

ESTRUCTURA TERMICA DEL LAGO GRANDE DE SAN PEDRO, VIII REGION, CHILE

Thermal structure of Lake Grande de San Pedro, VIII Region, Chile

VICTOR DELLAROSSA* Y MIGUEL VILLARROEL*

RESUMEN

Se estudió la estructura térmica y el balance calórico anual del lago Grande de San Pedro. El lago es del tipo polimíctico y presenta una débil estratificación térmica en verano. El balance calórico anual fue de 10.025 cal cm⁻², con un máximo de 18.773 cal cm⁻² en el mes de enero de 1990 y un mínimo de 8.267 cal cm⁻² en el mes de agosto de 1989. El trabajo del viento fue de 748,5 g cm cm⁻² y la estabilidad sólo alcanzó valores de 86,6 g cm cm⁻².

Se establecieron los principales parámetros morfométricos del lago: longitud máxima (lm) 2,650 m; ancho máximo (bm) 1,375 m; ancho medio (b) 585 m; profundidad máxima (zm) 13,5 m; línea de costa (L) 9.500 m; área (A) 1.557.250 m²; desarrollo de la línea de costa (DL) 2,1; profundidad media (z) 8,3 y el volumen (V) 12.890.000 m³. Se construyeron las curvas superficie-profundidad y volumen-profundidad.

La temperatura media mensual del lago en un ciclo anual está relacionada significativamente con la posición de los lugares de presión media mensual máxima (*lpm*), relativos a Concepción ($r=0,99$, $P<0,001$), con la temperatura media mensual del ambiente ($r=0,98$, $P<0,001$) y con la radiación incidente ($r=0,85$, $P<0,001$); estas variables climáticas también tienen un comportamiento *lpm*. La temperatura media de la columna de agua así como los períodos de ganancia y pérdida de calor en el lago Grande de San Pedro pueden ser explicado por el modelo climático propuesto por Saavedra (1985) para la Región de Concepción.

INTRODUCCION

Las características físicas de la columna de agua de un lago son determinadas por los intercambios de energía térmica y mecánica que tienen

ABSTRACT

The thermal structure of Lake Grande de San Pedro (36° 51'S; 73° 06' 50"W) as well as its annual heat budget was studied. The lake is polymictic and shows a weak stratification during summer. The annual heat budget was 10.025 cal cm⁻², with a maximum of 18.773 cal cm⁻² (January, 1990) and a minimum of 8.267 cal cm⁻² (August, 1989).

The wind stress was 748.5 g cm cm² and the stability was only 86.6 g cm cm².

The following morphometric parameters were established: maximum length (lm) 2.650 m; maximum breadth (bm) 1.375 m; mean breadth (b) 585 m; maximum depth (z_m) 13.5 m; shore line (L) 9.500 m; area (A) 1.557.250 m²; development of shore line (DL) 2.1; mean depth (z) 8.3 m and volume (V) 12.890.000 m³. The hypsometric curve was also made.

The monthly mean temperature of the lake was shown to be positively correlated ($r=0,99$; $P<0,001$) with the location of maximum monthly mean pressure (*lpm*) relative to the city of Concepción, with the monthly mean atmospheric temperature ($r=0,98$; $P<0,001$) and with the incident radiation ($r=0,85$; $P<0,001$). Thus, the mean monthly temperature of the water column and the monthly heat content of the lake can be explained with the climatic model of Saavedra (1985) for the Concepción region.

KEYWORDS: *lpm*, morphometric parameters, annual heat budget, limnology.

lugar entre el lago y el ambiente, siendo las principales fuentes de energía la radiación solar y el viento. Las variaciones mensuales de la temperatura en un ciclo anual influyen en las características físicas y químicas de un lago, y constituyen a la vez un importante factor de regulación de los procesos biológicos que ocurren en el seno de un cuerpo de agua. Por otra parte, en lagos de zonas templadas el balance térmico anual está muy correlacionado

*Departamento Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas Casilla 160-C, Concepción, Chile. E-mail: videllar@udec.cl

con la profundidad media, el área y el volumen, aumentando con las dimensiones de la masa de agua (Gorham, 1964). En consecuencia, tanto el marco climático en que un lago se encuentra por latitud, como sus características morfométricas, interaccionan para determinar los rasgos físicos (temperatura media mensual, temperatura máxima y mínima de la columna de agua, balance calórico anual) propios de cada lago en el curso de un ciclo anual.

