

## MORFOMETRIA DEL LAGO PULLINQUE (PROVINCIA DE VALDIVIA, CHILE)

Carlos Varela

Instituto de Zoología, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile  
Valdivia, Chile

### RESUMEN

El lago Pullinque, está ubicado en las coordenadas La 39° 33' 31" S y Lo 72° 08' 50" W y su nivel medio se encuentra a 200 m.s.n.m. Se construyó una carta batimétrica y en base a ella se calcularon los siguientes parámetros morfométricos: Largo máximo (lm) 4.965 m; Largo máximo efectivo (lme) 4.785 m; Ancho máximo (bm) 1.725 m; Ancho medio ( $\bar{b}$ ) 1.162 m; Perímetro (L) 14.460 m; Área (A) 5,77 km<sup>2</sup>; Desarrollo de línea de costa (DL) 1,68; Profundidad máxima (zm) 25 m; Profundidad media ( $\bar{z}$ ) 12,8 m y Volumen (V) 74,122 hm<sup>3</sup>. En la carta fue trazado el largo máximo, largo máximo efectivo, ancho máximo y se confeccionaron las curvas hipsográficas del área y volumen. Las diferencias de pendiente de los lados Norte y Sur de la cuenca de este lago es un índice de su formación geológica. El origen del lago Pullinque se determina del tipo 5 de la clasificación de Hutchinson (1957). Su cuenca fue formada por desmoronamientos de tierras ocurridos después de la última glaciación y que obstruyeron el río Huanehue.

### ABSTRACT

Lake Pullinque, the minor lake of the Valdivia river basin (Provincia de Valdivia, Chile), is located at 39° 33' 31" S; 72° 08' 50" W. Its water mirror is 200 m above sea level. A bathymetric chart of the lake Pullinque was made. On this chart the following morphometric parameters were established; maximum length (lm) 4,965 m; effective maximum length (lme) 4,785 m; maximum breadth (bm) 1,725 m; mean breadth ( $\bar{b}$ ) 1,162 m; shore line (L) 14,460 m; area (A) 5.77 sq. km; development of shore line (DL) 1.68; maximum depth (zm) 25 m; mean depth ( $\bar{z}$ ) 12.8 m and volume (V) 74.122 cubic hm. In the chart maximum length, effective maximum length and maximum breadth were traced. The hypsometric curve was also made. The origin of the lake Pullinque is discussed taking in account that the difference between its northern and southern basin slope is an index of its geological buildup. It is concluded that the Pullinque's basin appeared after the last quaternary glacial period. It was formed by the obstruction of the river Huanehue subsequently to earthquakes that caused landslides in the northern bank of the river. By its origin lake Pullinque fits well with type 5 of Hutchinson's classification of lakes.

### INTRODUCCION

La fisiología de los lagos está relacionada con los cambios geomorfológicos que los originaron. A través de un estudio fisiográfico de un lago se puede conocer su origen. Varias clasificaciones se han hecho sobre el origen de los lagos, pero la más usada es la de Hutchinson (1957). Esta clasificación con-

sidera 76 tipos y subtipos basada en la diversidad de procesos que dieron origen a las actuales cuencas lacustres. Uno de estos procesos es el origen de las cuencas por acción glaciaria. El Sur de Chile fue sometido a glaciaciones, desde la Cordillera de los Andes hasta parte de la costa, dejando verdaderos distritos de lagos.

