

CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DEL EMBALSE EL PEÑOL-GUATAPÉ, COLOMBIA

Néstor Jaime Aguirre Ramírez*

Jaime Palacio Baena**

John Jairo Ramírez Restrepo***

Recibido: 16/03/2007

Aceptado: 26/04/2007

RESUMEN

Con el propósito de estudiar las características hidrobiológicas de dos columnas de agua en el embalse El Peñol-Guatapé, entre julio de 1992 y agosto de 1993 se realizaron muestreos mensuales en la cola del embalse y en aguas abiertas (Isla del Sol). En cada estación y a cinco profundidades se analizaron algunas variables físico-químicas, y en la zona eufótica se estudió la comunidad fitoplanctónica, excluyendo el grupo de las Diatomophyceas. En las dos estaciones se encontraron gradientes térmicos y químicos; desde el punto de vista hidrobiológico la calidad del agua fue oligomesotrófica. La producción primaria fue baja durante todo el período estudio y, al igual que las demás variables, estuvo fuertemente influida por la variación en los niveles del embalse en la época de estudio.

PALABRAS CLAVE: Embalse, gradiente térmico-químico, clorofila "a", producción primaria, *Microcystis aeruginosa*, *Botryococcus braunii*, calidad agua.

ABSTRACT

Between July of 1992 and August of 1993 and with the purpose of studying the hydrologic characteristics of two water columns in the Peñol-Guatapé Reservoir, monthly sampling in the reservoir's tail were carried out and in open water (Isla del sol). In each station and at five depths, some physical and chemical variables were analyzed; and in the fotic zone, the phytoplankton community was studied,

* Doc rer nat. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad de Antioquia, AA 1226. Medellín, Colombia. E-mail: naguirre@udea.edu.co

** Biólogo. Doc rer nat. Centro de Investigaciones Ambientales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

*** Biólogo. Ph. D. Departamento de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

excluding the Diatomophyceae group. Thermal and chemical gradients were found in the two stations and from the hydro-biological point of view, the quality of water was oligomesotrophic. The primary production was low during the entire period of sampling, and just as the other variables, it was deeply influenced by the variation in the reservoir levels at the time of study.

KEY WORDS: Reservoir, Thermal-chemical gradient, chlorophyll "a", primary production, *Microcystis aeruginosa*, *Botryococcus baunii*, water quality.

INTRODUCCIÓN

La construcción de un embalse significa la transformación de un ambiente lótico en uno léntico, con una zonificación horizontal y vertical asociada a las condiciones hidrográficas y a la morfometría, (Håkanson, 1981; CEPIS, 1990). Los cambios en la calidad del agua generados por las modificaciones en las condiciones hidráulicas y las actividades antrópicas aceleran el proceso normal de enriquecimiento de los ecosistemas acuáticos, reducen su vida útil y limitan las posibilidades de uso.

Desde los años 70, época en que se inició el estudio de la limnología de los embalses y ríos en Colombia, se ha reunido información acerca del funcionamiento ecológico de estos ecosistemas de la cual cabe destacar las investigaciones realizadas por Uribe y Roldán (1975), Roldán *et al.* (1984), Ramírez (1986), Márquez y Guillot (1988), Rueda (1990), Aguirre (1995), Palacio y Plazas (1998).

En un embalse como El Peñol-Guatapé de forma dendrítica y con un eje mayor correspondiente al antiguo cauce del río Nare (Roldán, 1992), las relaciones ecológicas están estrechamente ligadas a la hidrodinámica del principal tributario (Björk & Gelin, 1980). Por lo tanto, sin olvidar las diferencias existentes en las zonas dendríticas, es factible aproximarse objetivamente al conocimiento de este sistema a través del estudio en la entrada del principal tributario y en las aguas abiertas.