Saavedra (1985a) ha demostrado que existe una correspondencia cualitativa, especialmente importante para la Región de Concepción (36° 45'S) por su ubicación latitudinal, entre la posición y desplazamiento del *lpm* o lugar en Chile en que la presión media mensual es máxima y la distribución anual de los valores medios mensuales de gran parte de las variables meteorológicas o variables climáticas (frecuencia y dirección de los vientos dominantes, presión, radiación global, insolación, nubosidad y frecuencia de precipitaciones). Por lo tanto en el clima de Chile Central juegan un rol fundamental las evoluciones en la latitud del *lpm* y de la presión en el *lpm* (Saavedra, 1980, 1983, 1985a, 1985b 1992; Saavedra & Foppiano, 1992a, 1992b). La única variable en intensidad que es *lpm* es la radiación solar (Saavedra, 1985a) y dado que en un lago, prácticamente, la totalidad de la energía que dirige y controla el metabolismo de la columna de agua deriva directamente de la energía solar, en este trabajo se plantea como hipótesis que el comportamiento térmico del lago Grande San Pedro en un ciclo anual puede ser explicado por el modelo climático propuesto por Saavedra (1985) para Concepción.

MATERIALES Y METODOS

Se estableció una estación de muestreo en el área de máxima profundidad del lago Grande de San Pedro (36° 51' S ; 73° 06' 30" W). En el ciclo anual de muestreo se realizaron 34 perfiles térmicos entre Junio 1989 y julio de 1990. Para la obtención de las muestras se utilizó una botella Ruttner con termómetro incluido. La temperatura de la columna se registró metro a metro desde una embarcación anclada en el centro del lago.

La carta Batimétrica del lago Grande de San Pedro (Fig. 1) se levantó a escala 1:5000. Se utilizaron 25 transectas uniendo ambas orillas del lago mediante un perlón con marcas de colores cada 10 metros en la zona litoral y cada 25 metros en aguas

abiertas, luego cada trasecta se recorrió con un ecosonda Kaijo Denki.

En la presente contribución se sigue a Biro (1974) en la clasificación de los cuerpos acuáticos de la región de Concepción y no se conserva el nombre vernacular de "laguna", para evitar posterior confusión en la categorización internacional de las aguas epicontinentales.

Balance calórico (Θ). El balance calórico se refiere al calor absorbido por un cuerpo de agua durante cierto período. El balance de mayor importancia es el balance calórico anual (Θ_a) y se expresa por unidad de área superficial (Θ_{ab}); según Cole (1988) es la cantidad de calor que ingresa a un lago partiendo de la temperatura media inferior anual, hasta su temperatura media superior anual. Para realizar estos balances es necesario conocer la morfometría del lago y en especial las curvas área-profundidad y volumen-profundidad. Los volúmenes entre isóbatas deben ser conocidos porque el contenido de calor en calorías, es la sumatoria de los contenidos de calor de todos los estratos de 1 m de espesor. En estos cálculos se asume que 1 gramo de agua ocupa un volumen de 1 cm³ o de 1 ml y su contenido calórico es mililitros x grados Celsius.

Se estimó muestreo a muestreo a partir de la fórmula:

$$\Theta_{ab} = \int_{Z_0}^{Z_{m\acute{a}x}} t_z A_z \delta_z$$

Θ = contenido de calor de una masa de agua en calorías.

Z_0 = isóbata de 0 metros o espejo de agua.

$Z_{m\acute{a}x}$ = profundidad máxima del depósito.

A_z = área a profundidad z.

t_z = temperatura a la profundidad z (valor promedio para el estrato de agua).

Estabilidad (S). El concepto de estabilidad es introducido por Schmidt (1928) y simplemente es la cantidad de trabajo que se requeriría para mezclar la columna de agua a una densidad uniforme sin agregar ni sustraer calor en el proceso. Si la densidad es uniforme la estabilidad es cero, no se necesita trabajo para promover la uniformidad. La estabilidad aumenta a medida que desciende el centro de gravedad (Z_g). La estabilidad se estimó según Cole (1988) mediante la fórmula:

$$S = 1/A_0 \int_{Z_0}^{Z_{\text{máx}}} (z - z_\rho) (\rho_z - \rho) A_z \delta z$$

- Z_0 = profundidad de 0 m.
- Z_ρ = profundidad en cm a la cual se encuentra la profundidad media
- Z_0 = isóbata de 0 metros o espejo de agua.
- $Z_{\text{máx}}$ = profundidad máxima del depósito.
- A_0 = área del espejo de agua
- A_z = área a profundidad z
- ρ_z = densidad a la profundidad z (valor promedio para el estrato de agua).
- ρ = densidad media

Trabajo del viento (B). Birge (1916) desarrolló el concepto de trabajo del viento y refleja la presión que es necesario ejercer para establecer la estratificación. Se calculó a partir de:

$$B = 1/A_0 \int_{Z_0}^{Z_{\text{máx}}} \rho_i - \rho_z z A_z dz$$

- A_0 = área del espejo de agua.
- $Z_{\text{máx}}$ = profundidad máxima del depósito.
- Z_0 = profundidad de 0 m.
- A_z = área a profundidad z .

ρ_i = densidad inicial, constante en todas las profundidades.

ρ_z = densidad observada a la profundidad z .

Para obtener el intercambio energético de la columna de agua en el tiempo y en el espacio, se estimó el contenido de calor en cada nivel de profundidad y se sustrajo el contenido de calor que correspondió al muestreo previo, teniendo en cuenta el tiempo transcurrido entre muestreos. De esta forma se obtuvo el flujo medio diario de energía que atravesó niveles de profundidad sucesivos y los valores se expresan $\text{cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$.

