

VARIAÇÃO DOS FATORES ABIÓTICOS E PIGMENTOS TOTAIS EM DOIS VIVEIROS DE CRIAÇÃO DE PEIXES EM REGIME SEMI-INTENSIVO

SIPAÚBA-TAVARES, L.H. & DURIGAN, J.G.*

*Laboratório de Limnologia, Centro de Aqüicultura
Universidade Estadual Paulista
Rodovia Carlos Tonanni, km 05
14870-000 - Jaboticaba - SP.

RESUMO: Variação dos fatores abióticos e pigmentos totais em dois viveiros de criação de peixes em regime semi-intensivo. O presente trabalho consiste de um levantamento dos fatores ambientais de dois sistemas artificiais rasos utilizados para o cultivo de diversas espécies de peixes. Os dados obtidos mostraram diferenças nos viveiros estudados principalmente em relação a biomassa fitoplanctônica, pH, nutrientes dissolvidos e transparência da água, evidenciando um grau de eutrofização maior no viveiro 2 (V_2). Apesar do V_2 apresentar-se mais rico em termos de nutrientes do que o viveiro 1 (V_1), a concentração de oxigênio dissolvido mostrou-se em níveis adequados para o cultivo de peixes, geralmente acima de 4 mg/l, provavelmente pela constante entrada e saída de água. A estrutura térmica apresentou-se relativamente homogênea nos dois viveiros. A biomassa fitoplanctônica foi bem mais elevada no V_2 com concentrações de 10 a 20 vezes maior do que no V_1 .

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros abióticos, pigmentos totais, viveiro, limnologia.

ABSTRACT: Abiotic and Total Pigments Factor Variations in Two Fish Breeding Ponds Under Semi-Intensive Culture. The present work consists in the study of environmental factors in a shallow tropical ecosystem during one year. The data showed different conditions in the both ponds studied, mainly in relation to the biomass of phytoplankton, pH, water transparency and dissolved nutrients suggesting that ponds 2 (V_2) is more eutrophic than ponds 1 (V_1). Despite more eutrophic the dissolved oxygen concentration was adequated in V_2 probably to the water circulation. The thermal structure was relatively homogeneous in both ponds. The phytoplankton biomass was 10 - 20 fold larger in V_2 .

KEY WORDS: Abiotic parameters, total pigments, ponds, limnology.

INTRODUÇÃO

Estudos limnológicos são de grande importância para averiguar a qualidade da água, principalmente em sistemas artificiais rasos utilizados para cultivo de peixes, onde as observações obtidas através destes estudos, darão informações para utilização e manejo adequado, resultando com isto uma alta produtividade.

los trópicos, los ecosistemas lacustres en esta zona se consideran dominados más por un ciclo de 24 horas que por uno anual (Ganf & Horne, 1975).

En esta zona, los ecosistemas de mayor profundidad y menor influencia eólica pueden presentarse estratificados la mayor parte del año, comportándose de manera similar a lagos monomícticos cálidos (Lewis & Weibezhan, 1976; Lewis, 1984; Basterrechea, 1986; Márquez & Guillot, 1987). También en los trópicos, estos ecosistemas pueden ser atelomícticos (Lewis, 1973; Márquez & Guillot, 1987), polimícticos (Talling, 1957; Froelich et al., 1978; Beadle, 1981; Márquez & Guillot, 1987); Montenegro-Guillén, 1991) o desarrollar termoclinos de diferente duración (Lewis & Weibezhan, 1976; Barbosa & Tundisi, 1980; Duque & Donato, 1988).

El presente trabajo discute las variaciones de temperatura, oxígeno disuelto, pH y Conductividad eléctrica halladas en un ciclo de 24 horas en la columna de agua del embalse Punchiná durante el período de transición entre las épocas de lluvia y estiaje (junio-julio). Se pretende responder a la pregunta de si existen o no diferencias para las medias de las variables mencionadas entre profundidades y horas de muestreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El embalse Punchiná está localizado en el municipio de San Carlos, Departamento de Antioquia a 775 msnm en una zona de bosque muy húmedo Pre-Montano (bmh-PM). Los suelos de esta zona presentan capacidad baja de intercambio catiónico, poco contenido de nutrientes, alto contenido de aluminio, poca materia orgánica, acidez de fuerte a moderada y gran capacidad de retención de fósforo. Forma parte de un sistema en cadena constituido por cuatro embalses, de los cuales es el último receptor (fig. 1) (Interconexión Eléctrica, SA, 1984).