El objetivo central de este trabajo consistió en estudiar y comparar, con base en muestras obtenidas durante un año, el comportamiento espacio-tem-

poral de variables físicas, químicas y biológicas de dos estaciones con comportamientos hidráulicos contrastantes. Dado que estas zonas presentan diferencias en los períodos de retención hidráulica, profundidad, influencia del tributario mayor, forma del sistema y dinámica de las poblaciones de organismos acuáticos, existen entonces en ellos diferencias espacio-temporales en el comportamiento de las variables en la columna de agua.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE MUESTREO

El embalse El Peñol-Guatapé concluido en su totalidad en 1978 (figura 1), se localiza en el oriente antioqueño (6°13'20" N y 75°10'11"O) en una zona batolítica a 50 Km de Medellín, y a una altitud de 1887.5 msnm. El embalse presenta como principal tributario el río Nare con un caudal promedio anual de 50 m³/s. En su margen izquierda tributan las quebradas San Miguel, La Magdalena, San Lorenzo y Cucurucho. En la margen derecha del embalse descargan las quebradas La Culebra, Santa Marina, San Pedro y La Candelaria. Por su extremo sur, el sistema recibe las aguas de la quebrada Peñolcito. El área tributaria tiene una extensión de 1210 Km². El embalse tiene una capacidad en su cota máxima de 1240 millones de m³ y profundidades máxima y promedio de 43 m y 27.5 m respectivamente. Su longitud máxima es de 7.25 Km y su ancho máximo de 5 Km. En total, el embalse cubre un área de 6240 ha y el tiempo de retención hidráulico es 285 días (EPM-ESP, 1993).

