

RELACIONES ENTRE VARIABLES FISICAS, MORFOMETRICAS Y CLIMATICAS EN LAGOS PATAGONICOS *

*Rolando Quirós ** y Edmundo Drago ****

RESUMEN

Quirós, R. y E. Drago. 1985. Relaciones entre variables físicas, morfométricas y climáticas de lagos patagónicos. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 16(2)-181-199.

Nuestro principal objetivo consistió en establecer algunas relaciones entre la morfometría de lagos y embalses y la profundidad de la termoclina hacia fines del verano, comparar dichas relaciones en dos conjuntos de lagos de la Región Andino-Patagónica e interpretar las diferencias encontradas en función de su situación climática. Comparando los perfiles térmicos de ambos conjuntos y la relación entre la profundidad de la termoclina y el espesor de la zona fótica, se discuten las diferencias en producción potencial en los dos grupos de lagos.

La información de los lagos argentinos proviene de : 1) una campaña realizada en 33 lagos y embalses patagónicos (febrero-abril, 1984) y 2) de estudios llevados a cabo por otros investigadores. Los datos pertenecientes a los 15 lagos chilenos corresponden principalmente a Campos y colaboradores y a Löffler.

La profundidad de la termoclina (Z_{term}) en ambos conjuntos de lagos, se correlaciona linealmente con la mayor longitud de agua libre, en línea recta, entre dos puntos de la costa (FT). La velocidad media del viento en verano "explica" las diferencias en Z_{term} observadas en los dos grupos de lagos. Para el conjunto de lagos chilenos la Z_{term} es inferior en general, al espesor de la zona fótica y lo contrario ocurre para el conjunto de lagos argentinos. Estos tienen temperaturas de fondo inferiores, lo que sería consecuencia del clima continental, más riguroso, existente del lado argentino. Lo anterior permite concluir que, aunque para el conjunto de lagos argentinos estratificados el aprovechamiento de la energía lumínica es más eficiente, sus menores temperaturas en el epi e hipolimnio permitirían predecir menores tasas metabólicas y esto a su vez, la menor productividad potencial ya enunciada por otros autores.

* Presentado en las II Jornadas de Ciencias Naturales del Litoral, 9 - 11 de agosto de 1984. Paraná, Entre Ríos. Argentina.

** INIDEP, Departamento Aguas Continentales. CC 175, Playa Grande. 7600 Mar del Plata. Argentina.

*** Instituto Nacional de Limnología. J. Maciá 1933, 3016 Santo Tomé. Santa Fe. Argentina.

ABSTRACT

Quirós, R. and E. Drago. 1985. Relationships between physical, morphometrical and climatological variables in Patagonian lakes. *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 16 (2): 181-199.

Some relationships between the morphometry and the thermocline depth at the summer end of two groups of lakes and reservoirs in the Andino-Patagónica Region were performed. The climatic features accounted for the differences found through the comparisons of these variables. Furthermore, the temperature profiles comparison of both groups and the relationship between thermocline depth and photic layer thickness, permitted a discussion about the differences in potencial production in the two series of lakes.

The data of Argentinian lakes used comes from two sources: 1) from a field survey to 33 Patagonian lakes and reservoirs (february to april, 1984) and 2) from studies of other workers. The information concerning 15 Chilean lakes belong to Campos and co-authors and Löffler.

In both groups of lakes, the thermocline depth (Z_{term}) showed a linear correlation with the straight line connecting the two most distant points on the shoreline over which wind may act without interruptions from land or islands (FT). The mean wind speed "explain" the differences in Z_{term} observed in the two groups of lakes. The Z_{term} in the Chilean lakes is lesser than the photic zone thickness and the opposite was true for the Argentinian lakes. These had lower deep water temperatures, possibly due to the more severe continental climate.

The previous remarks permit conclude that although the utilization of solar energy is more efficient in the stratified Argentinian lakes, the lower epi and hypolimnion water temperatures would be the base for predicting a probable lesser metabolic rates and perhaps a minor potential productivity as it had already out by other workers.

INTRODUCCION

Los procesos de formación y desplazamiento de la termoclina son considerados como los principales reguladores de la actividad química y biológica de los lagos^{16,17,26}. La estratificación térmica conduce al aislamiento de las masas de agua y su desplazamiento en profundidad, estimula la producción primaria a través de la mezcla de algas y nutrientes²¹.

Un hecho conocido es que la profundidad y la variación vertical de la termoclina se hallan relacionadas con la morfometría y con algunos factores meteorológicos^{21,22,31,35}. No obstante, los procesos que llevan al desarrollo de una estratificación térmica en un lago, involucran una serie de complejas interrelaciones que operan durante el intercambio de energía en la interfase aire-agua y en los mecanismos de su distribución interna.

La variación de la profundidad de la termoclina de verano se halla condicionada, entre otros factores, por la superficie y la longitud del espejo de agua sobre la cual puede ejercer su influencia el viento.

Nuestro principal objetivo consistió en establecer algunas relaciones entre la morfometría de lagos y embalses y la profundidad de la termoclina hacia fines del verano, comparar dichas relaciones en dos conjuntos de lagos de la Región Andino-Patagónica e interpretar las diferencias encontradas en función de su situación climática. Se discuten además, las variaciones en producción potencial en ambos grupos lacustres, de acuerdo a sus perfiles térmicos y a la relación entre la profundidad de la termoclina y el espesor de la zona fótica.

MATERIALES Y METODOS

Los datos morfométricos y físicos del conjunto de lagos argentinos estratificados (CLA, $n = 19$), se obtuvieron en un muestreo extensivo realizado por el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) entre el 15 de febrero y el 10 de abril de 1984, abarcando 33 lagos patagónicos^{28,29} (fig. 1). Esta información fue corregida y aumentada con la proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional, el Servicio de Parques Nacionales y el material cartográfico del Instituto Geográfico Militar (Cuadro 1). La información meteorológica en la zona cordillerana se considera de baja precisión, dado que proviene de sólo cinco estaciones meteorológicas y prácticamente sin posibilidad de triangularlas. La información morfométrica y térmica de los lagos Lácar y Nonthue corresponden a Cordini¹².

El CLA se amplió (CLAA, $n = 23$) con cuatro ambientes: lagos Mascardi¹⁴, Situación¹⁸, Epu o N° 2¹⁸ y laguna Blanca²⁹. Estos, no se incluyeron en el conjunto base de lagos argentinos dado que, para la laguna Blanca no es posible estimar que la estratificación detectada mantenga un carácter permanente durante toda la estación estival, debido a su escasa profundidad media en relación con su superficie. Además, los lagos Situación y Epu o N° 2 actualmente forman parte del Embalse Amutui Quimei, por lo cual resulta imposible verificar su estructura térmica. Por otra parte, se trató de mantener la máxima homogeneidad en el conjunto de datos, evitando incluir en el CLA información correspondiente a distintos años. Para el lago Mascardi, en marzo de 1972, la profundidad de la termoclina se detectó a 32 m¹⁴. Los lagos del CLA y CLAA se encuentran situados entre 37° 55' - 43° 05' S y 68° 40' - 71° 40' W.

La información correspondiente al conjunto de lagos chilenos (CLCH, $n = 13$), pertenece básicamente a Löffler²³ y Campos *et al.*¹⁻⁷ (fig. 1). La información climática del CLCH proviene de Schwerdtfeger³² (Cuadro 1) y fue estimada a partir de los datos obtenidos en las estaciones meteorológicas chilenas de Concepción, Valdivia y Puerto Montt. La temperatura media anual del ambiente para el lago Ríñihue corresponde a Campos *et al.*³ y la de los restantes lagos de la cuenca del río San Pedro (5°, 6°, 7°, 8° y 10°) pertenece a la estación Pullinque⁴. Los ambientes lacustres de este conjunto se sitúan entre 39° 10' - 41° 10' S y 71° 35' - 72° 50' W.