El embalse es alimentado por los ríos San Carlos y Guatapé y varias quebradas de tipo torrencial (fig. 2). El primero aporta a la represa un caudal medio de $32.7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, mientras que

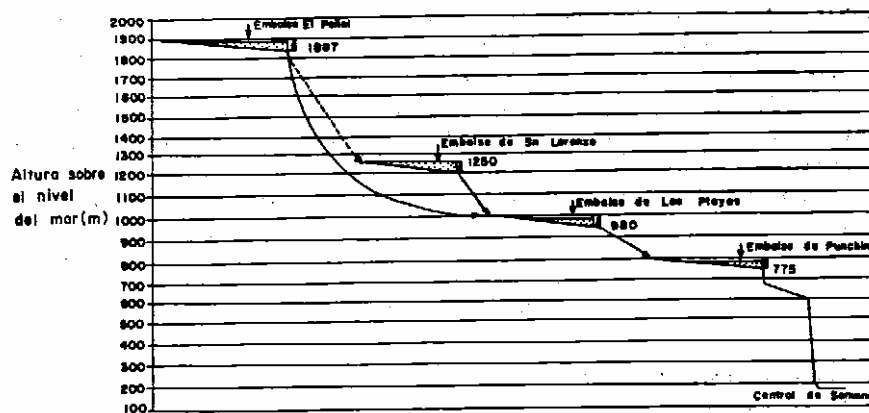


Figura 1 - Perfil altitudinal y de transferencia de agua entre los embalses El Peñol, San Lorenzo, Las Playas y Punchiná.

El río Guatapé vierte a PUNCHINÁ un caudal medio de $145.0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Sus características morfométricas son las siguientes:

Area máxima del espejo de agua	346.9 Ha
Area mínima del espejo de agua	148.3 Ha
Longitud máxima	10 km
Ancho máximo	1 km
Ancho medio	200 m
Cota mínima	754 msnm
Cota máxima	775 msnm
Cota embalse muerto	742 msnm
Profundidad máxima	50 m
Profundidad media	21 m
Volumen muerto	17.3 Mm^3
Volumen útil	50.2 Mm^3
Volumen total	67.5 Mm^3
Tiempo de residencia	5.8 días

Su forma es subrectangular elongada, con cubeta en forma de V y márgenes pendientes con inclinaciones mayores del 30%. El vaso del embalse fue objeto de adecuación mediante tala, rocería y quema de la vegetación en el 100% del área inundada. Los residuos fueron evacuados posteriormente (Interconexión Eléctrica SA, 1984).

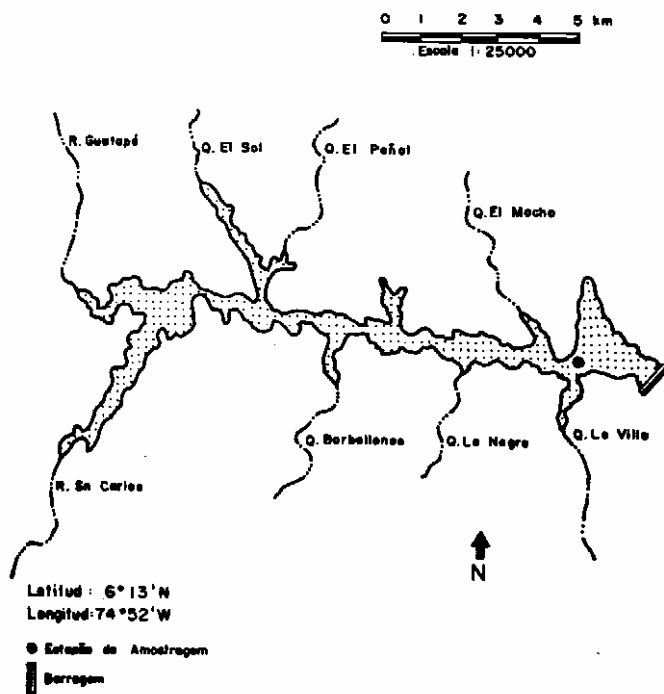


Figura 2.- Mapa del embalse PUNCHINÁ mostrando la localización de la estación de muestreo.

En una estación de 30m de profundidad se muestrearon siete profundidades a cada cinco metros en la columna de agua en un ciclo de 24 horas. Las horas de muestreo fueron 7:00, 12:00, 14:30, 20:30, 0:00 y 3:30. Las variables analizadas fueron temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica. Las muestras de agua fueron extraídas con una botella tipo Van Dorn de un litro de capacidad.

La temperatura del agua y el oxígeno disuelto se midieron con un oxímetro Schöt Gerate y el pH y la conductividad con un pH-metro y un conductímetro de la misma marca.