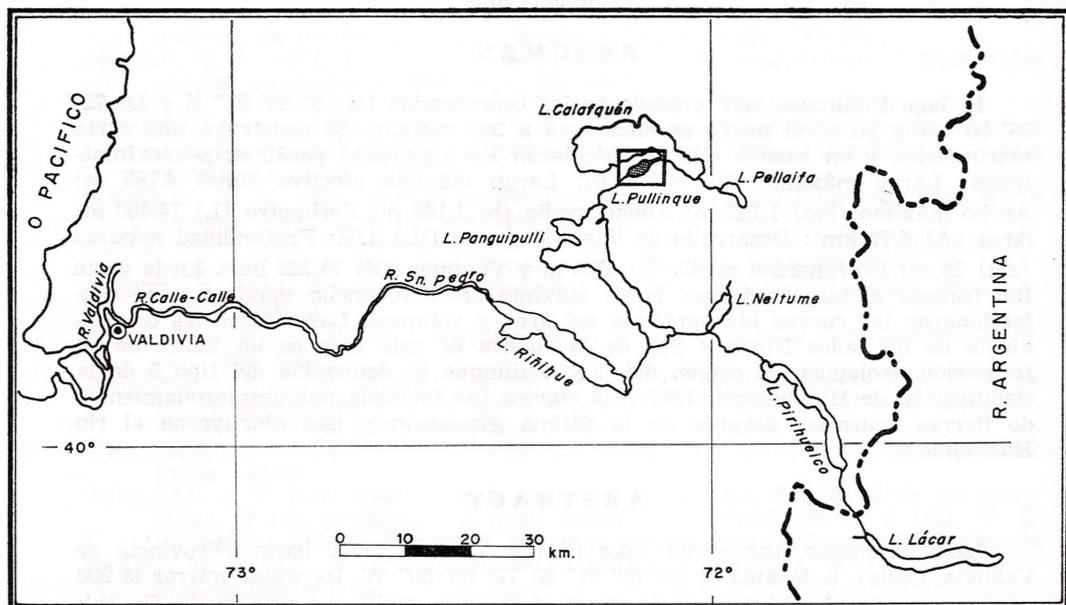
La provincia de Valdivia cuenta con un

distrito de lagos de origen glaciario donde se encuentra el lago Pullinque. Este lago junto al Pellaiifa y Calafquén, además de los lagos Riñihue, Panguipulli, Neltume, Piri-hueico y Lácar (Argentina) (Fig. 1) constituyen un sistema de lagos intercomunicados por sus respectivos efluentes. Las aguas

de este sistema lacustre llegan al Océano Pacífico a través de los ríos San Pedro, Calle-Calle y Valdivia. De este sistema lacustre existen los estudios morfométricos de los lagos Lácar (Cordini 1964) y Riñihue (Arenas 1972).

En el desagüe del lago Pullinque se cons-

Fig. 1. Sistema hidrográfico donde se encuentra ubicado el lago Pullinque.



truyó en 1960, por la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA), un embalse para acumular las aguas destinadas a la planta hidroeléctrica de Pullinque. Pocos datos se encuentran en la literatura de los cambios que trajo consigo la construcción de este embalse.

La geología de la zona adyacente al lago Pullinque ha sido estudiada por varios autores, al tratar el origen de los lagos nordpatagónicos (Brüggen 1950), en relación a la geología de Valdivia (Illies 1960), con referencia al terremoto de 1960 (Weischet 1960). Además de los túneles que alimentan a la Central Hidroeléctrica de Pullinque (Aguirre y Levi 1964) o específicamente a la geología del lago Pullinque (Schulz 1969).

Este trabajo es parte de un plan de investigaciones limnológicas del Instituto de Zoología de la Universidad Austral de Chile en la región de los lagos valdivianos. Este con-

sistió en la construcción del mapa batimétrico del lago Pullinque y el desarrollo de sus diversos parámetros morfométricos de los cuales se puede deducir su origen.

## MÉTODOS

En el lago se estableció una base de operación ubicada en el lado NW a 300 m de su desembocadura. La batimetría se realizó (5 al 8-I-1973) con el empleo de un ecosonda ELAC-ECHOMAT con ecógrafo LAZ-13 el que se instaló en una lancha con motor fuera de borda. Con este ecosonda se obtuvieron 40 perfiles batimétricos los que cubrieron en forma de zig-zag toda el área del lago. El ángulo de abertura entre dos perfiles fue de 30° promedio medido con un sextante. Para la ubicación y realización de los perfiles batimétricos se siguió el método descrito por Arenas (1972).

El mapa batimétrico se levantó a escala 1:10.000 en base a la carta aereofotogramétrica de escala 1:50.000, editada por el Instituto Geográfico Militar de Chile, número 112 del año 1970.