Cuando el análisis se realiza simultáneamente con los datos de los lagos argentinos y chilenos, al grupo lacustre resultante se lo denominará conjunto de lagos suma (CLS, $n = 32$) y cuando incluye el total de ambientes, conjunto de lagos total (CLT, $n = 36$).

Las variables que consideramos en el presente análisis (Cuadro 1) son: superficie (A), profundidad máxima ($Z_{\max}$), profundidad media ($\bar{z}$), volumen (V), temperatura media anual del ambiente (T_{AMB}), velocidad media anual del viento (VMV), velocidad media del viento en verano (VMV₁₂₋₃), altitud (Alt) y temperatura del agua superficial

(T_s) y de fondo (T_f) durante el muestreo, respectivamente. Se define la variable FT, como la máxima longitud de agua libre, en línea recta, entre dos puntos de la costa o longitud de la exposición al viento. Para los lagos con más de una cubeta, se tomó la FT correspondiente a la mayor de ellas (p.e., lago Mascardi). La profundidad de la zona fótica (Z_{eu}) se la define como el producto de la lectura del disco de Secchi en verano (LS) por 2,35 y 2,79, según los lagos presenten, respectivamente, una turbidez originada fundamentalmente por el fitoplancton o por material inorgánico²⁰. La adopción de dichos coeficientes de relación entre Z_{eu} y LS no implica ningún compromiso dentro de la amplia gama de valores citados en la literatura y sólo se realizó con el objeto de comparar Z_{term} y Z_{eu} entre los lagos.

La profundidad de la termoclina en verano (Z_{term}) se define como la profundidad a la cual se localiza el máximo gradiente de temperatura en el metalimnio, durante el período de muestreo para la CLA y según Campos et al.² y Löffler²³ para el CLCH. En el caso de presentarse dos o más termoclinas, se adoptó el criterio de utilizar la situada a mayor profundidad. Debido a la profundización de la termoclina en el tiempo²⁵, se desechó su posible incidencia en los resultados, puesto que no se observó correlación significativa entre los tiempos de las observaciones en CLA, o sus raíces cuadradas² y las Z_{term} .

De los ambientes considerados en el CLS, sólo se dispone de información térmica completa del período de estratificación en seis de ellos: lagos Ríñihue², Nahuel Huapi^{10,11}, Lácar y Nonthue¹², Mascardi¹⁴ y embalse Mari Menuco²⁴.

Para el análisis de correlación y de regresión simple y múltiple, se siguió principalmente a Draper y Smith¹⁵. Para verificar si todos los datos de los CLA y CLCH pueden utilizarse en una única línea de regresión y de la igualdad de pendientes de las rectas de regresión respectivas, se utilizó el análisis de la covarianza³⁹.

RESULTADOS

Morfometría, velocidad del viento y profundidad de la termoclina.

De las variables morfométricas consideradas, FT es el mejor predictor de la Z_{term} para ambos grupos de lagos (CLA y CLCH), aunque para el conjunto chileno tanto A como $\sqrt{FT}$, explican un mayor porcentaje de la varianza en Z_{term} (Cuadro 2). El volumen (V) para el CLA explica el 41% de la varianza de la Z_{term} .

La relación entre Z_{term} y FT es lineal y altamente significativa ($p < 0,001$) en los dos conjuntos de lagos (Cuadro 1, fig. 2). Las pendientes de ambas rectas pueden considerarse significativamente iguales ($p < 0,01$) pero no puede utilizarse una única recta de regresión para ambos conjuntos ($p < 0,001$).

Si consideramos todos los lagos como un solo conjunto (CLS), la variación explicada por FT disminuye con respecto a la explicada para cada grupo por separado ($r^2 = 0,28$, $n = 32$). La consideración de una FT en la dirección del viento prevaleciente en verano o la media anual³⁴, no aumenta el porcentaje de la varianza explicada, como ha sido verificado para otros conjuntos de lagos⁴².

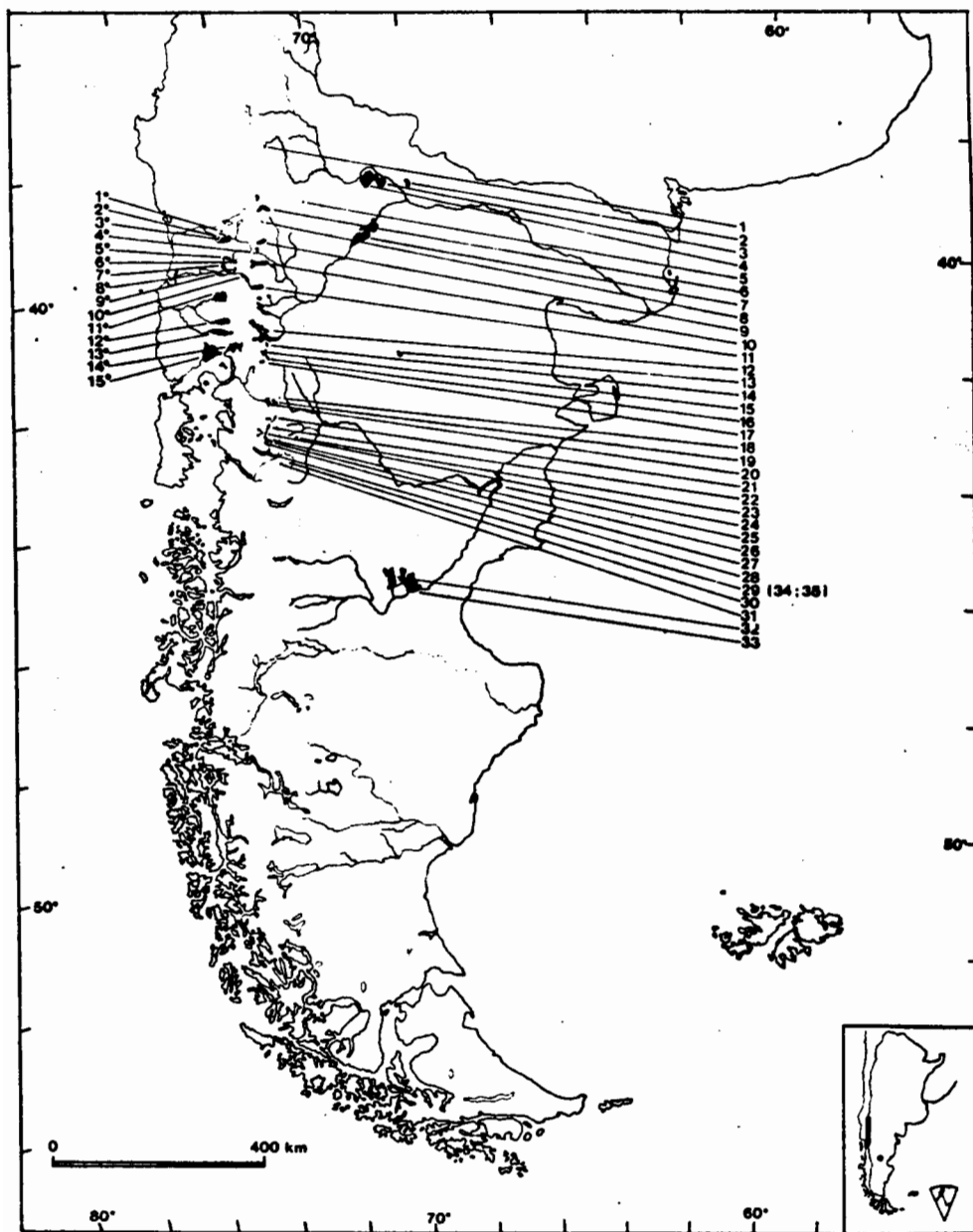


Fig. 1. Situación de los lagos Andino-Patagónicos. La numeración de los ambientes corresponde a la citada en el Cuadro 1. Los lagos Situación (Nº 34) y Epu o Nº 2 (Nº 35) integran el embalse Amutui Quimei (Nº 29).