El análisis de la variación entre profundidades y horas de muestreo se efectuó con un diseño de bloques aleatorios modelo I, tomando como tratamientos a las profundidades de muestreo y a las horas como variable de bloqueo. Las medias de los tratamientos y los bloques se agruparon mediante la prueba de Tukey. La estimación de la asociación entre las variables se estableció mediante correlación lineal simple con los índices de Pearson (r) y Spearman (r_s).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Cambios con la profundidad

Como puede observarse en las Tabs. I a IV los coeficientes de variación de los factores medidos con la profundidad, son todos menores del 20%, oscilando entre 3.9 y 6.9 para la temperatura del agua, 6.4 y 15.9 para el oxígeno disuelto, 1.8 y 12.3 para la conductividad eléctrica y 1.9 y 5.0 para el pH. Estos valores muestran que los cambios con la profundidad fueron poco acentuados y más de carácter gradual. Sin embargo, a pesar de lo anterior, se hallaron diferencias altamente significativas en el comportamiento vertical de estas variables (Tab. V).

Tabla I - Variación de la temperatura del agua con la profundidad a cada hora.

TEMPERATURA DEL AGUA	HORA						X	CV
	7:00	12:00	14:30	20:30	0:00	3:30		
PROFUND								
0.0	25.5	26.8	27.7	26.8	25.8	25.5	26.3	3.3
5.0	24.0	24.3	24.5	23.6	23.8	23.9	24.0	1.4
10.0	23.0	23.8	24.5	23.3	23.2	23.1	23.5	2.2
15.0	23.0	23.0	23.2	23.0	23.2	23.0	23.1	0.4
20.0	23.0	23.0	23.0	22.5	22.9	22.9	22.9	0.8
25.0	23.0	22.9	23.0	22.3	22.8	22.8	22.8	1.3
30.0	22.8	22.5	22.5	22.0	22.8	22.8	22.6	1.3
X	23.5	23.8	24.1	23.4	23.5	23.4		
CV	3.9	5.9	6.9	6.4	4.2	3.9		

Tabla II - Variación del oxígeno disuelto con la profundidad a cada hora.

OXIGENO DISUELTO			HORA				X	CV
PROFUND	7:00	12:00	14:30	20:30	0:00	3:30		
0.0	8.8	8.2	7.8	7.6	8.0	7.1	7.9	7.3
5.0	7.6	6.8	5.7	6.0	5.8	5.5	6.2	12.7
10.0	7.2	7.0	6.4	6.6	6.0	5.4	6.4	9.8
15.0	7.3	7.2	7.0	5.8	6.1	5.3	6.5	12.8
20.0	6.9	7.0	6.9	5.5	6.3	5.6	6.4	10.3
25.0	7.1	6.3	5.6	5.2	5.4	5.4	5.9	12.5
30.0	6.4	5.9	5.2	5.1	4.6	5.3	5.4	11.7
X	7.3	6.9	6.4	6.0	6.0	5.7		
CV	9.4	6.4	13.5	13.7	15.9	10.6		

Tabla III - Variación de la conductividad con la profundidad a cada hora.

CONDUCTIVIDAD			HORA				X	CV
PROFUND	7:00	12:00	14:30	20:30	0:00	3:30		
0.0	33.4	33.1	33.0	33.9	33.5	33.3	33.4	1.0
5.0	33.5	34.8	35.7	34.7	35.3	34.3	34.7	2.2
10.0	35.4	37.7	40.0	35.5	35.6	36.0	36.7	5.0
15.0	35.5	37.1	38.7	35.7	35.5	35.6	36.4	3.6
20.0	26.6	32.2	36.7	35.2	35.2	35.2	33.5	11.0
25.0	36.0	36.4	37.4	35.5	35.6	35.3	36.0	2.2
30.0	40.8	39.1	37.0	35.1	36.6	36.0	37.4	5.7
X	34.5	35.8	36.9	35.1	35.3	35.1		
CV	12.3	7.0	6.0	1.8	2.6	2.8		

Tabla IV - Variación del pH con la profundidad a cada hora.

PH			HORA				X	CV
PROFUND	7:00	12:00	14:30	20:30	0:00	3:30		
0.0	7.00	6.96	6.91	7.95	6.73	6.99	7.31	8.9
5.0	6.56	6.44	6.31	7.00	6.62	6.91	6.68	3.7
10.0	6.70	6.70	6.44	7.28	6.83	6.92	6.83	4.1
15.0	6.70	6.61	6.31	7.04	7.05	6.75	6.84	4.7
20.0	6.70	6.51	6.33	6.94	6.66	6.87	6.73	3.7
25.0	6.69	6.58	6.39	7.00	7.00	6.74	6.68	4.5
30.0	6.74	6.30	6.32	6.98	6.52	6.36	6.45	6.2
X	6.73	6.54	6.42	7.17	6.77	6.79		
CV	1.9	3.2	3.4	5.0	2.9	3.1		

Tabla V – Resultados del análisis de varianza para los cambios de temperatura del agua, oxígeno disuelto, ph y conductividad eléctrica con la profundidad y el tiempo.