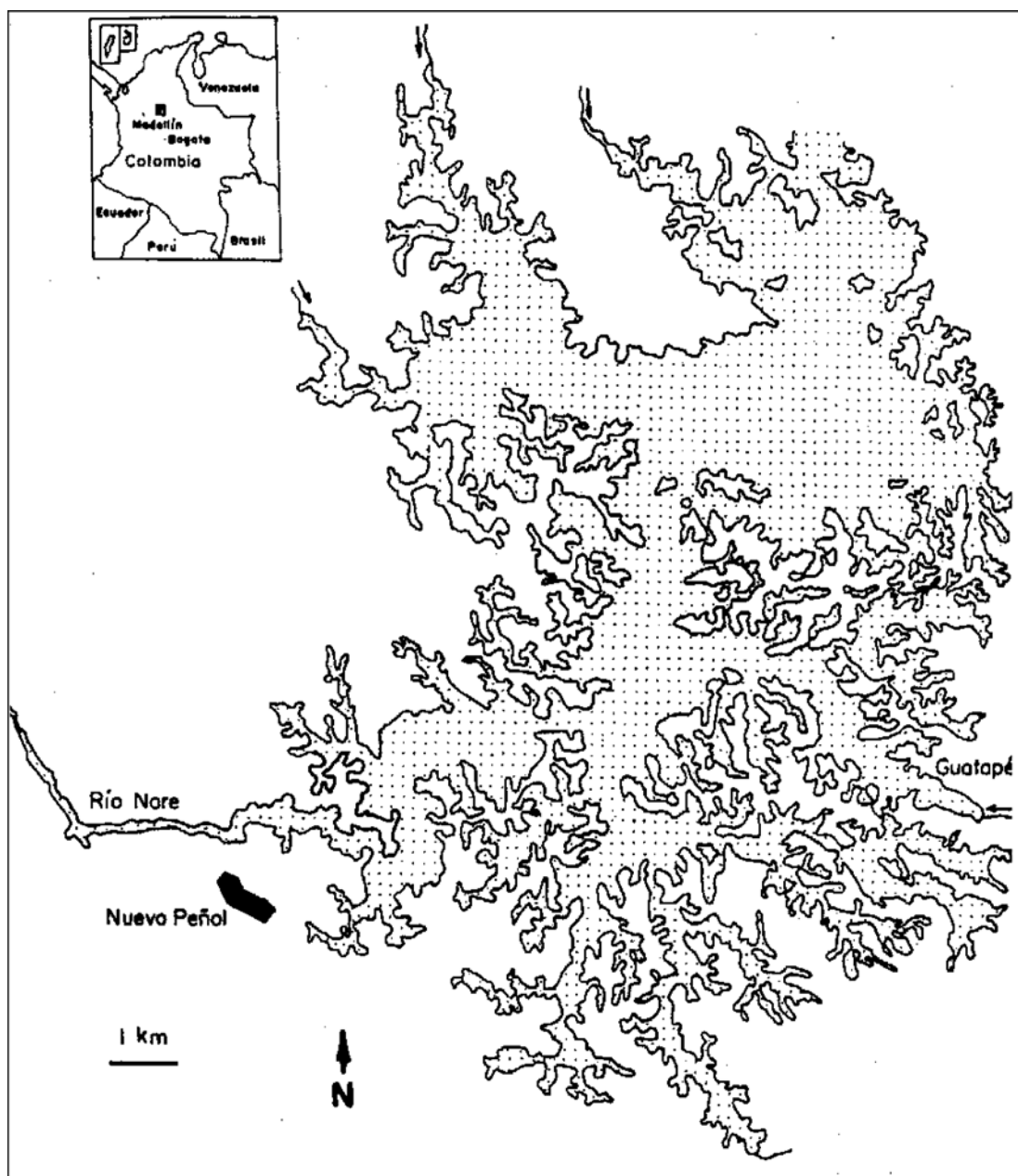


Figura 1. Ubicación general del embalse El Peñol-Guatapé

La estación uno se localizó a la entrada del río Nare al embalse antes del puente que conduce a la vereda El Marial, es poco profunda y con características predominantemente lóxicas. La estación dos se ubicó en el sitio denominado Isla del Sol, a una

distancia aproximada de 5 Km de la estación uno y profundidad mayor que en la estación uno (figura 2). Las estaciones se ubican en sitios extremos del embalse y sobre el antiguo cauce del río Nare.

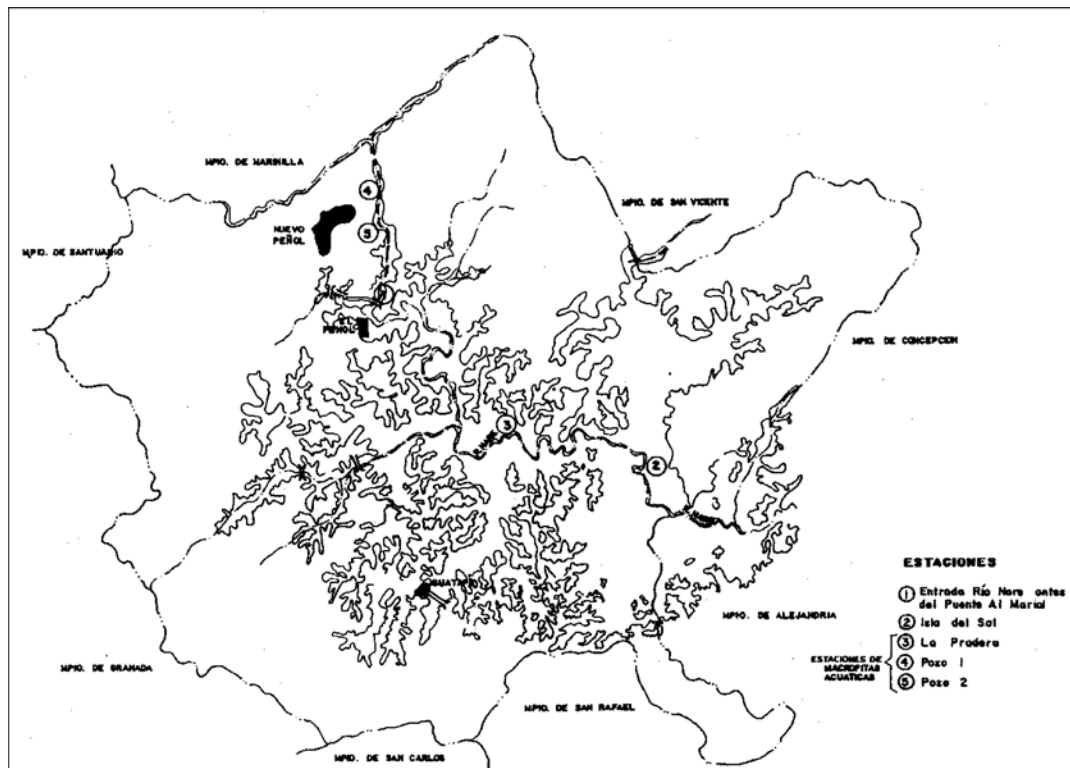


Figura 2. Estaciones de muestreo en el embalse El peñol-Guatapé

METODOLOGÍA

En las dos estaciones, se realizaron muestreos mensuales de variables fisicoquímicas, y biológicas durante un año. Para los muestreos fisicoquímicos, se tomaron muestras de agua en cada columna a cinco profundidades (subsuperficie, 25% I_0 , 1% I_0 , mitad de la columna de agua y fondo). Para el análisis del fitoplancton, de producción primaria y de pigmentos se colectaron muestras de agua a tres profundidades dentro de la zona fótica (subsuperficie, 25% I_0 , 1% I_0). Para la toma y preservación de las muestras y el análisis de las variables fisicoquímicas y biológicas se siguieron los procedimientos del Standard Methods (1989).