RESULTADOS

Parámetros Morfométricos

Para estimar los principales parámetros morfométricos se siguió la metodología de Hutchinson (1957), éstos se indican en la Tabla I.

La hoya hidrográfica del lago Grande de San Pedro tiene una extensión de $12,5 \text{ km}^2$, mientras que la superficie del espejo de agua es de sólo $1,55 \text{ km}^2$, siendo la razón entre ambas superficie de aproximadamente 1:8. Las curvas hipsográficas del área y el volumen se representan en la Fig. 2.

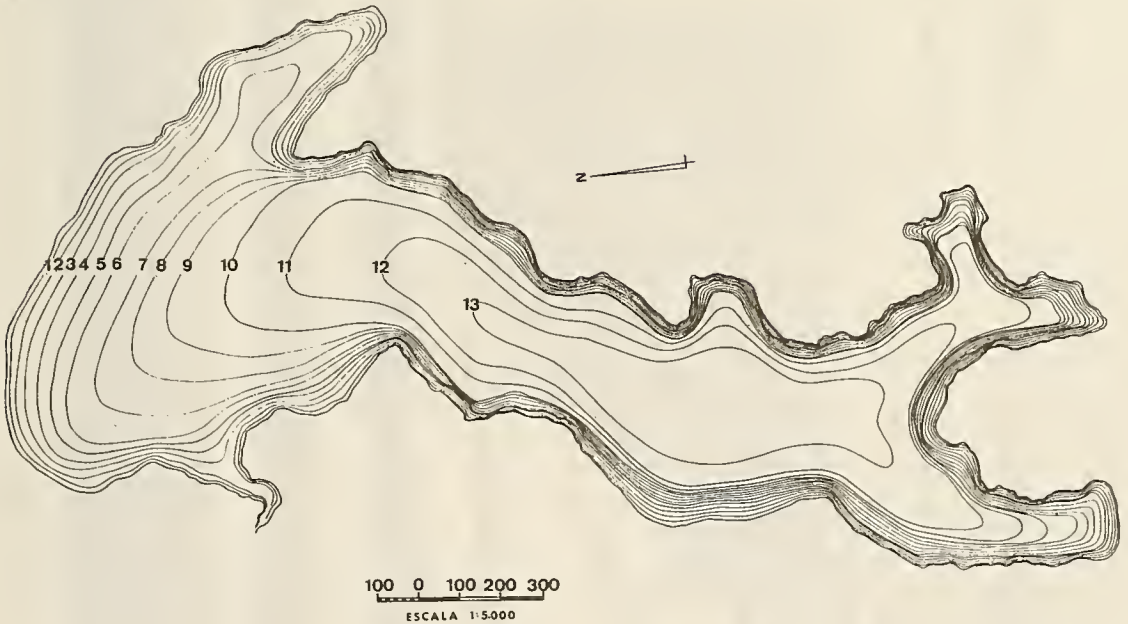


FIGURA 1. Carta batimétrica del lago Grande de San Pedro.

TABLA I. Parámetros morfométricos del lago Grande de San Pedro.

Ubicación geográfica	36°51' S ; 73° 06'30" W	
Longitud máxima (l_m)	2.650 m	
Ancho máximo (b_m)	1.375 m	
Ancho medio (b)	585 m	
Longitud de la línea de costa (L)	9.500 m	
Desarrollo de la línea de costa(DL)	2,1	
Profundidad máxima (z_m)	13,5 m	
Profundidad media (z)	8,3 m	
Area (A)	1.557.250 m ²	
Volumen (V)	12.890.000 m ³	

Superficie por isóbatas (m)	(m ²)	Volumen entre isóbatas (m)	(m ³)
0	1.557.250	0-1	1.526.000
1	1.496.750	1-2	1.426.618
2	1.428.750	2-3	1.390.450
3	1.352.500	3-4	1.294.701
4	1.237.750	4-5	1.216.815
5	1.196.000	5-6	1.139.414
6	1.083.750	6-7	1.021.250
7	960.000	7-8	910.051
8	861.000	8-9	817.710
9	775.500	9-10	730.037
10	685.500	10-11	605.039
11	528.000	11-12	442.797
12	362.750	12-13	260.215
13	169.750	13-13.5	84.875

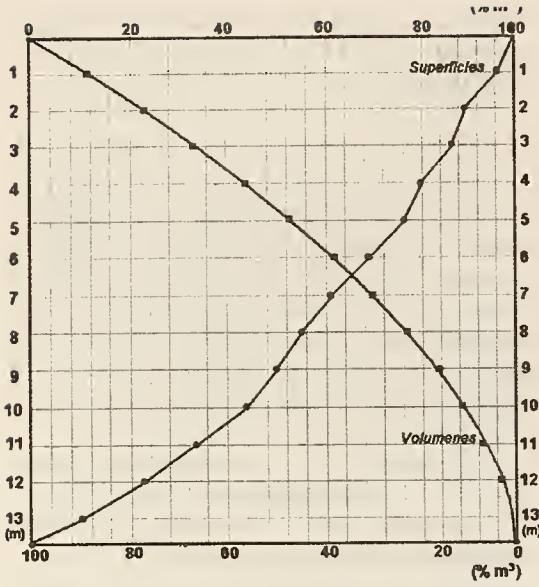


FIGURA 2. Distribución porcentual del área y del volumen de los diferentes estratos del lago en relación a la profundidad.