VARIABLE	NIVEL	F	P
TEMPERATURA	Profundidad	64.76	0.0000
	Tiempo	2.95	0.0278
OXIGENO	Profundidad	31.33	0.0000
	Tiempo	23.25	0.0000
PH	Profundidad	6.56	0.0002
	Tiempo	15.78	0.0000
CONDUCTIVIDAD	Profundidad	4.69	0.0018
	Tiempo	1.53	0.2117

La temperatura del agua entre profundidades presentó un valor mínimo de 22.0°C (20:30 horas, 30 metros de profundidad) y uno máximo de 27.7°C (14:30 horas, superficie) (Tab. I). Los valores medios de esta variable para las horas diurnas (23.8°C) y nocturnas (23.4°C) muestren una diferencia bastante pequeña.

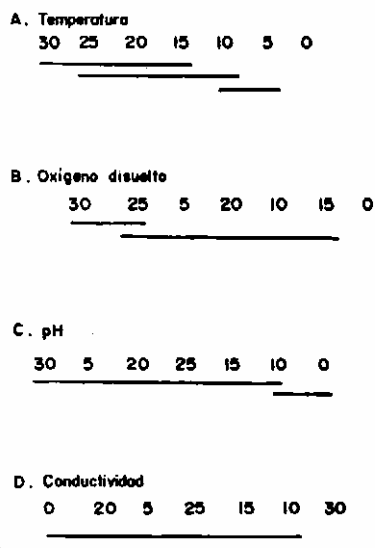


Figura 3 – Comparación de medias de variables físicas y químicas entre profundidades.

La prueba de Tukey mostró que en términos generales tan sólo las medias de temperatura de superficie y 5 metros, se diferenciaron significativamente de las halladas a las demás profundidades. A partir de los 5 metros, las medias de esta variable pueden considerarse prácticamente homogéneas (fig. 3A). De acuerdo con lo anterior y por lo mostrado en la fig. 4, puede concluirse que en la estación muestreada se presentó en todas las colectas una

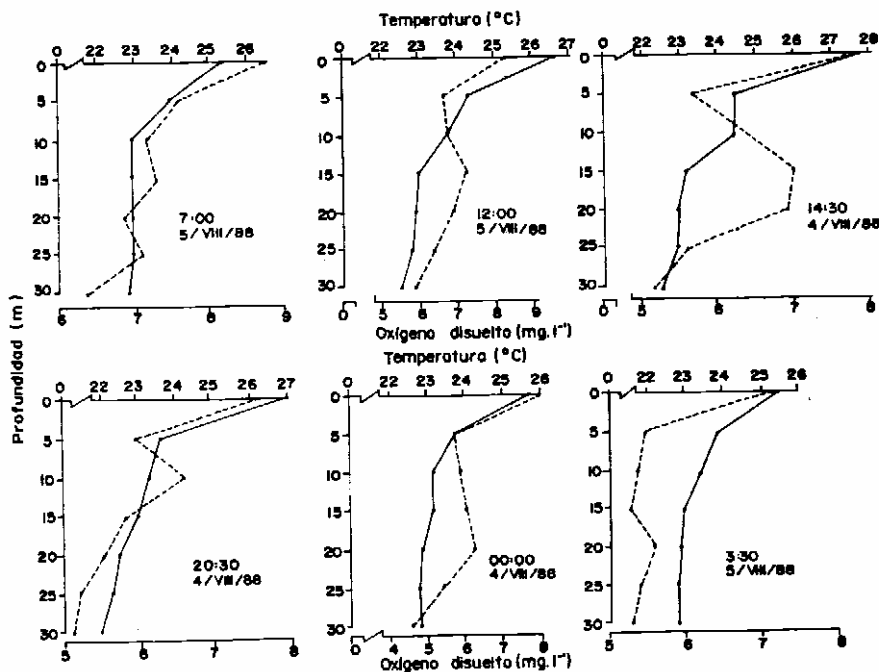


Figura 4 - Perfiles verticales de temperatura del agua (—) y oxígeno disuelto (----) a las horas de muestreo.

estratificación térmica diurna de superficie entre los 0 y 5 metros, la cual es considerada pasajera, característica de muchos cuerpos lacustres tropicales y asociada a períodos de poco viento y alta radiación solar (Baxter *et al.*, 1965; Margalef, 1983). En esta Fig. se observa además que durante el ciclo de 24 horas ocurrió un enfriamiento lento y gradual del agua superficial, desde las 14:30 horas hacia las 7:00 horas, acentuándose en las horas nocturnas. Dicho enfriamiento nocturno es debido a la pérdida de calor de la superficie del agua hacia la atmósfera por radiación y convección.