Durante los doce meses de estudio se midieron las siguientes variables: transparencia, temperatura del agua, porcentaje de saturación de oxígeno, pH, el CO_2 libre, alcalinidad total, fósforo total,

fósforo soluble reactivo, nitrógeno amoniacal soluble, nitrógeno total, nitratos, nitritos, hierro total, conductividad eléctrica, sólidos totales, sólidos suspendidos. La media aritmética, el intervalo de confianza y el coeficiente de variación se obtuvieron a partir de los 72 datos de cada variable. A los resultados de las variables fisicoquímicas se les aplicó análisis de varianza anidado siguiendo los criterios establecidos en Steel & Torrie (1985).

Para comparar el comportamiento de las variables fisicoquímicas con la profundidad y entre estaciones de muestreo, se realizó el muestreo empleando la atenuación en intensidad de la luz como criterio de selección de las profundidades.

Para el fitoplancton se tomaron 1500 ml de agua y se les agregó 15 ml de $KI-I_2$ (Pennak, 1978). Posteriormente, las muestras se sedimentaron en embudos de separación de 1000 ml. El sedimento

se recogió en frascos oscuros de los cuales, previa agitación, se depositó una alícuota de 15 ml en una cámara de sedimentación la cual permaneció en reposo durante 24 horas. En un microscopio invertido Leitz Ortholux-Wetzlar se efectuó el recuento de algas en 30 campos con objetivo de 40X. Para el estudio de la estructura de la comunidad fitoplanctónica se emplearon índices derivados de la teoría de la información tales como: diversidad de Shannon & Weaver (1949), equidad de Pielou (1969), riqueza numérica de taxa y dominancia de Simpson (1949). Para evaluar la existencia de una posible diferencia entre los valores de diversidad con la profundidad se aplicó la prueba de Kruskal Wallis (Steel & Torrie, 1985).

La producción primaria se estimó por el método del oxígeno (Gaarder & Gran, 1928 citado en Wetzel & Likens, 1991) en ambas estaciones y los cálculos se efectuaron siguiendo las recomendaciones de Cole (1983).

Las muestras de agua para el análisis de la clorofila "a" se almacenaron en recipientes oscuros para la extracción de los pigmentos; los filtros se incluyeron en una solución 1:1 de metanol-acetona durante 24 horas a temperatura ambiente y en un sitio oscuro. Posteriormente, se centrifugó cada muestra a 3000 r.p.m. durante 15 minutos. Cada muestra fue corregida para feopigmentos, adicionando dos gotas de solución 4N de ácido clorhídrico, esperando un minuto y midiendo la absorbancia nuevamente. La concentración de clorofila "a" se obtuvo a través de la aplicación de la ecuación monocromática propuesta por Talling & Driver (1961) y la metodología propuesta en Ramírez (1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables fisicoquímicas

En la tabla 1 se presentan la media aritmética y el coeficiente de variación de las variables fisicoquímicas en cada estación.

La transparencia fue mayor en la estación 2 (Isla del Sol), debido a su mayor TRH y profundidad con relación a la estación 1. Además, la estación 1 posee valores altos de concentración de sólidos en suspensión, lo que indica una mayor influencia del sistema de mezcla por el río Nare. El CO₂ presentó valores bajos y aumentó con la profundidad registrándose concentraciones más altas en la estación dos, ya que la concentración algal que puede incorporar dicho gas a su metabolismo es más baja. El fósforo total, fósforo soluble, nitrógeno amoniacal soluble, nitrógeno total, nitratos, nitritos, hierro total, sólidos totales, sólidos suspendidos, la conductividad y la alcalinidad registraron valores altos en los primeros muestreos con relación a estudios anteriores (EPM-ESP, 1989), pero disminuyeron a medida que subió el nivel del embalse, como consecuencia del efecto de dilución. Las diferencias de las variables fisicoquímicas entre las dos estaciones están estrechamente relacionadas con el comportamiento de las algas. El oxígeno disuelto, el pH y la alcalinidad son más altos en la estación uno, debido a la mayor cantidad de algas. El nitrógeno total y el fósforo total presentaron concentraciones más altas en la estación uno y, al igual que los sólidos totales y la conductividad eléctrica, están relacionados con la carga de materiales que trae el río y son más altos en esta estación.