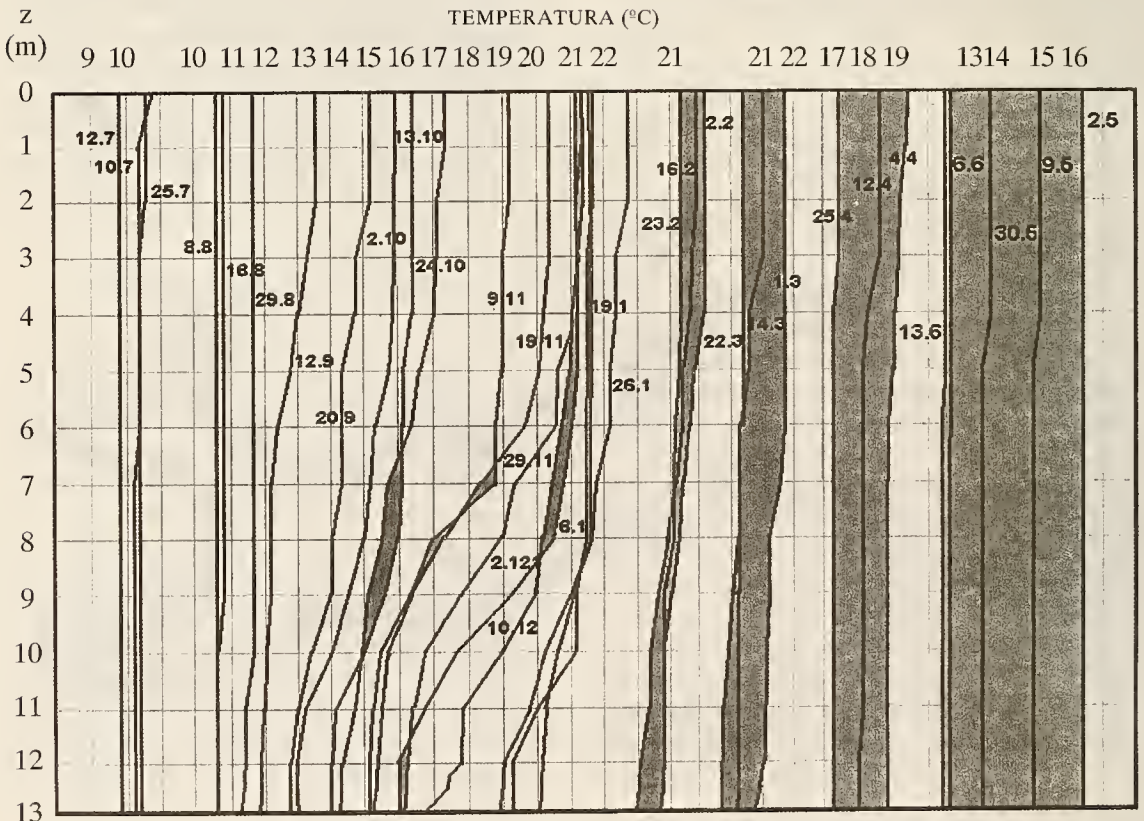


FIGURA 3. Estructura térmica del lago Grande de San Pedro.

Estructura térmica. La estructura térmica de un ciclo anual en el lago Grande de San Pedro se representa en la Fig. 3. La secuencia de muestreos señala que la distribución vertical de la temperatura presenta una marcada estacionalidad. Las menores temperaturas se presentaron en julio (10°C) y las mayores entre los meses de enero y febrero (22,8°C). Entre julio y agosto la columna de agua del lago Grande de San Pedro es homotérmica con temperaturas menores a 12°C.

En los muestreos de septiembre y octubre la temperatura del agua aumenta en forma progresiva hasta los 17°C pero se mantiene la condición de homotermia de la columna de agua. A partir de noviembre y hasta mediados de diciembre se desarrolló una débil barrera térmica, la temperatura alcanzó los 21°C en los primeros 6 metros de profundidad, delimitando un metalimnio entre 6 y 9 metros y un reducido hipolimnio con temperaturas entre 16 y 17°C. A fines de diciembre, la temperatura de toda la columna de agua sigue aumentando y la barrera térmica se profundiza desapareciendo en los meses de enero y febrero. A partir de febrero empieza a disminuir la temperatura y la columna de agua se mantiene homotérmica.