Cuadro 1
Parámetros morfométricos, físicos y ambientales de los lagos argentinos y chilenos.

AMBIENTES	A (km ²)	Z _{max} (m)	Z̄ (m)	V (km ³)	PT (km)	UVV ₁₂₋₃ (km h ⁻¹)	Alt (m)	Z _{term} (m)	Z _{eu} (m)	T _a (°C)	T _f (°C)	T _{MF} (°C)
1- L. Agrio	9,7	92,6	50,8	570	5,3	6,2	1650	32,5	21,2	14,0	4,9	6,0
2- L. Pellegrini	100,7	18,0	9,4	947	17,5	13,8	270	+	4,7	16,0	15,0	14,5
3- E. Mari Menuco	174,0	130,0	99,4	13800	20,5	12,6	422	39,0	20,0	18,0	9,0	13,0
4- E. Los Barriales	411,0	120,0	68,3	27300	30,0	12,6	426	38,5	4,9	16,2	9,0	13,0
5- Lag. Blanca	17,0	11,5	8,4	143	7,0	8,5	1230	4,0	12,9	17,0	12,0	10,0
6- L. Alumín	57,0	165,0	69,4	3956	14,0	7,2	1125	22,0	31,3	15,6	6,1	4,0
7- E. Ranco Mexia	816,0	60,0	24,7	20170	59,0	13,3	381	+	9,4	16,2	15,4	12,0
8- L. Borquínco	5,4	87,2	41,9	226	6,3	8,3	1025	21,0	18,3	16,0	7,0	3,0
9- L. Quillen	23,0	155,0	59,0	1357	9,8	11,3	975	25,0	38,8	17,8	7,9	4,0
10- L. Huechulafquen	78,2	255,0	142,4	11136	26,0	15,0	875	+	17,6	11,1	8,0	5,0
11- L. Lácar	49,0	277,0	166,0	8950	21,5	18,5	600	28,0	34,1	17,3	7,8	5,0
L. Monthue	4,8	58,0	46,6	221	4,5	18,5	600	25,0	-	15,3	7,5	5,0
12- L. Nahuel Huapi E1	557,0	464,0	157,0	87449	40,0	26,8	764	62,0	28,2	13,0	7,5	5,0
L. Nahuel Huapi E2	-	-	-	-	-	-	-	65,0	30,6	14,1	9,0	-
13- L. Be-Luan	0,6	10,6	6,4	4	0,8	13,5	1000	+	1,5	10,2	10,1	9,6
14- L. Gutiérrez	16,4	111,2	79,7	1307	9,0	26,6	750	40,0	24,7	14,0	8,0	5,0
15- L. Mascaridí E	39,2	218,0	111,0	4351	9,6	26,6	750	20,0	23,5	16,0	6,0	5,0
L. Mascaridí W	-	-	-	-	11,3	-	-	20,0	21,2	17,5	6,0	-
16- L. Guillelmo	5,4	107,2	61,3	331	7,0	26,8	826	25,0	25,9	14,0	5,7	5,0
17- L. Steffen	6,3	76,8	46,7	294	7,5	15,6	525	36,0	30,6	17,0	8,3	6,0
18- L. Las Chulitas	0,6	18,6	11,4	7	0,9	7,5	585	+	21,2	15,8	14,0	7,0
19- L. Epuyen	17,4	148,0	92,4	1608	8,0	7,5	250	36,0	44,7	15,0	7,5	5,0
20- L. Puelo W	44,0	180,0	111,4	4902	9,5	7,5	150	37,0	15,3	15,7	6,8	5,0
L. Puelo S	-	-	-	-	15,0	-	-	38,0	17,6	17,5	7,0	5,0
21- L. Lohana	7,5	78,0	36,0	270	7,0	18,6	750	23,0	37,6	15,2	6,0	5,0
22- L. Rivadavia	21,7	147,2	103,7	2250	13,0	22,0	527	36,0	27,0	14,0	6,0	5,0
23- Lag. Esquel	2,8	3,9	2,1	6	3,3	28,8	650	+	6,6	16,0	15,0	8,0
24- L. Verde	1,4	27,8	18,3	26	2,3	23,5	520	+	25,9	13,3	13,3	5,0
25- E. Pl. Ameghino	65,0	61,5	24,6	1600	11,5	23,0	169	?	5,4	16,9	-	11,0
26- L. Futulafquen	44,6	168,0	101,1	4509	11,2	24,4	518	42,5	32,9	12,7	6,5	5,0
27- L. Largo	2,8	41,5	19,5	55	3,0	28,8	800	?	31,7	15,7	?	5,0
28- L. Krüger	4,4	-	-	-	4,2	24,4	515	+	8,9	12,5	11,4	5,0
29- E. Amutai Guimes	86,7	300,0	64,7	5609	17,3	28,8	502	46,0	24,7	12,7	6,0	5,0
30- L. Cronómetro	5,8	12,8	4,4	26	3,5	28,8	850	+	2,7	10,8	10,7	8,0
31- L. Rosario	14,5	57,4	21,5	318	8,8	28,8	650	?	11,8	14,0	-	8,0
32- L. Musters	414,0	38,5	20,0	8280	42,5	20,5	275	+	2,8	14,2	14,4	10,9
33- L. Colhue Huapi	810,0	5,5	2,0	1620	42,0	20,5	265	+	0,3	15,7	15,8	10,9
34- L. Situación	14,5	105,0	76,4	1100	6,6	28,8	502	62,0	-	-	-	5,0
35- L. Epu o M° 2	6,7	119,0	72,0	493	3,2	28,8	510	37,0	-	-	-	5,0
1°- L. Nulipilum	11,0	-	-	-	6,2	7,2	300	10,0	23,5	15,9	8,4	11,9
2°- L. Pichilafquen	0,3	-	-	-	0,9	7,2	280	?	10,6	-	-	11,9
3°- L. Villarica	185,0	165,0	120,0	20967	23,8	7,2	230	25,0	14,0	19,0	8,9	11,9
4°- L. Quillehue	1,4	-	-	-	2,5	7,2	1250	3,0	8,2	-	-	6,0
5°- L. Calafquen	120,6	212,0	115,0	13906	18,8	7,2	203	21,0	30,6	19,4	9,3	9,7
6°- L. Pellaifa	7,2	93,0	48,5	347	5,3	7,2	209	10,0	37,6	18,9	8,0	9,7
7°- L. Pangulpulli	116,9	268,0	126,0	14660	28,3	7,2	140	24,0	30,6	18,0	9,1	9,7
8°- L. Meltumne	9,8	86,0	58,0	574	6,3	7,2	186	16,7	16,7	17,4	6,5	9,7
9°- L. Ríñihue	77,5	323,0	162,2	12571	26,6	7,2	117	31,0	26,6	16,7	9,8	12,4
10°- L. Pirehualico	30,5	145,0	62,0	1901	10,5	7,3	586	30,0	25,1	16,4	6,3	9,7
11°- L. Ranco	442,6	199,0	122,1	54059	30,4	7,7	69	28,0	32,1	19,6	10,0	11,8
12°- L. Puyehue	161,0	-	-	-	23,0	8,7	209	?	16,5	18,0	-	11,6
13°- L. Rupanco	226,0	-	-	-	40,0	9,1	169	28,0	43,5	17,3	9,7	11,5
14°- L. Todos los Santos	189,0	-	-	-	24,0	9,7	181	30,0	16,5	16,5	7,9	11,0
15°- L. Llanquihue	878,0	-	-	-	43,2	10,0	50	50,0	55,2	17,2	10,2	11,2

A: superficie; Z_{max}: profundidad máxima; Z̄: profundidad media; V: volumen; PT: longitud de la exposición al viento; UVV₁₂₋₃: velocidad media del viento en verano; Alt: altitud; Z_{term}: profundidad de la termoclina en verano; Z_{eu}: profundidad de la zona fótica; T_a: temperatura del agua superficial; T_f: temperatura del agua de fondo; T_{MF}: temperatura media anual del ambiente; °: lagos chilenos; L.: lago; E.: embalse; Lag.: laguna; -: sin dato; +: no existe; ? : se desconoce; E.: estación; W: brazo costero.