Tabla 1. Valores de tendencia central y dispersión para las variables fisicoquímicas y biológicas medidas en cada estación del embalse El Peñol-Guatapé.

ESTADIGRAFO	MEDIA ARITMETICA		COEFICIENTE DE VARIACION	
VARIABLE	ESTACION		ESTACION	
	1	2	1	2
Transparencia (m)	1.45	2.69	31.72	31.97
Temperatura agua (°C)	21.14	21.17	6.24	5.53
Saturación oxígeno (%)	114.18	85.39	12.69	20.55
pH (unidades)	8.31	6.80	4.93	6.03
Dióxido de carbono (mg/L)	0.76	2.95	132.90	61.36
Alcalinidad total (meq/L CaCO ₃)	28.30	24.63	24.73	21.97
Fósforo total (mg/L)	0.10	0.07	130.00	100.00
Fósforo soluble (mg/L)	0.04	0.04	75.00	75.00
Nitrógeno amoniacal soluble (mg/L N-NH ₄ ⁺)	0.47	0.44	40.43	40.91
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/L)	1.19	0.90	40.34	41.11
Nitratos (mg/L)	0.31	0.22	212.90	231.82
Nitritos (mg/L)	0.02	0.003	100.00	100.00
Hierro total soluble (mg/L)	0.96	0.70	8.65	127.14
Sólidos totales (mg/L)	77.60	54.20	36.03	55.59
Sólidos suspendidos (mg/L)	18.73	12.17	88.73	96.06
Conductividad eléctrica (umhos/cm)	58.11	46.96	28.12	21.12
PPB (mg C/m ³ /h)	18.78	17.50	106.50	82.70
Respiración (mg O ₂ /m ³ /h)	33.58	5.20	112.81	306.35
Clorofila "a" (µg/L)	21.97	8.64	63.86	126.51

Las demás variables fisicoquímicas no presentaron diferencias estadísticamente significativas (tabla 2), pero sus valores son levemente mayores en la primera estación. Se puede afirmar que los promedios mensuales de las variables fisicoquímicas consideradas son moderados y propios de aguas de calidad hidrobiológica aceptable y de caracte-

risticas oligoproductivas, en las dos estaciones de muestreo.

La presencia de nitrógeno en forma de nitritos es un indicador de que la calidad de agua está siendo afectada en menor grado por contaminación orgánica. El hierro total se encontró en ambas

estaciones en concentraciones medias a pesar de la presencia de oxígeno en las columnas de agua desde la superficie hasta el fondo. Probablemente el oxígeno disponible es demandado por parte de los organismos heterótrofos, el hierro y otros materiales. Lo anterior hace que la concentración de oxígeno disminuya con la profundidad, sin agotarse completamente (3.7 mg/L, mínimo valor registrado), especialmente en la estación dos.

La temperatura del agua, el porcentaje de saturación de oxígeno, el pH, el CO₂, los nitritos, el hierro total, los sólidos totales, los sólidos suspendidos y la conductividad eléctrica presentaron una marcada estratificación en ambas columnas. La temperatura del agua disminuyó con la profundidad,

presentándose probablemente un fenómeno de discontinuidad térmica durante todo el muestreo (Aguirre, 1995). El oxígeno también mostró una tendencia decreciente desde la superficie al fondo y presentó concentraciones de sobresaturación en la estación uno y a 100% y 25% de atenuación de la luz en la estación dos.

Como se observa en la tabla 2 (Anova Jerárquica), la comparación entre estaciones de muestreo, entre profundidades, evidencia las diferencias significativas encontradas para las variables: saturación de oxígeno, pH, CO₂, alcalinidad total, fósforo total, nitrógeno total, conductividad eléctrica, respiración y clorofila "a". Las demás variables fueron consideradas similares en ambas estaciones.