La ubicación geográfica del lago se calculó por el método de las coordenadas envolventes en la carta N° 112 del I.G.M. 1970. En la carta batimétrica a escala 1:10.000 se calculó el resto de los parámetros morfométricos. Perímetro (A) y área (A) con el empleo de un rotómetro y un planímetro polar respectivamente. Desarrollo de línea de costa (DL) y profundidad media ( $\bar{z}$ ) calculadas según Hutchinson (1957). Largo máximo (lm), largo máximo efectivo (lme), ancho máximo (bm), ancho medio ( $\bar{b}$ ), profundidad máxima (zm), Volumen (V) y curvas hipsográficas se obtuvieron según fórmulas y definiciones dadas por Welch (1943).

## RESULTADOS

### Origen del lago Pullinque

Según Schulz (1969) en la última glacia-

ción el hielo cubrió la zona de Calafquén y Pullinque, excavando la gran depresión del primero. A su vez en la zona de Pullinque, el hielo excavó otro valle en la capa de toba volcánica, al no encontrar resistencia, debido a la blandura del material. En una etapa post-glacial, comenzaron los grandes derrumbes de montaña, cuyo factor principal son los frecuentes temblores que azotan esta zona (Schulz, 1969). En la época colombina la región de Valdivia y Chiloé, ha sido asolada ocho veces por terremotos violentos en los años 1557, 1633, 1737, 1742, 1786, 1837, 1947 y 1960 (Brüggen 1950; Weischet 1960). En Valdivia entre los años 1851 y 1878 tuvieron lugar 68 sismos. Entre 1910 y 1915 se observaron 5 a 12 temblores anuales, repitiéndose esta frecuencia entre los años 1942 y 1947 (Anwandter en Brüggen 1950). También el terremoto de Mayo de 1960 trajo como consecuencia desplazamientos de bloques rocosos en la zona oriental del lago Pullinque y formación de nuevas líneas tectónicas (Weischet 1960). Los derrumbes de montaña que enmarcan al lago Pullinque originaron barrancos cortados casi vertical-

