic function in estuaries: Response in macrobenthos. *Trans. R. Soc. Australia* 108: 51–62.
- Hauenstein E, González M, Leiva L, Falcón L. 1999. Flora de macrófitos y bioindicadores del lago Budi (IX Región, Chile). *Gayana Bot.* 56: 53–62.
- Hirst A. 2004. Broad-scale environmental gradient among estuarine benthic macrofaunal assemblages of southeastern Australia: Implications for monitoring estuaries. *Mar. Freshwat. Res.* 55: 79–92.
- Jaramillo E, Mulsow S, Pino M, Figueroa H. 1984. Subtidal benthic macroinfauna in an estuary of south of Chile: Distribution pattern in relation to sediment types. *Mar. Ecol.* 5: 119–133.
- Jaramillo E, Bertrán C, Aguilar G, Turner A, Pino M. 1985. Annual fluctuations of the subtidal macroinfauna in an estuary of south of Chile. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 20: 33–44.
- Masłowski J. 1992. Bottom macrofauna of the Szczecin Lagoon (north-western Poland). *Acta Hydrobiol.* 34: 253–274.
- Mills A. 1978. A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia* 57: 45–52.
- Nanami A, Saito H, Akita T, Motomatsu K, Kuwuhara H. 2005. Spatial distribution and assemblage structure of macrobenthic invertebrates in a brackish lake in relation to environmental variables. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 63: 167–176.
- Peña-Cortés F, Hauenstein E, Durán T, Bertrán C, Schlatter R, Tapia J. 2004. Análisis Integrado del Borde Costero de la IX Región: Propuestas y Criterios para la Planificación Ecológica de sus longitudes), but not to properties of the sediment (Hirst 2004). Nanami *et al.* (2005) described clear spatial differences in macrobenthic assemblages related to environmental variables such as mean grain size and salinity. For example, *Prionospio japonica* is a species that occurs at sites with larger grain size (sand) and higher salinity (9‰). In this study, *Prionospio patagonica* was the main species found, with a broader distribution at Lake Huillinco, which has larger grain size (sand) and higher salinity (28‰).

Acknowledgements

This study received financial support from FONDECYT, project 1030861, “Integrated Analysis of the Coastal Rim of the IX Region: Proposals and Criteria for the Ecological Planning of the Wetlands”. The authors would like to thank the editor and three anonymous reviewers for their helpful comments on an earlier version of this manuscript.

Humedales. Informe de Avance Año 1, Proyecto FONDECYT 1030861, 150 pp.

- Quintino V, Rodrigues A, Gentil F, Peneda M. 1987. Macrozoobenthic community structure in the Lagoon of Albufeira, western coast of Portugal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 106: 229–241.
- Richter W. 1985. Distribution of the soft-bottom macroinfauna in an estuary of southern Chile. *Mar. Biol.* 86: 93–100.
- Sfriso A, Birkemeyer T, Ghetti P. 2001. Benthic macrofauna changes in areas of Venice lagoons populated by seagrasses or seaweeds. *Mar. Environ. Res.* 52: 323–349.
- Stoner A, Acevedo C. 1990. The macrofaunal community of a tropical estuarine lagoon. *Estuaries* 13: 174–181.
- Stuardo J. 1988. Caracteres faunísticos generales del río Biobío y su relación con la zona costera adyacente. Programa Cuenca del Biobío. In: C. Murcia (ed.), Tomo I: Origen, Uso y Perspectivas del Río Biobío. Universidad de Concepción, pp. 39–50.
- Stuardo J, Valdovinos C. 1989. Estuarios y lagos costeros: Ecosistemas importantes del Chile central. *Ambiente y Desarrollo* 5: 107–115.
- Stuardo J, Valdovinos C, Dellarossa V. 1989. Caracterización general del lago Budi: Una laguna costera salobre de Chile central. *Cienc. Tecnol. Mar, CONA*, 13: 57–69.

*Recibido en marzo de 2005;
aceptado en agosto de 2006.*