Tabla 2. Análisis de varianza de I vía, variables fisicoquímicas y biológicas analizadas entre estaciones en el embalse El Peñol-Guatapé.

Variable	ESTADIGRAFO	Valor F Estaciones	Valor P Estaciones	Signif. Estadis. Estacion
Temperatura (°C)		0.0042	>0.05	¹ ns
Saturación oxígeno (%)		17.9347	<0.005	4 ***
pH (unidades)		31.7226	< 0.005	***
Dióxido de carbono (mg/L)		7.6991	< 0.05	2 *
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)		10.6304	< 0.05	*
Fósforo total (mg/L)		20.3659	< 0.005	***
Fósforo soluble (mg/L)		0.6387	> 0.05	ns
Nitrógeno amoniacal soluble (mg/L)		0.8751	> 0.05	ns
Nitrógeno total Kjeldahl(mg/L)		26.8390	< 0.005	***
Nitratos (mg/L)		1.4808	> 0.05	ns
Nitritos (mg/L)		4.4343	> 0.05	ns
Hierro total (mg/L)		0.4027	> 0.05	ns
Sólidos totales (mg/L)		3.8968	> 0.05	ns
Sólidos suspendidos (mg/L)		1.8134	> 0.05	ns
Conductividad eléctrica (µmhos/cm)		6.2116	< 0.05	*
PPB(mg C/m ³ h)		0.0750	> 0.05	ns
Respiración (mg O ₂ /m ³ h)		31.2018	< 0.005	***
Clorofila "a" (µg/L)		10.4829	< 0.05	*

1 ns = La prueba es no significativa

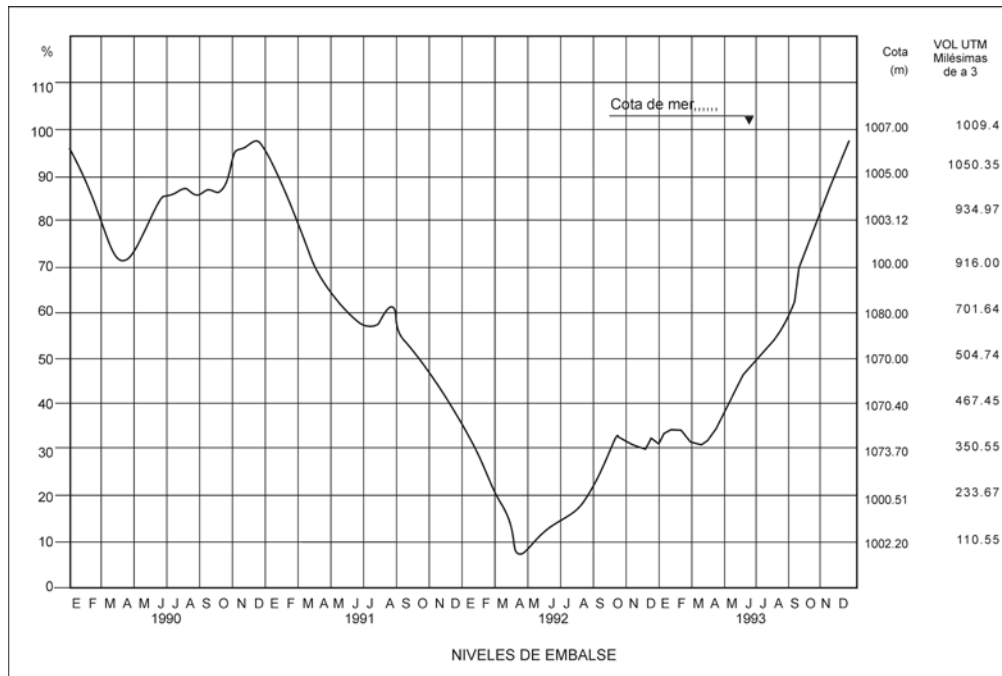
2 * = La prueba es significativa

3 ** = La prueba es altamente significativa

4 *** = La prueba es altísimamente significativa

Debido a que se hallaron diferencias significativas entre estaciones para algunas variables, se efectuó un análisis de varianza de una vía para comparar las profundidades de muestreo, (tabla 3). No se presentaron diferencias significativas con la profundidad para las variables fósforo total, nitrógeno amoniacal, nitratos y PPB. Las demás variables sí

presentaron diferencias significativas con la profundidad. El tiempo como variable independiente ejerció un efecto significativo sobre la varianza entre y dentro de muestreos, mientras que la dilución jugó un papel importante puesto que el embalse varió considerablemente con relación al volumen del agua (figura 3).