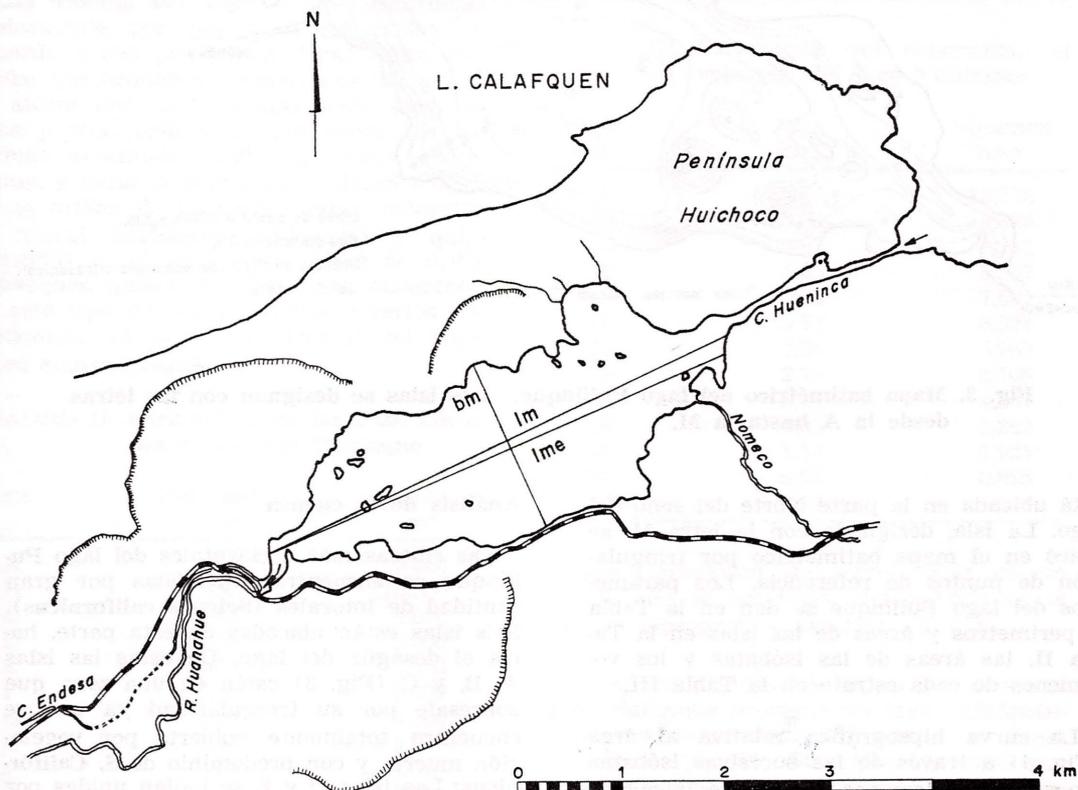


Fig. 2. Mapa del lago Pullinque con la ubicación del largo máximo (lm), largo máximo efectivo (lme), ancho máximo (bm) y barrancos cortados casi verticalmente (|\_|\_|\_|\_|).

mente que en algunos puntos sobrepasan los 100 metros de altura. Tres de estos barrancos se ubican en el sector Norte de la cuenca. Otros se encuentran en el lado Sur-Oeste de la cuenca (Fig. 2).

### Morfometría

El lago Pullinque se ubica en la zona precordillerana de la provincia de Valdivia (Chile) a  $39^{\circ} 33' 31''$  S y  $72^{\circ} 08' 50''$  W, coordenadas que corresponden al punto céntrico. El

nivel medio del lago está a 200 m.s.n.m. (ENDESA 1970). Presenta su eje principal en dirección NE-SW y un seno ubicado en la parte Nor-este del lago. En este se ubican trece pequeñas islas, las que están ubicadas preferentemente en los extremos de él. Estas ocupan un área total de  $0,06 \text{ km}^2$  y se designaron con las letras desde la A hasta la M, para su descripción, ya que no se conoce un nombre particular para cada una de ellas (Fig. 3). Una de estas islas no figura en la carta que se tomó como base y

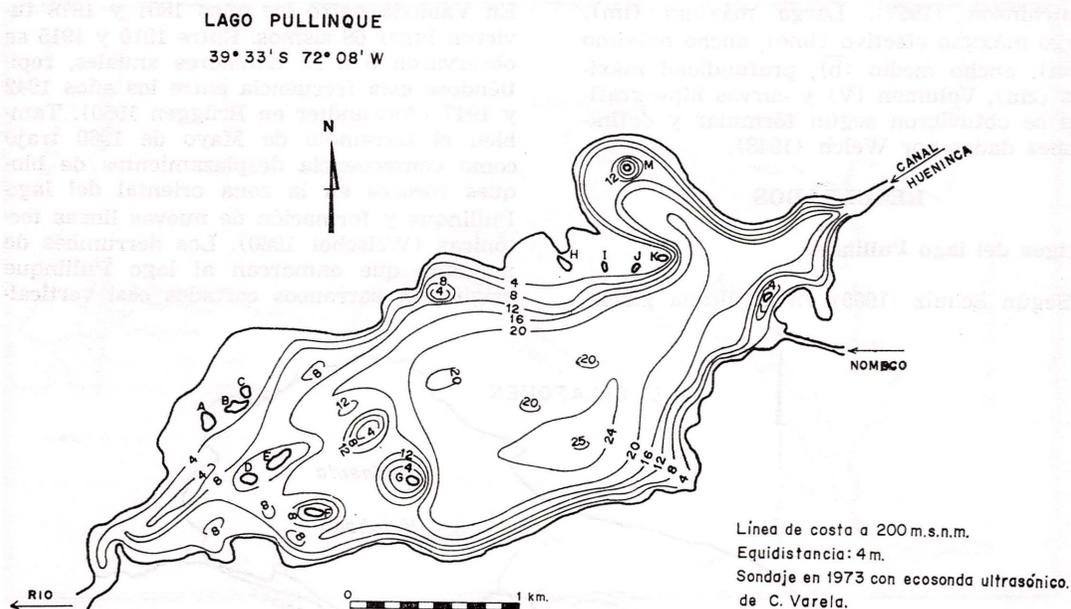


Fig. 3. Mapa batimétrico del lago Pullinque. Las islas se designan con las letras desde la A hasta la M.