Cuadro 2

Lagos de la Región Andino-Patagónica. Test de t. Ecuaciones de regresión predictoras de la profundidad de la termoclina (Z_{term} , en m) en relación con el alcance del viento (FT, en km), la superficie (A, en km^2), el volumen (V, en hm^3) y la velocidad media del viento en verano ($\overline{\text{VMV}}_{12-3}$, en km h^{-1}).

N°	Ecuación	n	r^2	p
1.	$Z_{\text{term}} = 22,63 + 0,80 \text{ FT}$	19	0,46	0,001
2.	$Z_{\text{term}} = 11,24 + 6,31 (\text{FT})^{1/2}$	19	0,44	0,005
3.	$Z_{\text{term}} = 20,79 A^{0,13}$	19	0,35	0,005
4.	$Z_{\text{term}} = 2,55 + 4,02 \log_e V$	19	0,41	0,005
5.	$Z_{\text{term}} = 8,44 + 0,74 \text{ FT}$	13	0,69	0,005
6.	$Z_{\text{term}} = -2,68 + 6,20 (\text{FT})^{1/2}$	13	0,72	0,001
7.	$Z_{\text{term}} = 4,84 A^{0,34}$	13	0,79	0,001
8.	$Z_{\text{term}} = -1,49 + 12,51 \log_e \overline{\text{VMV}}_{12-3}$	36	0,27	0,005
9.	$Z_{\text{term}} = 2,45 (\text{FT} \times \overline{\text{VMV}}_{12-3})^{0,44}$	32	0,52	0,001
10.	$Z_{\text{term}} = 19,97 + 0,044 (\text{FT} \times \overline{\text{VMV}}_{12-3})$	32	0,54	0,001
11.	$Z_{\text{term}} = 15,38 + 0,52 \text{ FT}$	10	0,45	0,04

A partir de la ecuación de regresión 1 para los lagos argentinos (Cuadro 2), se puede estimar la profundidad a la cual debería hallarse la termoclina según su FT. En los cuerpos de agua no estratificados, la ecuación mencionada predice la Z_{term} a una profundidad mayor que la profundidad máxima, con excepción de los lagos Krüger y Huechulafquen (Cuadro 1).

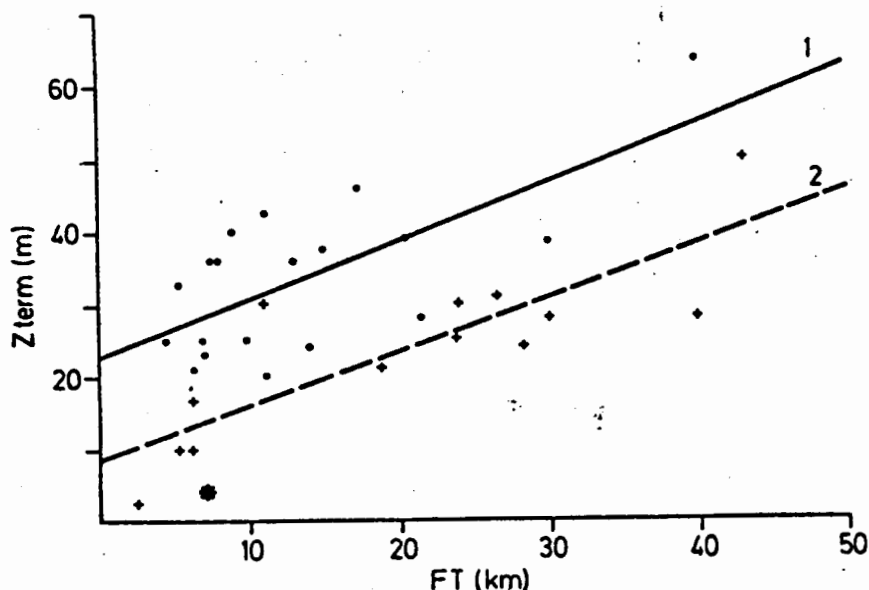


Fig. 2. Relación entre la profundidad de la termoclina a fines del verano (Z_{term}) y el alcance del viento (FT). • Lagos y embalses argentinos (recta 1); + lagos chilenos (recta 2); * Laguna Blanca (Argentina).

En los tres ambientes para los que no se dispone de información térmica (embalse Florentino Ameghino, lagos Largo y Rosario) la Z_{term} calculada está por encima de la profundidad máxima respectiva. Para los lagos Situación y Epu o N° 2, predice Z_{term} menores que las detectadas en 1972¹⁸.

La profundidad media ($\bar{z}$) no es un buen predictor de Z_{term} para el conjunto de lagos argentinos ($r^2 = 0,20$, $n = 19$), pero $\bar{z}^{-1}$ explicó el 63% de la variación en Z_{term}^{-1} si se incluye la laguna Blanca, lo cual indicaría una mayor influencia de la profundidad media sobre Z_{term} a medida que aquella disminuye. Por otra parte, un análisis de componentes principales con variables morfométricas¹³, indicó que la laguna Blanca se agrupa con ambientes poco profundos, de baja relación $\bar{z}/z_{m\acute{a}x}$ o con aquellos de los cuales se desconoce su comportamiento térmico o no presentaron estratificación directa permanente. Esto último, junto a su comportamiento singular en la relación Z_{term} vs. $\bar{z}$, justificó su exclusión del CLA.

Si consideramos el conjunto completo de lagos estratificados (CLAA, $n = 36$), la velocidad media del viento en verano (VMV_{12-3}) explicó el 27% de la varianza de Z_{term} (Cuadro 2: ecuación 8, fig. 3). Este resulta-

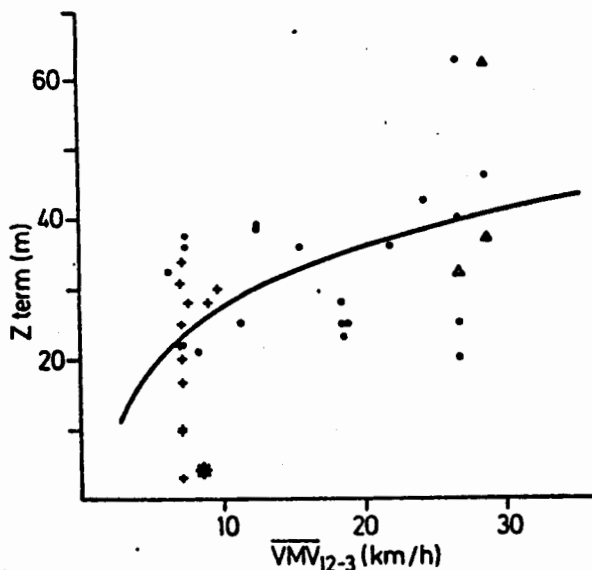


Fig. 3. Relación entre la profundidad de la termoclina a fines del verano (Z_{term}) y la velocidad media del viento en verano (VMV_{12-3})
 ● Lagos y embalses argentinos; + lagos chilenos; * laguna Blanca (Argentina); △ lagos Situación, Epu o N° 2 y Mascaridi.

do era previsible, ya que la mayor energía del viento se traduce en un incremento de la transferencia de energía mecánica hacia la masa de agua y por lo tanto en un aumento en el espesor del epilimnio⁸. Dicha variable explicó el 18 y 44% de la variación de la Z_{term} para los conjuntos CLAA y CLCH, respectivamente.