Los menores valores de la media y la desviación estándar de la temperatura para la columna de agua, se presentaron en el período comprendido entre las horas nocturnas y las 7:00 (fig. 5A). Esto significa que los cambios de esta variable con la profundidad en estas horas fueron menos pronunciados (excepto la desviación estándar de las 20:30 horas). A partir de las 7:00 los valores de las estadísticas mencionadas para la temperatura fueron en aumento, adquiriendo su mayor valor hacia las 14:30 cuando el calentamiento solar tiende a ser mayor y las variaciones de temperatura con la profundidad tienden también a acentuarse para luego disminuir hacia las horas nocturnas.

Durante el período de trabajo se evidenció en el sitio de muestreo la formación de un termoclino localizado entre los 15 y 20 metros y que permaneció durante el ciclo de 24 horas (fig. 4) a pesar de la fuerte influencia que ejercen el viento, la entrada de los ríos San Carlos y Guatapé al embalse y la descarga de fondo. Sin embargo, los factores anteriores dada la forma del embalse y su poco tiempo de residencia, pueden en un momento dado tornar

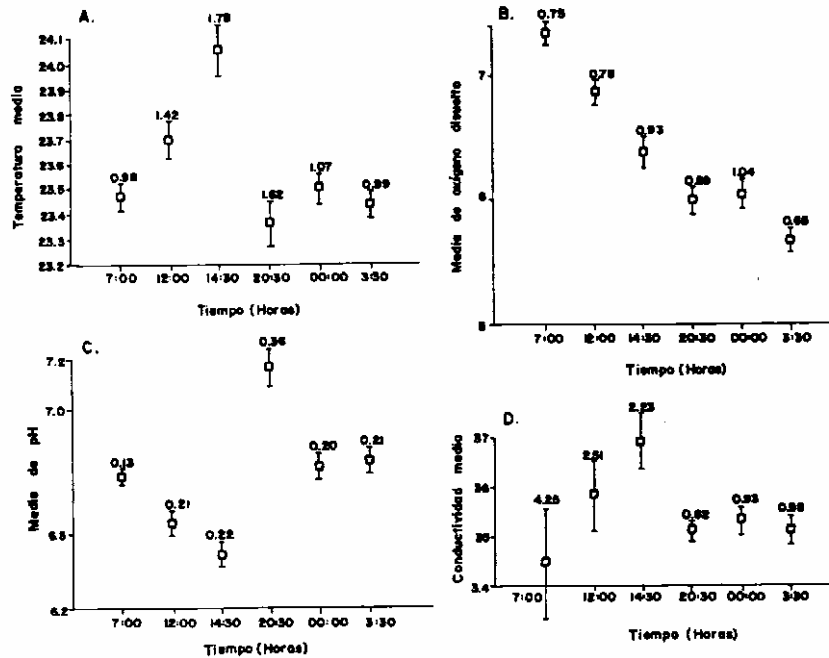


Figura 5—Perfil horizontal de las medias de temperatura del agua (A), oxígeno disuelto (B), pH (C) y conductividad eléctrica (D) y valores de la desviación estándar con la profundidad a cada hora.

isotérmica la columna de agua, marcando con ello los períodos de circulación y estabilidad en este cuerpo de agua, lo cual no puede evidenciarse en un estudio de corta duración como el presente.

Para la estación de muestreo, el rango de variación del oxígeno disuelto entre profundidades mostró un valor mínimo de 4.6 mg.l^{-1} (0:00 horas, 30 metros) y uno máximo de 8.8 mg.l^{-1} (7:00 horas, superficie) (tab. II). El valor medio para el día fue de 6.87 mg.l^{-1} y para la noche de 5.89 mg.l^{-1} . Estas diferencias son debidas a la influencia del período lumínico en la producción de oxígeno por fotosíntesis. Los valores nocturnos, relativamente altos, son ocasionados por la acción del viento que promueve la oxigenación en las capas superiores. La poca variación de los valores de oxígeno disuelto con la profundidad, puede explicarse por la tasa baja de formación de detritos orgánicos debido a una biomasa fitoplanctónica relativamente baja, a la poca edad del embalse (6 años) que ocasiona que los sedimentos sean más de carácter fluvial que lacustre, al bajo tiempo de residencia que evita la sedimentación excesiva, a la adecuación previa del vaso del embalse y a la sedimentación preliminar que efectúan los embalses El Peñol y Las Playas (Ramírez *et al.*, 1989).