está ubicada en la parte Norte del seno del lago. La isla, designada con la letra M, se ubicó en el mapa batimétrico por triangulación de puntos de referencia. Los parámetros del lago Pullinque se dan en la Tabla I, perímetros y áreas de las islas en la Tabla II, las áreas de las isobatas y los volúmenes de cada estrato en la Tabla III.

La curva hipsográfica relativa al área (Fig. 4) a través de las sucesivas isobatas muestran un descenso regular de la cubeta que se incrementa entre los 2-4, 8-12 y 18-20 m. La curva hipsográfica relativa al volumen (Fig. 4) se presenta bastante regular y aparece casi rectilínea entre 0 y 18 metros.

### Análisis de la cuenca

Las riberas más occidentales del lago Pullinque se encuentran invadidas por gran cantidad de totorales (*Scirpus californicus*). Seis islas están ubicadas en esta parte, hacia el desagüe del lago. De estas las islas A, B, y C (Fig. 3) están en una zona que sobresale por su irregularidad ya que se encuentra totalmente cubierta por vegetación muerta y con predominio de *S. Californicus*. Las islas D y E se hallan unidas por totorales no así la isla F cuyos bordes caen casi verticalmente al agua.

En la ribera Sur-este se ubican dos pequeñas bahías en las que predominan profun-

CUADRO I. Parámetros generales del lago Pullinque.

Latitud geográfica (La)	39° 33' 31" S
Longitud geográfica (Lo)	72° 08' 50" W
Largo máximo (lm)	4.965 m
Largo máximo efectivo (lme)	4.785 m
Ancho máximo (bm)	1.725 m
Ancho medio ( $\bar{b}$ )	1.162 m
Perímetro (L)	14.460 m
Area (A)	5,77 km <sup>2</sup>
Desarrollo de línea de costa(DL)	1,68
Profundidad máxima (zm)	25 m
Profundidad media ( $\bar{z}$ )	12,8 m
Volumen (V)	74,122 hm <sup>3</sup>

idades bajas con una máxima de 2 m. En ellas hay abundancia de totoras y vegetación muerta que aflora en el agua. Una de estas bahías se ubica en la desembocadura del riachuelo Nomeco y otra a unos 200 m más al Este del Nomeco (Fig. 3). Cerca de la ribera Nor-este, se encuentran las islas H. I y J las que ocupan una zona con características parecidas a las descritas anteriormente, para las bahías del lado opuesto.

Las riberas del lago están constituidas básicamente por dos tipos de orillas de acuerdo a sus pendientes. Unas están formadas por pequeños barrancos de hasta 2 m de altura que caen abruptamente hasta el agua y otras orillas de poca pendiente que forman explanadas hacia los cerros circundantes y hacia la península de Huichoco.

Las orillas de barrancos están cubiertas de maqui (*Aristotelia chilensis*) y quila mergidos en el agua. Esta clase de orilla (*Chusquea quila*). Es frecuente encontrar, en este tipo de orilla, árboles muertos supredomina en el sector oriental del lago, sobre ambas riberas.

CUADRO II. Parámetros de las islas ubicadas en el lago Pullinque

Isla	Perímetro m	Area m <sup>2</sup>
A	350	5.000
B	450	10.000
C	210	4.000
D	310	5.000
E	460	11.000
F	310	5.000
G	220	4.000
H	270	5.000
I	170	1.000
J	180	2.000
K	200	2.000
L	250	4.000
M	180	2.000

En el sector occidental del lago predominan las orillas de poca pendiente y con abundante vegetación semisumergida, especialmente constituidas por *S. californicus*. Hay también mucha vegetación muerta (árboles y arbustos), que sobresalen del agua.