Debido a la dependencia de la Z_{term} de FT y VMV_{12-3} , se realizó la correlación lineal múltiple entre estas variables, obteniéndose que FT y VMV_{12-3} explicaron el 51% de la varianza en Z_{term} para el CLS ($n = 32$) y para el CLT ($n = 36$), el 46% de la variación en la profundidad de la termoclina (Cuadro 3 ; ecuac. 12 y 13). En estas relaciones, los lagos pertenecientes a los conjuntos chileno y argentino se hacen prácticamente indistinguibles. La inclusión de $\bar{z}$ como tercera variable independiente no mejoró, para el conjunto argentino, el porcentaje explicado de la varianza en Z_{term} , salvo si se incluye la laguna Blanca como se mencionó anteriormente.

Con el fin de ponderar la FT con la velocidad del viento, se consideró la variable compuesta $FT \times VMV_{12-3}$ (fig. 4). Se obtuvo una relación potencial entre esta variable y la Z_{term} para el CLS (Cuadro 2 : ecuación 9) y para el CLT ($r^2 = 0,43$, $n = 36$); en la relación lineal se explica un porcentaje de la varianza levemente superior para el CLS (Cuadro 2 : ecuación 10), pero es menor para el CLT ($r^2 = 0,41$, $n = 36$).

Para estimar la Z_{term} de los lagos argentinos de los que se desconoce su estructura térmica, se debería utilizar la ecuación 10, dado que ésta ajusta mejor al conjunto de lagos argentinos para valores bajos de la variable

Cuadro 3

Lagos de la Región Andino—Patagónica. Test de F. Ecuaciones de regresión predictoras de la profundidad de la termoclina. Referencias: ver Cuadro 2

n°	Ecuación	n	r ²	p
12.	$Z_{\text{term}} = 9,68 + 0,59 \text{ FT} + 0,76 \overline{\text{VMV}}_{12-3}$	32	0,51	0,001
13.	$Z_{\text{term}} = 7,76 + 0,59 \text{ FT} + 0,85 \overline{\text{VMV}}_{12-3}$	36	0,46	0,005

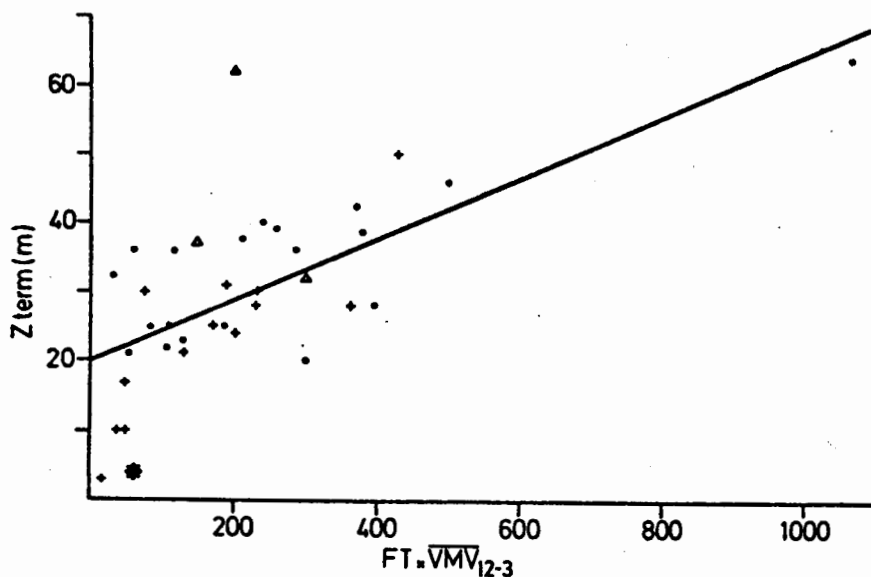


Fig. 4. Relación entre la profundidad de la termoclina a fines del verano (Z_{term}) y la variable compuesta $\text{FT} \times \overline{\text{VMV}}_{12-3}$. FT: alcance del viento; $\overline{\text{VMV}}_{12-3}$: velocidad media del viento en verano. • Lagos y embalses argentinos; + lagos chilenos; * laguna Blanca (Argentina); Δ lagos Situación, Epu ó N° 2 y Mascardi.

$FT \times \sqrt{VMV} 12-3$. El patrón de predicción en el CLA a partir de la ecuación 10 es similar al obtenido con la ecuación 1. Para el CLCH, la ecuación 9 (Cuadro 2) ajusta mejor a los datos, en especial para valores bajos de la variable independiente compuesta.

La altitud (Alt), en la relación lineal y de manera inversa, dió cuenta sólo del 12º/o en la variación de Z_{term} para el CLA y aumentó el 21º/o para el CLAA, principalmente por la inclusión de la laguna Blanca. Para el CLCH explicó el 32º/o de la variación en Z_{term} y sólo el 4º/o para el CLT ($n = 36$).

Las ecuaciones del tipo 4 $\sqrt{FT}^{31}$, así como otras de tipo similar²⁷, subestiman en más de un 100º/o la Z_{term} para los CLA y CLAA, como puede observarse en la ecuación 2 (Cuadro 2).

Para el CLCH la subestimación de Z_{term} es menor, variando desde un buen ajuste para los lagos pequeños hasta un 48º/o en el lago Pirehueico.

Si en los doce ambientes del CLS, de los cuales se posee información completa del período de estratificación, se analiza la relación entre la máxima profundidad de la termoclina previa a la mezcla total y el FT, se halla que éste explicó el 45º/o de la variación en Z_{term} y el porcentaje de la varianza explicada aumentó al 55º/o al incluirse la $\sqrt{VMV} 12-3$. La recta de regresión predice Z_{term} a profundidades mayores que la ecuación 1 (Cuadro 2), ya que el coeficiente de regresión cambia de 0,80 a 1,06 con una leve disminución de la ordenada al origen. Dado el tamaño de dicha base de datos, la comparación entre los CLA y CLCH es muy aproximada. De los cinco lagos argentinos, sólo uno se desvía negativamente (lago Lácar) y de los siete chilenos, lo hacen así cuatro de ellos; ésto coincidiría con el patrón de distribución anterior (fig. 2).

Temperatura, zona fótica y profundidad de la termoclina.

El hecho de que los lagos chilenos presenten en promedio, una menor profundidad de la termoclina lleva, en un 69º/o de ellos, a que la zona fótica (Z_{eu}) abarque durante el verano el metalimnio e incluso parte del hipolimnio (fig. 5). Este hecho conduciría a un menor aprovechamiento de energía lumínica disponible en cuerpos de agua con esta característica²⁷.

Debido a que los lagos argentinos de la Región Andino-Patagónica (incluida la laguna Blanca) situados al norte del lago Nahuel Huapi presentan en general, una menor profundidad de la termoclina, se decidió considerarlos separadamente. De estos seis lagos, cuatro muestran una Z_{eu} mayor que la Z_{term} , siendo similares en este aspecto a los lagos chilenos; idéntica situación se presentó en cinco de los quince restantes lagos argentinos (fig. 5). Resumiendo, de los veintiún lagos argentinos estratificados incluidos en este análisis, sólo el 38º/o de ellos presentaron una Z_{eu} superior a Z_{term} (Cuadro 1).