El termocline hallado fue acompañado por un oxiclino a partir de los 15 metros (fig. 4). A este respecto es menester resaltar el hecho de que el ciclo del oxígeno disuelto en el agua está altamente asociado con el de temperatura. En esta investigación dicha asociación fue considerada alta y significativa ($r = 0.91$, $p < 0.01$). Por consiguiente, los factores que incidieron en el comportamiento de la temperatura, lo hicieron igualmente sobre las variaciones del oxígeno disuelto con la profundidad; las cuales fueron considerados como altamente significativas por el análisis de varianza ($F = 31.33$, $p = 0.0000$, tab. V). Sin embargo, la prueba de Tukey mostró que las diferencias se presentaron realmente entre las concentraciones de oxígeno halladas en superficie y a los 30 metros, pues las demás medias fueron consideradas iguales (fig. 3B).

La conductividad mostró para esta única estación una media diurna de $35.7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y una media nocturna de $35.2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Su valor mínimo fue de $26.6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (7:00 horas, 20 metros) y el máximo de $40.8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (7:00 horas, 30 metros). Los valores medios de pH para las horas diurnas (6.56) y nocturnas (6.91) mostraron pequeñas diferencias entre ambos períodos. El rango de variación para esta característica osciló entre 6.30 (12:00 horas, 30 metros) y 7.95 (20:30 horas, superficie) (tab. IV).

Según Tundisi & Tundisi (1982) y Maier et al. (1983) la intensidad de la elevación de la conductividad y de la disminución del pH y el oxígeno disuelto a partir del plano de discontinuidad térmica, están relacionados directamente con el grado de duración de la estratificación. En la Fig. 6, se observa que la variación de pH ($F = 6.56$, $p = 0.0002$, tab. V) y conductividad ($F = 4.69$, $p = 0.0018$, tab. V) con la profundidad fue considerada altamente significativa. Sin embargo, en el sitio de muestreo, los cambios verticales para estas variables, son poco apreciables, como lo reflejan los coeficientes de variación de los mismos en las Tablas III y IV. La prueba de Tukey mostró que exceptando los valores de superficie para el pH y el valor de la conductividad de fondo, las demás medias de ambas características fueron consideradas homogéneas en la columna de agua (figs. 3C y 3D). Las pequeñas variaciones presentes permiten suponer que los períodos de estabilidad del agua del embalse son relativamente cortos y poco duraderos, no permaneciendo el tiempo suficiente para permitir el establecimiento de una estratificación química definida. Vale la pena resaltar que Lewis & Weibezhan (1976) consideran estratificaciones térmicas en los embalses de Guanapito y Guri y en el Lago de Valencia (Venezuela), aunque las variaciones de conductividad y pH con la profundidad fueron poco acentuadas.

B. Cambios entre horas

Los valores de los coeficientes de variación entre horas para cada una de las profundidades y variables medidas fueron también pequeños, lo cual implica cambios bajos a lo largo del tiempo de medición y ausencia de variaciones extremas. Para la temperatura el coeficiente de variación osciló entre 0.4 y 3.3, para el oxígeno disuelto entre 7.3 y 12.8, para la conductividad entre 1.0 y 11.0 y para el pH entre 3.7 y 8.9 (tabs. I a IV).

Las diferencias de temperatura, oxígeno disuelto y pH resultaron significativas, pues están ligadas fuertemente a los períodos de luz y oscuridad. Las diferencias de conductividad no lo fueron, ya que a menos que exista una fuente interna o externa que altere la concentración iónica del agua, dichos cambios no se presentarán (tab. V).