Fuente: EEPPM-Departamento de Hidrometría e Instrumentación EPM-ESP (1993)

Figura 3. Niveles del embalse El Peñol-Guatapé desde 1990 hasta 1993.

Tabla 3. Significancia estadística de las variaciones verticales para las variables fisicoquímicas evaluadas a diferentes profundidades en el embalse El Peñol-Guatapé.

ESTADIGRAFO	Valor F 10 profundidades	Valor P	Significancia Estadística
VARIABLE			
Profundidades de la columna (m)	180.983	0.0000	***
Temperatura del agua (°C)	5.599	0.0000	3 ***
Saturación oxígeno (%)	22.567	0.0000	***
pH (unidades)	68.692	0.0000	***
Dióxido de carbono (mg/L)	31.804	0.0000	***
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	2.002	0.0456	2 *
Fósforo total (mg/L)	1.691	0.0995	¹ ns
Fósforo soluble (mg/L)	2.238	0.0246	*
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	0.889	0.5373	ns
Nitrógeno total Kjeldahl (mg/L)	1.994	0.0466	*
Nitratos (mg/L)	0.477	0.8870	ns
Nitritos (mg/L)	8.699	0.0000	***
Hierro total (mg/L)	11.639	0.0000	***
Sólidos totales (mg/L)	8.737	0.0000	***
Sólidos suspendidos (mg/L)	4.555	0.0000	***
Conductividad eléctrica (µmhos/cm)	6.220	0.0000	***
PPB (mg C/m ³ h)	1.040	0.4015	ns
Respiración(mgO ₂ /m ³ h)	3.772	0.0046	***

¹ns = La prueba no es significativa

2* = La prueba es significativa con $p < 0.05$

3*** = La prueba es altamente significativa con $p < 0.001$

En la estación uno, la disponibilidad de nutrientes es más favorables para el fitoplancton, la transparencia Secchi es más baja (1.45 m) y la profundidad de la columna es menor, en comparación con la estación dos. Lo anterior genera condiciones especiales, dado que la hidrodinámica de la estación uno está fuertemente influida por el río Nare, cuyas aguas presentan una concentración de sólidos totales mayor que en la estación dos. La fracción de sedimentos que se acumulan en la zona de influencia del río Nare atrapan una alta proporción de materia orgánica, formando probablemente complejos organometálicos que no permiten que muchos de estos nutrientes lleguen a las capas

superiores de la columna de agua. Las algas de los primeros tres metros de la masa de agua de la estación uno reciben nutrientes en bajas concentraciones provenientes de las capas inferiores en donde penetra el río por lo que este suministro depende del grado de saturación de los sedimentos y de los fenómenos de turbulencia que permitan resuspender materiales.

Lo anterior genera en la primera estación un fenómeno de estratificación química donde los nutrientes están más concentrados en el fondo de la columna, haciendo que las algas deban adaptarse a estas condiciones en procura de obtener nutrientes.

En la estación dos las limitaciones de nutrientes son más acentuadas que en la uno debido a la disminución de los nutrientes y la profundidad (24 m en promedio durante el estudio), que hacen difícil la interacción de la zona fótica con el sedimento el cual parece no liberar cantidades apreciables de nutrientes y tampoco existe ninguna corriente de agua lo suficientemente fuerte que penetre hasta el fondo y resuspenda materiales.

Producción primaria

Durante todo el estudio la producción primaria presentó valores muy bajos debido a las bajas concentraciones de nutrientes biodisponibles. La producción fitoplanctónica en el embalse está limitada por estos nutrientes. Los bajos valores de producción primaria están también asociados al reducido tiempo de retención hidráulica, presentado en la época de estudio.