Los lagos argentinos estratificados, con excepción de la laguna Blanca

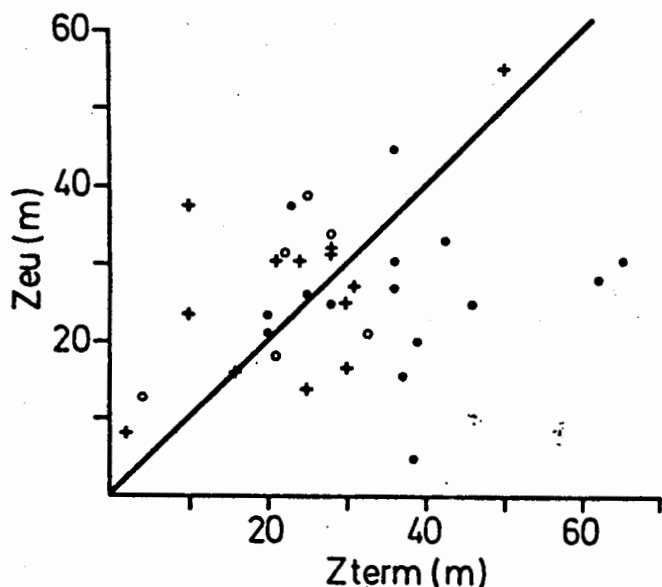


Fig. 5. Relación entre el espesor de la zona fótica (Z_{eu}) y la profundidad de la termoclina a fines del verano (Z_{term}). + Lagos chilenos; o lagos argentinos situados al N del lago Nahuel Huapi; • lagos argentinos situados al S del lago Nahuel Huapi.

y los embalses de la planicie patagónica, presentaron en general, menores temperaturas de las aguas superficiales y de fondo que los lagos chilenos (fig. 6). A su vez, en los cuerpos de agua argentinos no estratificados, las temperaturas de superficie y fondo son muy similares (Cuadro 1). Un caso particular es el del lago Huechulafquen, con una diferencia de sólo $3,1^{\circ}\text{C}$ entre superficie y 240 m de profundidad.

En lo que respecta a las temperaturas de fondo, como se expresara anteriormente, en el conjunto de lagos argentinos estratificados son menores que en los ambientes chilenos. Una excepción entre estos últimos son los lagos Neltume y Pirehueico, con temperaturas de aguas profundas similares a los argentinos (fig. 6). Por su parte, los embalses Mari Menuco y Los Barriales se comportaron a este respecto, en forma similar a los chilenos.

Estas situaciones tendrían su explicación desde el punto de vista climático, debido a que los inviernos son más rigurosos en la zona cordillerana argentina en contraposición a la región lacustre chilena, con un clima oceánico e inviernos más benignos. En el caso de los ambientes estratificados situados en la planicie patagónica, si bien se hallan sujetos a inviernos más rigurosos, presentan una mayor amplitud térmica anual.

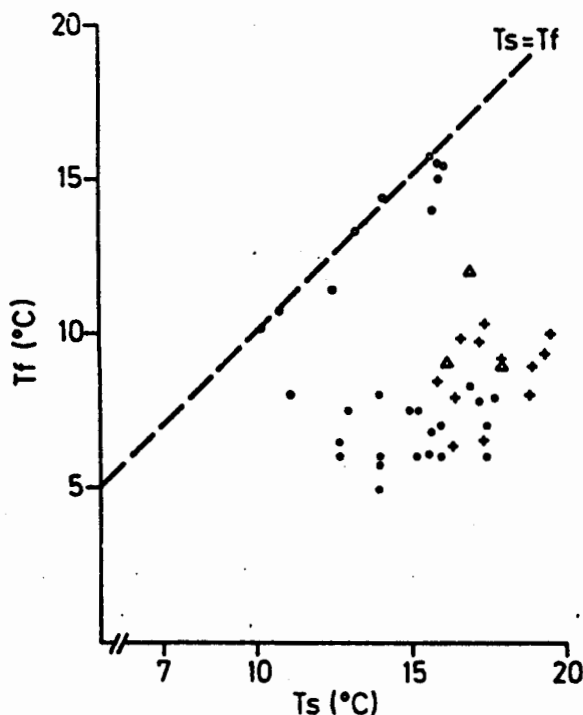


Fig. 6. Temperatura de las aguas superficiales (T_s) y profundas (T_f) en ambientes lacustres de la Región Andino-Patagónica. • Lagos argentinos; + lagos chilenos; Δ lagos y embalses de la meseta patagónica; $\circ$ lagos no estratificados.

Debido a que la temperatura media anual del ambiente se relaciona directamente con la temperatura del aire en invierno, se graficaron las temperaturas de las aguas de fondo versus la T_{AMB} (fig. 7). Se observaron así, agrupamientos de estos ambientes acuáticos según las variables consideradas. Uno de ellos incluye a todos los lagos argentinos de la región andina, con inviernos rigurosos y aguas profundas con bajas temperaturas. Otro nucleamiento de importancia, está constituido por todos los lagos chilenos y los embalses patagónicos estratificados. Un tercer agrupamiento incluiría a los lagos Neltume y Pirehueico, pero esto se debe posiblemente, a la baja precisión de la información meteorológica. Como conjunto de un sólo elemento, se presenta la laguna Blanca.

Estos agrupamientos se mantendrían aún considerando la gran imprecisión de las estimaciones de T_{AMB} para cada uno de los lagos. Por ejemplo, la temperatura media ambiente de invierno en las estaciones meteorológicas de la cordillera y precordillera argentina, desde el lago Nahuel Huapi hacia el sur, varía entre $-2,7$ y $3,9^{\circ}\text{C}$; en cambio, en las estaciones meteorológicas chilenas citadas, en las de la precordillera al norte del Nahuel Huapi y en las estaciones de la planicie patagónica, oscila entre 6 y 8°C .

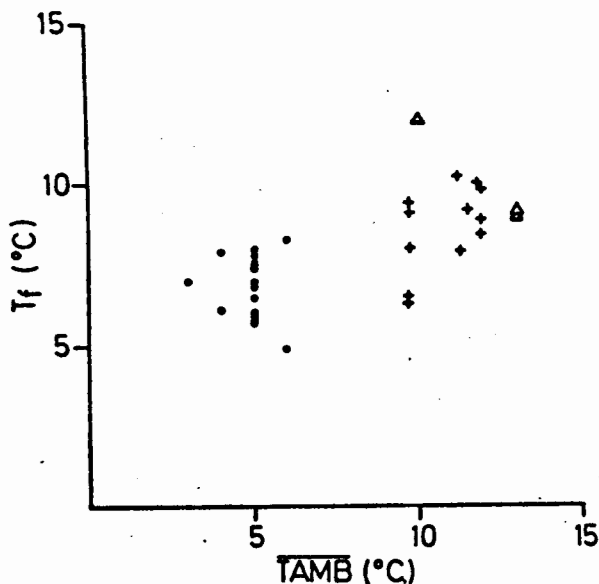


Fig. 7. Agrupamiento de los ambientes lacustres de la Región Andino-Patagónica según la temperatura media anual del ambiente (T_{AMB}) y la temperatura de las aguas profundas (T_f). • lagos argentinos; + lagos chilenos; $\triangle$ lagos y embalses de la meseta patagónica.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Debido a que el conjunto de datos es sumamente heterogéneo con respecto a los meses de muestreo, el análisis de la relación entre la profundidad de la termoclina (Z_{term}) y ciertos parámetros morfométricos y climáticos, presupone que dicha variable para cada uno de los conjuntos de lagos considerados, es homogénea con respecto a que expresa la máxima profundidad de la termoclina durante el verano, o por lo menos, una profundidad equivalente en cada uno de ellos.

La mencionada heterogeneidad, sumada a su carácter predominantemente puntual y extendida al conjunto total de datos, hace que las suposiciones realizadas no sean básicamente correctas. No obstante, se considera que son útiles en tanto permitan un análisis primario de las relaciones entre las características climáticas, morfométricas y físicas de un conjunto amplio de ambientes y su influencia sobre su producción potencial.

Las relaciones obtenidas entre la Z_{term} y FT , son similares en su forma a las citadas para otros conjuntos de lagos situados en distintos continentes^{31,35}. Aunque en general, tanto el CLA como el CLCH, presentan lagos con profundidades de la termoclina superiores a lo considerado como límite superior por algunos autores³⁵. Para el CLCH, las relaciones previamente citadas, subestiman la Z_{term} en menor proporción que para el CLA.