La construcción del embalse, de la Central Hidroeléctrica de Pullinque, en el desagüe del lago hizo subir el nivel de las aguas en unos 2-3 m. Este aumento del nivel de las

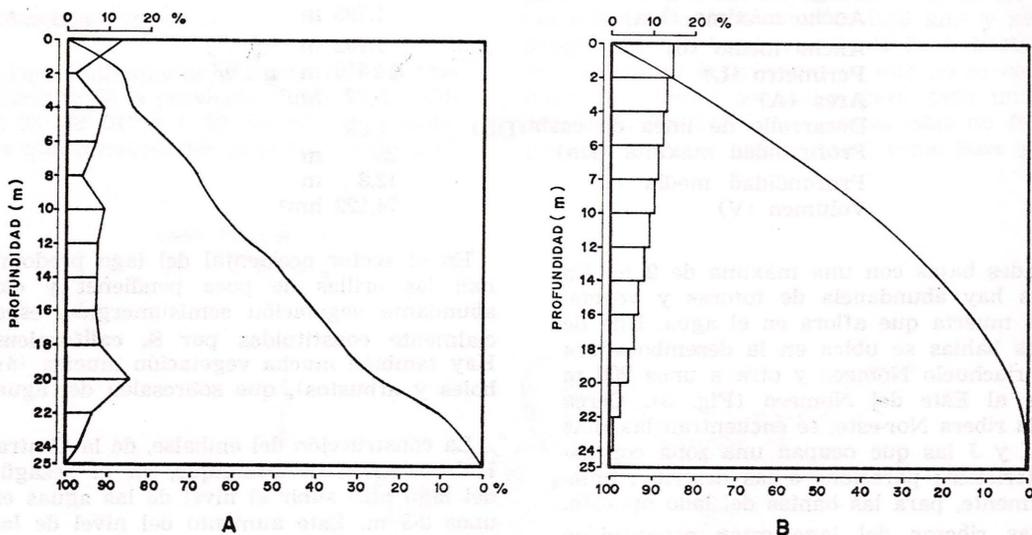
Cuadro III. Parámetros que determinan el volumen del lago Pullinque

Isóbata m	Area km <sup>2</sup>	Volumen hm <sup>3</sup>
0	5,77	10,775
2	5,08	9,886
4	4,87	9,231
6	4,35	8,307
8	3,95	7,682
10	3,73	6,924
12	3,20	5,963
14	2,76	5,105
16	2,34	4,267
18	1,93	3,362
20	1,44	1,925
22	0,55	0,695
24	0,17	—

aguas incrementó las zonas bajas en un 13,3% que se desprende del análisis de la curvas hipsográfica del área (Fig. 4).

El aporte principal de aguas que recibe el lago Pullinque proviene del lago Calafquén, a través de su desagüe natural, el canal Hueninca (Fig. 2). Otro afluente es el riachuelo Nomeco que desemboca en el lado Sur-este del lago (Fig. 2). En el seno del lago desembocan tres riachuelos estacionales, que aportan aguas solamente en invierno, secándose en verano.

Fig. 4 Lago Pullinque, curva hipsográfica del área (A) y del Volumen (B) a las diferentes profundidades y su distribución porcentual a lo largo de la vertical



## DISCUSION

El origen de los lagos precordilleranos de la provincia de Valdivia es por erosión de los glaciares en el pleistoceno (Brüggen 1950; Weischet 1960; Illies 1960; Aguirre y Levi 1964; Schulz 1969; Mercer y Laugenie 1973). Estos glaciares constituyeron cordones morrenicos en los extremos occidentales de los valles donde se encuentran las actuales cuencas de los lagos. Así, las aguas quedaron posteriormente detenidas detrás de estas barreras naturales. El tipo de glaciar fue de "piedmont" que excavó las depresiones de los grandes lagos de la provincia de Valdivia (Brüggen 1950). Una excepción a este tipo de formación, se presenta en el lago Pullinque que tiene su origen en derrumbes de montaña de gran extensión que taponaron el curso de un río (Schulz 1969).