La estructura térmica del lago Grande de San

Pedro mostró un comportamiento cíclico en el que se pueden destacar un período de bajas temperaturas (junio, julio, agosto) y otro de altas de temperaturas (octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero), ambos períodos definen como meses de transición septiembre-octubre y abril-mayo. Prácticamente son los mismos periodos que se utilizan para describir la posición media mensual del *lpm* con la latitud en Chile Central. En el ciclo descrito la transición de altas a bajas temperaturas es más rápida que la situación contraria, situación que también es coincidente con las diferencias que existen entre la velocidad de repliegue del *lpm* hacia el norte y su velocidad de avance hacia el sur.

En la Fig. 4 se representa la distribución cronológica de las isotermas en el lago Grande de San Pedro resumiendo las variaciones de la temperatura en el tiempo y en el espacio. El gráfico de las isotermas ratifica el comportamiento cíclico de la temperatura en la columna de agua, y la importancia de los períodos de transición (septiembre-octubre; abril-mayo). El aumento de la temperatura en los estratos superficiales se desencadena en el mes de agosto y lentamente va alcanzando los estratos más profundos (las isotermas aparecen mas distantes) generando un desfase temporal en profundidad para

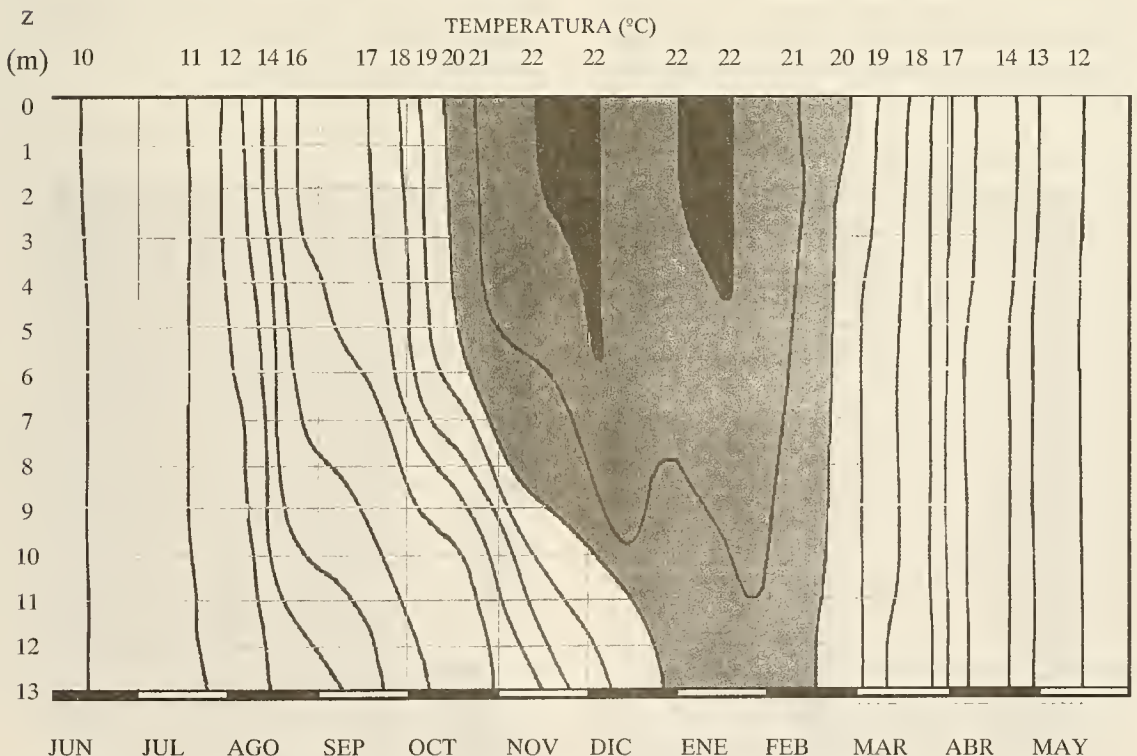


FIGURA 4. Distribución cronológica de las isotermas en el lago Grande San Pedro.

las isotermas de 17, 18, 19 y 20 °C. En diciembre y enero las capas se vuelven a calentar hasta los 6 metros de profundidad y la acción del viento distribuye el calor a los estratos profundos. En todos los estratos se va produciendo un aumento de la temperatura a partir de agosto. En enero, las variaciones de temperatura en todos los estratos, fueron comparativamente más bajas que entre septiembre y diciembre lo que indica el inicio del período de enfriamiento en el ciclo anual.

Contenido de calor. Los perfiles de temperatura permiten calcular el contenido total de calor de una masa de agua, así como el cambio de contenido de calor experimentado entre muestreos sucesivos. En la Tabla II se muestra el contenido de calor mensual (Θ), los valores del trabajo de Birge (B) y de estabilidad de Schmidt (S) en el ciclo estudiado. El mínimo contenido de calor se encontró el 12 de julio de 1989 y fue de 8.096 cal cm⁻² mientras que el máximo fue de 18.121 cal cm⁻² y se encontró en el muestreo del 6 de enero de 1990, por tanto, el balance térmico anual para el lago Grande de San Pedro es de 10.024 cal cm⁻².