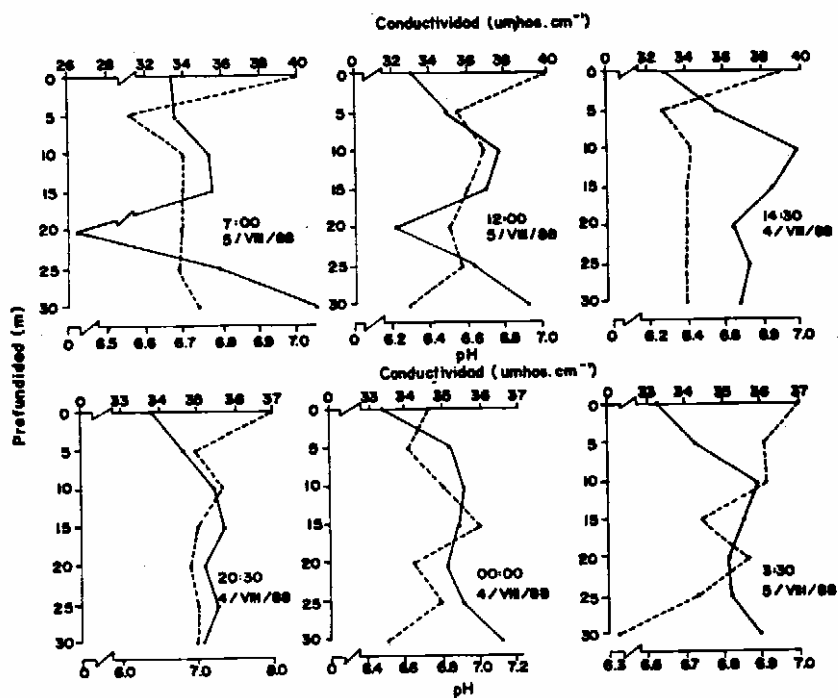


Figura 6 - Perfiles verticales de conductividad eléctrica (—) y pH (----) a las horas de muestreo.

A. Temperature

20:30 3:30 7:00 00:00 12:00 14:30

B. Oxígeno disuelto

3:30 20:30 00:00 14:30 12:00 7:00

C. pH

14:30 12:00 7:00 00:00 3:30 20:30

Figura 7 - Comparación de medias de variables físicas y químicas entre horas.

Al observar la fig. 6B puede verse que la tendencia en la variación de las medias del oxígeno disuelto durante las horas diurnas es inversa a la de la temperatura ($r_s = -1$, $n = 3$) debido a que a intensidades lumínicas altas se disminuyen la tasa fotosintética y la solubilidad del oxígeno en el agua. Para las horas nocturnas, las medias de esta variable estuvieron poco asociadas a las de temperatura ($r_s = 0.5$, $n = 3$) y por ello fueron separadas de las medias diurnas de oxígeno en la figs. 5B y 7. Lo anterior ocurrió por el proceso normal de producción de oxígeno durante el día y la disminución del mismo durante la noche. El menor valor de la desviación estándar tanto para la temperatura como para el oxígeno hacia las 3:30 puede significar que éste es el momento donde la columna de agua tiende a tornarse isotérmica (fig. 4). Si se hubiesen efectuado medidas a escalas de tiempo menores, seguramente podría encontrarse este momento en el intervalo entre las 3:30 y las 7:00 horas.

Las variaciones de las medias de pH entre horas (fig. 5) son en general inversas a las de temperatura ($r = -0.84$, $p < 0.05$) y oxígeno ($r = -0.40$, $p > 0.05$). Esta última relación puede ocurrir porque durante la noche predomina el proceso de respiración que consume oxígeno y produce CO_2 que disminuye los valores del pH. Los valores registrados entre horas de muestreo fueron ligeramente mayores para las horas nocturnas (media de pH noche = 6.91, media de pH día = 6.56). A pesar de que la amplitud de esta variación fue pequeña, resultó altamente significativa debido al valor bajo de la varianza del error (CME = 0.84), lo que puede tornar significativas desde el punto de vista estadístico las diferencias encontradas, más no desde el punto de vista limnológico. Las figs. 5C y 7C muestran que estas diferencias se dieron solamente entre las medias de pH de las 14:30 y 20:30 que presentaron los valores mínimo y máximo (tab. IV) y además son el intermedio entre los muestreos diurnos y nocturnos cuando la disminución de la actividad fotosintética y el aumento de la acción del viento pueden permitir estos cambios.

Las medias de conductividad, al contrario de las del pH, se mostraron más asociadas a las de temperatura ($r = 0.99$, $p < 0.001$) que a las de oxígeno ($r = 0.28$, $p > 0.05$) (fig. 6D), dado que las temperaturas altas permiten una mayor actividad bacteriana y iónica que pueden aumentar los valores de la conductividad y como consecuencia disminuir los del oxígeno.