La inclusión, como segunda variable independiente, de la velocidad media del viento, permitió agrupar en un solo conjunto homogéneo a los

lagos argentinos y chilenos. Es decir, la mayor profundidad de la termoclina en los primeros, puede adjudicarse a los vientos más fuertes del lado argentino (Cuadro 3: ecuaciones 12 y 13). Aún así, para los ambientes más pequeños, estas dos variables no explicaron las diferencias encontradas en Z_{term} , aunque no se puede descartar que aquéllas se deban a que los datos utilizados en el presente análisis no corresponden al mismo período de muestreo. A pesar de ello, si en el CLCH no consideramos los lagos más pequeños cuyas Z_{term} corresponden al comienzo del verano (Cuadro 1: lagos 1*, 4* y 6*), la relación con el CLA se mantiene a pesar del aumento de la ordenada al origen (Cuadro 2: ecuación 11).

Se estima que la ecuación 1 (Cuadro 2), o su equivalente incluyendo como segunda variable a la $\overline{VMV}_{12-3}$ ($r^2 = 0,54$), es útil para obtener una primera aproximación de la Z_{term} en los lagos patagónicos argentinos, para los cuales no se dispone de otro tipo de información que la aportada por la cartografía y el clima en el período febrero-marzo. De manera similar, las ecuaciones 5 a 7 y 11 (Cuadro 2), o sus equivalentes multivariados incluyendo la $\overline{VMV}_{12-3}$, serán de utilidad para los lagos del sur de Chile en el período enero-marzo.

Aunque no podemos asegurar que las diferencias encontradas en las rectas Z_{term} vs FT para ambos conjuntos de lagos, debido a los distintos períodos de muestreo, se deban exclusivamente a la acción del viento, existen varios "hechos" que apoyan tal hipótesis. Primero, el pequeño lago Epu o N° 2 (diciembre 1971, Cuadro 1)¹⁸ presentó una termoclina a 37 m, superando a excepción de uno, a todos los lagos chilenos. A su vez, en el lago Situación se detectó a 62 m (marzo 1972)¹⁸, sólo superada por el lago Nahuel Huapi. Segundo, en los lagos chilenos¹⁻⁷ al igual que en los argentinos^{10,12,14,24}, la termoclina sigue descendiendo hasta fines del otoño, previamente al período de circulación total. Sin embargo, las Z_{term} máximas detectadas en los ambientes argentinos, no son alcanzadas por sus similares chilenos.

Parte de la varianza restante no explicada por FT y $\overline{VMV}_{12-3}$, podría deberse a las diferencias en el relieve y vegetación del terreno circundante en cada uno de los cuerpos de agua, a la poca precisión de los datos de $\overline{VMV}_{12-3}$, como así también a la mencionada heterogeneidad de la base de datos total.

Existen otros dos factores, ligados a la densidad, que pueden contribuir a explicar la menor profundidad media de la termoclina de los lagos chilenos con respecto a los argentinos de la región andina. Es conocido que un aumento en la diferencia de temperatura entre dos estratos de agua, conduce a un incremento en la diferencia de densidad y que para una determinada diferencia de temperatura, un aumento de ésta conduce a un incremento en la diferencia de densidad²¹. Los lagos argentinos andinos ($n = 17$), presentaron una diferencia media de temperatura entre superficie y fondo ($T_s - T_f$) de 8,3° C y una temperatura promedio entre superfi-

ficie y fondo $(\overline{T}_s + \overline{T}_f)/2$ de 11°C ; en cambio, para los lagos chilenos ($n = 13$) fueron de $9,1^{\circ}\text{C}$ y $13,2^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Es decir, los lagos argentinos andinos presentaron temperaturas medias inferiores y menores diferencias de temperatura entre aguas superficiales y profundas que los ambientes chilenos. Esto, aún con velocidades de viento similares, explicaría en parte, la mayor profundidad media de la termoclina encontrada en los lagos argentinos.

A pesar de que la térmica de los embalses se ve modificada por su hidrodinámica, distinta en general a la de los lagos naturales^{40,41}, el presente análisis no justifica que se los considere como un grupo separado (fig. 2 a 4).

Las ecuaciones 1 y 13 predicen la ausencia de estratificación de los lagos patagónicos, con excepción de los lagos Krüger y Huechulafquen (Cuadro 1). En el primero de ellos podría deberse a una modificación de su comportamiento térmico en relación con su posible corto tiempo de residencia del agua³⁷. En el caso del lago Huechulafquen, se desconocen las posibles causas que expliquen la falta de estratificación en febrero 1984, pero se detectaron niveles de fósforo total en superficie y abundancia de peces bastante superiores a los del resto de los lagos argentinos andinos³⁰.

Los ambientes acuáticos de los cuales se posee información de su comportamiento térmico anual (lagos Neltume¹, Pirehueico², Riñihue³, Panguipulli⁵, Ranco⁶, Villarica⁷, Nahuel Huapi^{10,11}, Mascardi¹⁴ y embalses Mari Menuco²⁴ y Los Barrales²⁴) son considerados por los respectivos autores como del tipo monomíctico cálido, al igual que los restantes del CLCH por debajo de los 700-1000 m de altitud²³. Ello permite suponer que el resto de los lagos del CLA, con altitudes menores a las mencionadas para el CLCH, serían del tipo mencionado y constituirían excepciones al límite de latitud entre los lagos dimícticos y monomícticos cálidos propuestos por Lewis²².

Los lagos más australes de la planicie patagónica considerados, el Colhue Huapi y el Musters, no estratifican de manera directa, pero en invierno presentan un principio de congelamiento de las aguas costeras protegidas del viento y una estratificación inversa de carácter temporario. La alta velocidad del viento, sería una de las causales de la ausencia de congelamiento de los lagos argentinos durante el invierno.

En general, los lagos andinos argentinos estratificados presentan temperaturas de fondo inferiores a los situados a igual latitud del lado chileno. Esto se debe, fundamentalmente, a que los inviernos son más rigurosos del lado argentino y con una componente climática de carácter continental más pronunciada. Una excepción la constituyeron los lagos Neltume y Pirehueico, debida posiblemente a su ubicación cordillerana^{1,2}.

A pesar de que los lagos chilenos mostraron en general, relaciones de Z_{eu} a Z_{term} menos favorables que los lagos argentinos andinos para el aprovechamiento de la energía lumínica (fig. 5), éstos últimos posiblemente pre-

senten menores tasas metabólicas como consecuencia de sus menores temperaturas. El predominio de este último efecto, explicaría las diferencias en producción potencial mencionadas³⁶. Por otra parte, los lagos chilenos presentan concentraciones de sólidos disueltos similares a los lagos andinos argentinos^{1-7,23,29}.

Como resultado de las características físicas de los lagos considerados (Cuadro 1), podemos agruparlos según su producción potencial creciente^{29,36}. Un primer grupo, constituido por los lagos argentinos y chilenos andinos, con un epilimnio de mayor espesor en relación a su profundidad máxima y bajas temperaturas de fondo. Un segundo grupo, integrado por los lagos de baja altitud del sur de Chile y los embalses estratificados de la planicie patagónica, con un epilimnio de menor espesor en relación a su profundidad máxima y temperaturas de superficie y de fondo mayores. El tercero, incluiría los ambientes argentinos precordilleranos y de la planicie patagónica, con profundidades menores y sin estratificación permanente.

Un factor de importancia que puede llegar a modificar este agrupamiento, es el tiempo medio de residencia del agua. Actualmente, no se dispone de información suficiente como para evaluar su efecto en el conjunto total de lagos y embalses.