La magnitud del trabajo de Birge es muy superior a la estabilidad de Schmidt en el lago Grande de San Pedro. Esta diferencia de energía indica que es mayor el trabajo que se gasta en redistribuir las masas de aguas, que el necesario para romper la débil barrera térmica que se presenta en la columna de agua. B y S no necesariamente deben estar correlacionados por-

que involucran conceptos diferentes, y el trabajo del viento puede ser realizado en ausencia de estratificación por densidad. En condiciones de homotermia en invierno, por ejemplo, hubo muestreos donde el lago no presenta estabilidad (S=0) pero el trabajo de Birge está siendo ejercido.

Flujos diarios de calor. Los flujos medios diarios están representados cronológicamente en la Fig. 5 mediante isópletas de flujos energéticos generadas de la interpolación de los valores calculados para cada profundidad. Las áreas sombreadas indican períodos de flujo negativo, es decir, zonas que han experimentado enfriamiento y las áreas no sombreadas señalan acumulación de calor.

En el ciclo anual estudiado destacan 5 episodios de ganancia de calor a través del espejo de agua, los más importantes, por simple inspección de la magnitud de los flujos diarios, son los que se producen entre septiembre y noviembre y de menor importancia los que ocurren entre enero y febrero. Intercalados con estos períodos de ganancia de calor hay lapsos breves en que el balance de calor no experimenta cambios.

A partir de enero empiezan los episodios de flujos negativos de calor, ello indica que pasa calor desde la columna de agua a la atmósfera. Esta situación de pérdida de calor es permanente en el tiempo a partir del mes de marzo y no se interrumpe hasta el mes de agosto, salvo pequeñas variaciones en la intensidad de los flujos.

Z
(m) FLUJOS MEDIOS DIARIOS DE CALOR (cal cm⁻² día⁻¹)

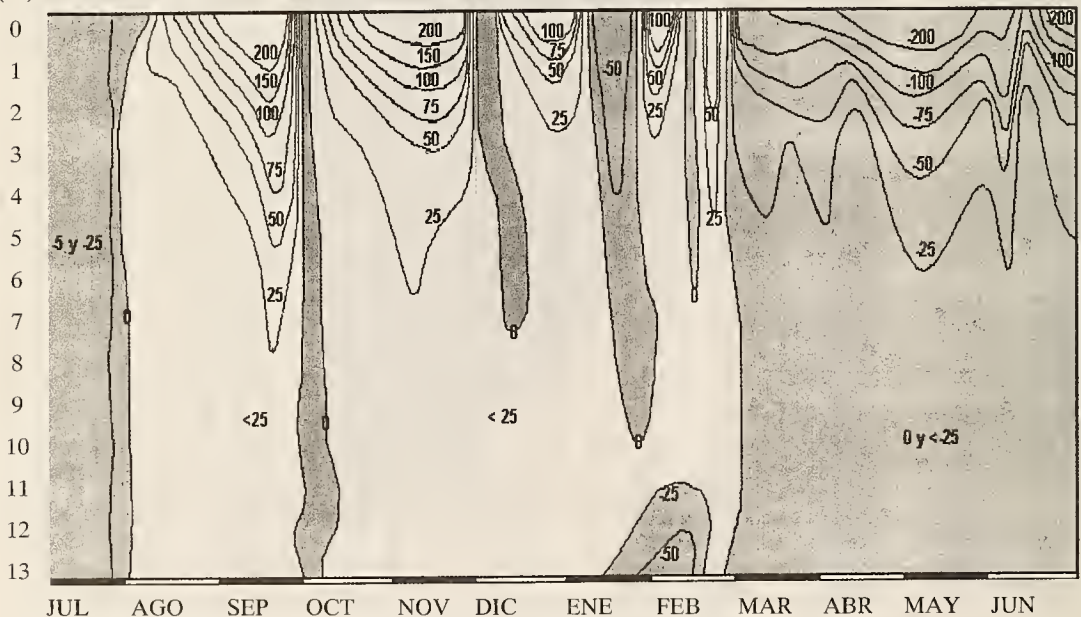


FIGURA 5. Flujos diarios de calor en el lago Grande de San Pedro durante un ciclo anual.

TABLA II. Contenido de calor (Θ), estabilidad (S) trabajo del viento (B) y temperatura media (T_m) de la columna de agua y su relación con radiación y con la posición media mensual del *lpm* relativo a la latitud de Concepción.