De acuerdo con lo mostrado a través del texto, puede decirse que con la profundidad se presentó una variación significativa de las variables temperatura del agua, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH. Entre horas, la variación fue significativa para la temperatura del agua, el oxígeno disuelto y el pH, mas no para la conductividad. Puede concluirse además que el embalse Punchiná es un cuerpo de agua que muestra tendencia a la estratificación, mas ésta parece ser de carácter inestable y de corta duración, por lo que no se alcanzan las disminuciones de oxígeno y pH ni los aumentos de conductividad con la profundidad, característicos de ambientes con estratificación más duradera. Finalmente, con el fin de establecer el patrón de circulación diaria, se recomienda efectuar mediciones de las mismas variables, a intervalos de tiempo más cortos, a distancias menores en la columna de agua y, de ser posible, en las épocas de lluvia, estiaje y transición.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece la colaboración prestada por el personal de la Sección de planeación y Desarrollo Ecológico de Interconexión Eléctrica, S. A. por su ayuda en las labores de campo y por patrocinar el presente trabajo. Igualmente agradece las valiosas sugerencias del Dr Raoul Henry de la Universidad Estadual Paulista, campus de Botucatu. El trabajo fue concluido durante una pasantía concedida al autor por la Red Latinoamericana de Botánica (RLB) en el Instituto de Botánica de São Paulo Brasil en el año de 1992.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BARBOSA, F. A. & TUNDISI, J. G. (1980). Primary production of phytoplankton and environmental characteristics of a shallow quaternary lake at eastern Brazil. *Arch. Hydrobiol.*, 90(2): 139-161.
- BASTERRECHEA, M. (1986). Limnología del Lago Amatitlán, Guatemala. *Rev. Brasil. Biol.*, 46(2): 461-468.
- BAXTER, R.; PROSSER, M.; TALLING, J. & WOOD, R. (1965). Stratification in tropical african lakes at moderate altitude (1550 to 2000m). *Limnol. Oceanogr.*, 10(4): 510-520.
- BEADLE, L. C. (1981). *The inland waters of tropical Africa*. London, Longman. 475p.
- DUQUE, S. & DONATO, J. (1988). Estudio del fitoplancton durante las primeras etapas del llenado del embalse de la Central Hidroeléctrica de Betania, Huila, Colombia. *Rev. Fac. Cienc. Univ. Jav.*, 1(2): 29-52.
- FROELICH, C.; ARCIFA-ZAGO, M. & JULIANO DE CARVALHO, M. (1978). Temperature and oxygen stratification in Americana reservoir, State of São Paulo, Brasil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 20: 1710-1719.
- GANF, G. G. & HORNE, A. J. (1975). Diurnal stratification, photosynthesis and nitrogen fixation in a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). *Freshwat. Biol.*, 5: 13-19.
- Interconexión Eléctrica, S. A. Departamento de Cuencas Hidrográficas. (1984). *Estudio, planificación y ejecución de la adecuación de la zona de inundación del embalse PUNCHINÁ. Reporte final*. Documento ABRN-073.
- LEWIS, W. M. Jr. (1973). The thermal regime of Lake Lanao (Philippines) and its theoretical implications for tropical lakes. *Limnol. Oceanogr.*, 18: 200-217.
- _____ & WEIBEZHAN, F. H. (1976). Chemistry, energy flow and community structure in some venezuelan fresh waters. *Arch. Hydrobiol./suppl.*, 50. 2/3: 145-207.
- _____ (1984). A five year record of temperature, mixing and stability for a tropical lake (Lake Valencia, Venezuela). *Arch. Hydrobiol.*, 99(3): 340-346.
- MAIER, M. H.; TAKINO, M. & DOS SANTOS, C. (1983). Circulação e estratificação diurnas na represa de Riacho Grande (Billing), São Paulo, Brazil. *An. Sem. Reg. Ecol.*, III. 67-78.
- MARGALEF, R. (1977). *Ecología*. Barcelona, Ediciones Omega, S.A. 708p.
- _____ (1983). *Limnología*. Barcelona, Ediciones Omega, S.A. 1010p.
- MÁRQUEZ, G. & GUILLOT, G. (1987). *Estudios ecológicos de embalses colombianos: etapa prospectiva. Informe final*. Financiera Eléctrica Nacional (FEN). Bogotá.
- MONTENEGRO-GUILLÉN, S. (1991). Limnology of Lake Xolotlán, Nicaragua. An overview. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 24:1155-1157.
- RAMÍREZ, J. J.; BICUDO, C. E. M. & ROLDÁN, G. (1989). *Variación vertical del fitoplancton y parámetros físicoquímicos en cuatro embalses del oriente antioqueño y su relación con el área, edad, altitud y tiempo de residencia media del agua*. Medellín. Universidad de Antioquia. 230p. (Tesis).
- TALLING, J. F. (1957). Diurnal changes of stratification and photosynthesis in some tropical african waters. *Proc. R. Soc. Lond.*, 147: 57-83.
- TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. (1982). Estudos limnológicos no sistema de lagos do Meio Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *An. Sem. Reg. Ecol.*, II. 133-258.