REFERENCIAS

1. Campos, H.; J. Arenas, W. Steffen y G. Agüero. 1977. Estudio limnológico, morfométrico, físico y químico del lago Neltume (Valdivia, Chile). *Medio Ambiente*, 3: 37-47.
2. Campos, H.; J. Arenas, W. Steffen y G. Agüero. 1978 a. Estudios limnológicos en el lago Pirehueico: morfometría y características físico-químicas. *Medio Ambiente*, 3: 76-88.
3. Campos, H.; J. Arenas; W. Steffen y G. Agüero. 1978 b. Physical and chemical limnology of lake Reñihue (Valdivia, Chile). *Arch. Hydrobiol.*, 84: 405-429.
4. Campos, H.; J. Arenas; W. Steffen y G. Agüero. 1980. Limnologische Untersuchungen an den seen Pellaifa und Calafquen in Chile. *Beitr. Hydrol.*, 7: 99-137.
5. Campos, H. J. Arenas, W. Steffen y G. Agüero. 1981. Morphometrical, physical and chemical limnology of lake Panguipulli (Valdivia, Chile). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 10: 603-625.
6. Campos, H.; J. Arenas, W. Steffen; C. Román y G. Agüero. 1982. Limnological study of lake Ranco (Chile): morphometry, physics, chemistry and plankton. *Arch. Hydrobiol.*, 94: 137-171.
7. Campos, H.; W. Steffen, C. Román, L. Zuñiga y G. Agüero. 1983. Limnological studies in lake Villarica. Morphometric, physical, chemical, planktonical factors and primary productivity. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 65: 371-406.

8. De Caprariis, P. 1981. A note on the development of the thermocline in temperate lakes. *Ecol. Model.*, 12: 213–219.
9. Conzonno, V.; A. Mariazzi, M. Casco, R. Echenique, H. Labollita y M. Petrocchi. 1981. Estudio limnológico en el lago Pellegrini (Río Negro, Argentina). *Ecosur*, 8: 153–170.
10. Cordini, R. 1939. El lago Nahuel Huapi. Contribución a su conocimiento limnológico. Ministerio de Agricultura. *Dir. Minas Geol. Bol.* (47): 56 p.
11. Cordini, R. 1950. Algunas características limnológicas del lago Nahuel Huapi. *An. Mus. Nahuel Huapi*, 2: 113–127.
12. Cordini, R. 1964. El lago Lácar del Parque Nacional Lanín (Neuquén). *An. Parques Nac.* (B. Aires), 10: 111–183.
13. Cuch, S. y R. Quirós. 1984. Tipología de lagos patagónicos. Inst. Nac. Invest. Desarro. Pesq. (en prensa).
14. Drago, E. 1974. Estructura térmica del lago Mascardi (Provincia de Río Negro, Argentina). *Physis, Secc. B. Aguas Cont. Org.*, 33: 207–216.
15. Draper, N. y A. Smith. 1966. Applied regression analysis. Wiley, N. York 308 p.
16. Ford, D. y H. Stefan. 1980. Stratification variability in three morphometrically different lakes under identical meteorological forcing. *Water Resour. Bull.*, 16: 243–247.
17. Hutchinson, G. 1957. A treatise on Limnology. Vol. 1: Geography, physics and chemistry. Wiley. N. York 1015 p.
18. INALI (CONICET). 1972. Report on IBP/PF Projects. *Instituto Nacional de Limnología* Santo Tomé (S. Fe), Argentina (56 p.).
19. Jolly, V. y J. Brown. 1975. New Zealand lakes. *Auckland Univ. Press*. N. Zealand, 388 p.
20. Leomalle, J. 1981. Photosynthetic production and phytoplankton in the euphotic zone of some african and temperate lakes. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 14: 31–37.
21. Lewis, W. Jr. 1973. The thermal regime of Lake Lanao (Philippines) and its theoretical implications for tropical lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 18: 200–217.
22. Lewis, W. Jr. 1983. A revised classification of lakes based on mixing. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 1779–1787.
23. Löffler, H. 1959. Limnologische Untersuchungen an chilesninen und peruanischen Binnengewässern. *Ark. Geofisik*, 3: 155–254.
24. Land de Castello, H. 1981. Algunos aspectos limnológicos abióticos de las cuencas de los ríos Limay y Neuquén, con especial referencia al embalse Ramos Mexia. *Ecosur*, 8: 1–27.
25. Margalef, R. 1983. Limnología. *Omega*, Barcelona, 1010 p.
26. Mortimer, C. 1974. Lake hydrodynamics. *Mitt Int. Ver. Limnol.*, 20: 124–197.
27. Patalas, K. 1961. Wind —und morphologiebedingte Wasserbewegungs— typen als bestimmender Faktor für die Intensität des Stoffkreislaufes in nordpolnischen

28. Quirós, R.; R. Delfino, S. Cuch y R. Merello. 1983. Diccionario geográfico de ambientes acuáticos continentales de la República Argentina. Parte I: Ambientes leníticos. *Inst. Nac. Invest. Desarro. Pesq. Ser. Contrib. Nro. 435*, 475 p.
29. Quirós, R.; S. Cuch, H. Senone, C. Marinone, C. Baigún y R. Merello. 1984. Características morfométricas, químicas y físicas de 33 lagos patagónicos (Argentina). *Inst. Nac. Invest. Desarro. Pesq. Ser. Contrib.* (en prensa).
30. Quirós, R.; S. Cuch y C. Baigún. 1984. Relación entre abundancia de peces y ciertas propiedades físicas, químicas y biológicas en lagos y embalses patagónicos (Argentina). Presentado en el Taller Internacional sobre Ecología y manejo de peces en lagos naturales y artificiales. Univ. de Chile—FAO—UNESCO. Noviembre 1984. Santiago. Chile (en prensa).
31. Ragotzkie, R. 1978. Heat budgets of lakes. (p. 1–19). En: *Lakes: chemistry, geology, physics* (Lerman, ed.). *Springer-Verlag*. N. York (363 p.).
32. Schwerdtfeger, W. 1976. Climates of Central and South America (p. 140–142). En: *World Survey of Climatology* (Landsberg, ed.). Vol. 12, 532 p. *Elsevier*, Amsterdam.
33. Shuter, B.; D. Schlesinger y A. Zimmerman. 1983. Empirical predictors of annual surface water temperature cycles in North American lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 1838–1845.
34. Smith, I. y I. Sinclair. 1972. Deep-water waves in lakes. *Freshw. Biol.*, 2: 387–399.
35. Straskraba, M. 1980. The effects of physical variables on freshwater production: analysis based on models (p. 13–84). En: *The functioning of freshwater ecosystems* (Le Cren y Lowe Mc Connel, ed.). *Cambridge Univ. Press*. Cambridge, 588 p.
36. Thomasson, K. 1959. Nahuel Huapi. *Acta Phytogeogr. Suec.*, 42: 1–83.
37. Thomasson, K. 1963. Araucanian lakes. *Acta Phytogeogr. Suec.*, 47: 1–139.
38. Thomasson, K. 1964. Plankton and environment of North Patagonian lakes. *Ann. Soc. Tarttuensis ad res Naturae Inv. Const.*, 4: 9–28.
39. Weisberg, S. 1980. Applied linear regression. *Wiley*. N. York (283 p.).
40. Wunderlich, W. y R. Elder. 1967. The mechanics of stratified flow in reservoirs (p. 56–68). En: *Reservoir Fishery Resources Symposium*. Am. Fish. Soc. (ed.). Univ. Georgia. Athens. 569 p.
41. Wunderlich, W. 1971. The dynamics of density-stratified reservoirs (p. 219–231). En: *Reservoir fisheries and limnology* (Hall, ed.). *Am. Fish. Soc. Sp. Publ. 8*. Washington (511 p.).
42. Zimmerman, A.; K. Noble; A. Gates y J. Paloheimo. 1983. Physico-chemical typologies of South-Central Ontario lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 1788–1803.