	Θ (cal cm ⁻²)		S (g.cm cm ⁻²)		B (g.cm cm ⁻²)		T_m (lago)	Radiación (%) sobre máximo teórico*	Posición <i>lpm</i> rela- tiva a Concepción
	$\bar{x} \pm d.s$	CV(%)	$\bar{x} \pm d.s$	CV(%)	$\bar{x} \pm d.s$	CV(%)			
Julio	8429,6±291	3,5	1,39±1,17	7,3	13,4±5,46	8,8	10,20	43,6	-5
Agosto	9075,2±432	4,8	1,66±0,18	11,2	37,8±23,7	8,8	10,98	44,1	-4
Sept.	11768,6±1095	9,3	28,11±7,49	26,7	184,8±73,0	9,7	14,24	46,0	-1
Octubre	13072,9±437	3,3	36,23±9,45	26,1	248,6±55,0	11,8	15,82	49,0	8
Nov.	15773,8±732	4,6	85,80±16,59	19,3	480,8±61,0	14,2	19,09	50,5	8
Dic.	17141,6±384	2,2	70,68±8,32	11,8	638,0±40,2	16,3	20,75	52,9	9
Enero	17724,5±349	2,0	36,85±23,9	64,9	728,2±21,1	17,1	21,45	57,7	15
Febrero	17819,5±184	1,0	27,51±8,86	32,2	748,5±17,5	16,6	21,57	53,1	15
Marzo	17231,3±571	3,3	15,10±4,62	30,6	693,7±61,8	13,8	20,85	52,1	11
Abril	5196,5±725	4,8	8,41±6,08	72,3	492,4±66,7	11,7	18,39	50,0	6
Mayo	12450,7±1118	9,0	2,42±2,10	86,6	259,0±88,0	9,9	15,07	39,2	-5
Junio	10051,0±555	5,5	0,97±0,84	86,6	93,6±31,6	10,0	12,06	39,7	-4

*Valores tomados de Saavedra (1985)

Aproximación lineal ($y = a + b \cdot x$) entre las variables Θ , B, T_m , Radiación y posición del *lpm*.

Variable	a	b	r
Radiación (% máx. Teórico)	45,159	0,696	0,947
Contenido calor (Θ)	11993,574	12,92	0,927
Temperatura media del lago	14,516	0,508	0,929
Trabajo del viento (B)	250,402	34,226	0,889
Temperatura media de Concep	10,472	0,401	0,917

DISCUSION

El lago Grande de San Pedro es un valle de la Cordillera de Nahuelbuta represado por el avance de las dunas de la llanura de Concepción. forma parte de un sistema de 4 lagos ubicados al sur del río Bío Bío en la Octava Región (Lagos Chico de San Pedro, Grande de San Pedro, La Posada y Quiñenco). La morfometría (Fig. 1) refleja un origen mixto, erosional y depositacional. Su dinámica corresponde a la de un lago polimíctico (Dellarossa, 1980).

La estructura térmica y el balance anual de calor del lago manifiestan gran constancia en el tiempo. El lago Grande de San Pedro presenta en el ciclo 1989-1990 una estratificación térmica efímera, situación coincidente con el ciclo térmico descrito por Dellarossa (1980). En ambos ciclos la columna de agua alcanza el mayor almacenamiento de calor del año a mediados de enero, 9.975 y 10.024 cal cm⁻² respectivamente, valores levemente inferiores al estimado recientemente por Castro (1999) para el mismo lago (10.500 cal cm⁻²).

Los perfiles de temperatura describen la distribución de la energía térmica en la columna de agua de un lago y están estrechamente relacionados con

el trabajo de Birge ($r=0,97$; $P<0,001$) lo que se refleja en los valores promedios mensuales (Tabla II). La suma de S + B representa la cantidad mínima de trabajo mecánico que ha sido ejercida en o por el lago respecto a una condición de estado previa (Idso, 1973). Si se comparan estos valores (S+B) que representan los balances de energía mecánica asociados a las diferencias de densidades que existen en la columna de agua, con los balances de energía térmica, asociados a los procesos de enfriamiento y calentamiento, se observa que la energía mecánica relacionada con la estratificación en el lago Grande de San Pedro es muy pequeña respecto a los intercambios de energía térmica. El trabajo del viento de Birge puede ser realizado en ausencia de estabilidad o estratificación por densidad. Como eficiencia de energía, la forma en que se desarrolla la débil estratificación de densidades en el lago Grande de San Pedro implica un enorme derroche de energía térmica.

Los resultados presentados ya como estructura térmica (Fig. 3), cronología de las isothermas (Fig. 4), o como flujos de calor (Fig. 7) corroboran la hipótesis sustentada en la investigación, esto es, la marcha de la temperatura en un ciclo anual sigue el

modelo climático *lpm* propuesto por Saavedra (1980,1983). La regresión lineal de la T_m con el modelo *lpm* según la posición latitudinal de este predictor climático (Saavedra, 1985a,1985b) es altamente significativa ($r=0,99$; $P<0,001$) y de manera similar lo son los flujos medios mensuales de calor ($r=0,98$; $P<0,001$).