El estudio morfométrico aquí realizado indica que el lago Pullinque corresponde de acuerdo a su origen al tipo 5 de la clasificación de Hutchinson (1957). El tipo 5 se refiere a los lagos formados por desplazamientos o desmoronamientos de montaña. Estos desmoronamientos causados generalmente por terremotos obstruyen la salida o el paso de un río. En el lago Pullinque los desplazamientos de montaña obstruyeron el paso del río Huanehue, que era el efluente

natural del lago Calafquén, quedando este último unido al Pullinque por el canal Hueñinca y el río Huanehue como efluente del Pullinque.

La hipótesis de Schulz (1969) de que la cuenca de Pullinque primeramente tuvo su origen por erosión glaciaria y luego por desmoronamientos de montaña es concordante con los resultados de nuestra batimetría. En la carta batimétrica se observa una diferencia en la distribución de las isóbatas de los sectores Norte y Sur. En el lado Norte las isóbatas se distancian unas de otras, demarcando zonas de escasa profundidad con una suave pendiente (Fig. 3). El lado Sur presenta la situación contraria, las isóbatas se ubican muy juntas entre sí y apegadas a la costa (Fig. 3), con una suave pendiente. La diferencia entre las pendientes de los lados Norte y Sur de la cuenca demostrarían que los desmoronamientos de la parte Norte rellenaron parcialmente la depresión excavada por el glaciar, formando así una pendiente más suave. Por el contrario los derrumbes de la parte Sur, posiblemente no alcanzaron a llegar al valle, por lo menos en sus dos tercios orientales, de manera que la parte Sur de la cuenca quedó con una fuerte pendiente, como originalmente habría sido modelado por el glaciar.

La depresión donde se ubica el lago Pullinque presenta, según Schulz (1969), huellas

glaciarias como lo son los pequeños "drumlins" que se encuentran en la parte Nor-este de la cuenca de Pullinque. Sin embargo su origen se debería a desmoronamientos de tierras ocurridos después de la última glaciación. Estos derrumbes cerraron parcialmente el valle fluvial formando una cuenca lacustre.

## AGRADECIMIENTOS

Al profesor José Arenas mis profundos agradecimientos por dirigir este trabajo. Al Sr. Patricio Steffen por su ayuda en terreno.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUIRRE, L. y B. LEVI, 1964. Geología de la Cordillera de los Andes de las provincias de Cautín, Valdivia, Osorno y Llanquihue. Santiago. Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín 17: 1-37.
- ARENAS, J., 1972. Morfometría del lago Ríñihue (Prov. de Valdivia, Chile) Museo Nacional de Historia Natural. Publicación Ocasional 14: 3-15.
- BRÜGGEN, J., 1950. Fundamentos de la Geología de Chile. Instituto Geográfico Militar, Santiago.
- CORDINI, R., 1964. El lago Lácar del parque Nacional de Lanín (Neuquén); Anales de Parques Nacionales, 10 (2): 111-183.
- ENDESA, 1972. Caudales medios mensuales retrospectivos. Empresa Nacional de Electricidad. División de Hidrología. Santiago de Chile.
- HUTCHINSON, G. E., 1957. A treatise on Limnology. Vol. I Geography, Physics and Chemistry. J. Wiley and Sons, New York.
- ILLIES, H., 1960. Geologie der Gegend von Valdivia (Chile). Neues Jahrb. Geologie u. Paläontologie Abh., 111: 30-110.
- MERCER, J. H. y C. LAUGENIE, 1973. Glacier in Chile ended a major readvance about 36,000 years ago. Some global comparisons. Science. 182: 1017-1079.
- SCHULZ, R., 1969. Estudio sobre la formación de la cuenca del lago Pullinque. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Instituto de Geología y Geografía. Universidad Austral de Chile.
- WEISCHET, W., 1960. Contribución al estudio de las transformaciones geográficas de la parte septentrional del Sur de Chile por efectos del sismo del 22 de Mayo de 1960; Universidad de Chile. Anales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 17: 91-131.
- WELCH, P. S., 1948. Limnological Methods. Mcgraw-Hill Book Company, Inc. New York.