El comportamiento cíclico anual de la radiación incidente, como estímulo externo al sistema, no sólo establece los límites al calor que puede ser almacenado por el cuerpo de agua, sino que además, de acuerdo al modelo de Saavedra (1985a), la estructura térmica del lago Grande San Pedro está en fase con la radiación incidente ($r=0,85$; $P<0,001$) y, por consecuencia, con la temperatura media mensual del ambiente ($r=0,98$; $P<0,001$). La dinámica de la columna de agua se corresponde con la dinámica de los vientos dominantes en Concepción (Saavedra,1980). Además, existe una relación inversa entre la T_m de la columna de agua y la frecuencia de dominio de viento Norte en la Región de Concepción ($r= -0,83$; $P<0,001$). De esta forma, el potencial predictivo demostrado para el modelo *lpm* para variables meteorológicas tan importantes como radiación, insolación, dirección vientos dominantes se hace extensivo a la estructura térmica de los lagos someros polimícticos de la región de Concepción.

La estructura térmica del lago Grande de San Pedro, y probablemente también del resto de los lagos urbanos y suburbanos de la Región de Concepción, puede ser explicada por el modelo *lpm*. El modelo proporciona un buen marco de referencia para entender los períodos de mezcla de la columna de agua, los episodios de flujos de calor positivos y negativos y el aumento de la temperatura en los estratos superficiales y profundos del lago Grande de San Pedro. En estos lagos los meses de septiembre-octubre y abril-mayo constituyen períodos críticos en las características físicas de la columna de agua. En septiembre-octubre cambia la dirección del viento dominante y la radiación incidente aumenta en forma significativa incrementando la temperatura media de la columna de agua, en este período la velocidad de avance del *lpm* hacia el sur es de 324 km mes^{-1} (Saavedra, 1980). La situación inversa ocurre en abril-mayo, los mismos meses en que el *lpm* se repliega hacia el norte a una velocidad de 408 km mes^{-1} (Saavedra, 1980). Estas diferencias en las velocidades de desplazamiento del *lpm* permiten explicar también por qué es más rápido el proceso de enfriamiento que el de calentamiento en los lagos urbanos y suburbanos de Concepción.

CONCLUSION

Se demuestra que la estructura térmica del lago Grande de San Pedro está en fase con el modelo climático *lpm*. La interacción de los principales centros de acción meteorológica en la Región de Concepción definen sólo dos estaciones climáticas *sensu* Saavedra (1985a), a saber, una larga estación de buen tiempo que se extiende desde octubre a marzo, y una corta estación de mal tiempo de 3 meses de duración (junio, julio y agosto) y dos períodos breves de transición que ocurren en los meses de abril-mayo y de septiembre-octubre.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento recibido para esta investigación de los proyectos FONDECYT 1951134 y 9111102-1, de la Dirección de Investigación, Universidad de Concepción.

BIBLIOGRAFIA

- Biro, I. 1974. Apuntes de Geología. Depto de Geología, Universidad de Concepción, 153 pp.
- Birge, E.A. 1916. The work of the wind in warming a lake. Trans.Wisc.Acad.Sci.Arts.Lett. 18: 341-391
- Castro, N. 1999. Estructura térmica y balance calórico en el lago Grande de San Pedro. Seminario de título para optar al grado de Licenciado en Educación, Depto. Botánica, Universidad de Concepción, 30 pp.
- Cole, G. 1988. Manual de Limnología. Ed.Hemisferio Sur S.A., B. Aires. Argentina. 405 pp.
- Dellarossa, V. 1980. Estudio de laguna Grande de San Pedro. Proyecto 2.08.82. Univ. Concepción
- Gorham, E. 1964. Morphometric control of annual heat budgets in temperate lakes. Limnol and Oceanogr. 9: 512- 529
- Hutchinson, E. 1957. A treatise on Limnology. 1.- Geography, Physisc and Chemistry. J. Wiley & Sons. 1015 pp.
- Idso, S.B. 1973. On the concept of lake stability. Limnol. Oceanogr. 18:681-683
- Saavedra, N. 1980. La presión y la dirección del viento en Concepción. Tralka, 1(2): 155-162
- Saavedra, N. 1983. Algunos parámetros climáticos de Concepción y el desplazamiento del lugar de la presión media máxima en Chile. Frontera (Número extraordinario), 40-42
- Saavedra, N. 1985a. Modelo climático simple para Concepción. Geoacta, 13:13-26
- Saavedra, N. 1985b. Sobre la interacción entre el Anticiclón del Pacífico y la Depresión Continental en el Cono Sur de América. Meteorológica 14: 631-642
- Saavedra, N. & A.J. Foppiano, 1992a, Modelo empírico de un descriptor climático para la región central de Chile. Geoacta, 19 (155-165).
- Saavedra, N. & A.J. Foppiano, 1992b, Monthly mean pressure model for Chile. International Journal of Climatology, 12: 469-480.
- Schmidt, W. 1928. Über Temperatur und Stabilitätsverhältnisse von Seen. Geogr. Ann. 10:145-177.
- Wetzel, R. 1981. Limnología. Ed. Omega. Barcelona. España. 679 págs.