Las diferencias en los valores de respiración entre ambas estaciones obedecen a que dicho proceso es más acentuado en la estación uno debido a que la columna de agua posee un sedimento orgánico abundante. Mientras en la estación uno la producción primaria neta es mayor en la superficie y disminuye hacia el límite de la zona fótica, en la dos la productividad es menor al 25% de atenuación de la luz y tiene su valor más alto en el límite de la zona fótica. La clorofila "a" fue mayor en la estación uno. Mientras en la estación uno la concentración de clorofila "a" disminuyó con la profundidad, en la dos aumentó siendo mayor cerca al límite de la zona fótica. En términos generales, se podría afirmar que en las tres profundidades dentro de la zona fótica y en las dos estaciones los valores de clorofila "a" fueron moderadamente altos. Estos niveles (mayores a 10 $\mu\text{g/L}$) obedecen más a una adaptación cromática, y a las limitaciones por luz y nutrientes que a una relación directa con la producción primaria. Mientras la producción primaria bruta (PPB) fue baja y similar en ambas estaciones, la productividad

primaria neta (PPN) decayó en la estación uno. De otro lado, la respiración fue notablemente más baja en la estación dos.

Al analizar el comportamiento a través de la profundidad, no se encontraron diferencias significativas para PPB, pero sí para PPN y respiración. En la PPN las diferencias las aportan las profundidades correspondientes al 1% y 25% de atenuación de la luz en la estación uno y al 1% en la dos. En lo que respecta a la respiración, las mayores diferencias durante los 12 meses de muestreo corresponden al 1% en ambas estaciones. La PPB no presentó diferencias significativas entre las dos estaciones ni entre las profundidades promediadas para ambas estaciones. Esta variable tiene un valor promedio con tendencia a ser bajo y un coeficiente de variación alto para ambas estaciones. La PPN y la respiración presentaron diferencias significativas entre estaciones ($p < 0.05$) pero no entre las profundidades promediadas para ambas estaciones. Por su parte, la media aritmética de la PPN es baja y la media aritmética de la respiración es similar a la PPB. Tanto para PPN como para la respiración el coeficiente de variación es muy alto. Los valores de producción primaria calculados son bajos y típicos de aguas pobres en nutrientes.

Para la clorofila "a" se encontraron diferencias significativas entre las profundidades ($p=0.0001$), especialmente en la estación uno. Se presentaron diferencias significativas entre las dos estaciones (C.V = 92.63%), y no hubo diferencias entre las profundidades promediadas de ambas estaciones.

Fitoplancton

Con relación a la comunidad del fitoplancton (excluyendo el grupo de las diatomeas), se presentó una riqueza de 49 taxa. De las 49 taxa determinadas es importante resaltar que la mayoría pertenece a la división Chlorophyta, orden Chlorococcales, seguida de la división Cyanophyta (tabla 4).

Tabla 4. Abundancia absoluta y relativa del fitoplancton de muestras tomadas en dos estaciones en el embalse El Peñol-Guatapé, entre agosto de 1992 y julio 1993.

TAXA	Abundancia Absoluta número	Abundancia Relativa (%)
<i>Botryococcus braunii</i>	14740	58.600
<i>Microcystis aeruginosa</i>	9247	36.760
<i>Cosmarium tenue</i>	57	0.227
<i>Cosmarium contractum</i>	153	0.608
<i>Elakatothrix viridis</i>	179	0.712
<i>Ankistrodemus falcatus</i>	35	0.139
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	14	0.057
<i>Chroococcus limneticus</i>	6	0.024
<i>Tetraedon minimum</i>	6	0.024
<i>Arthrodesmus sp</i>	10	0.040
<i>Closterium sp</i>	133	0.529
<i>Oocystis lacustris</i>	4	0.016
<i>Staurastrum rotula</i>	22	0.088
<i>Merismopedia sp</i>	67	0.266
<i>Eudorina sp</i>	5	0.020
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	53	0.211
<i>Euastrum sp</i>	30	0.119
<i>Peridinium gatunenses</i>	225	0.895
<i>Kirchneriella lunaris</i>	67	0.266
<i>Gloeocystis sp</i>	3	0.012
<i>Cosmarium sp</i>	14	0.057
<i>Coelastrum reticulatum</i>	12	0.048
<i>Chroococcaceae</i>	3	0.012
<i>Dyctiosphaerium sp</i>	31	0.123
<i>Cryptomonas sp</i>	10	0.040
<i>Nephrocytium sp</i>	3	0.012
<i>Merismopedia ibumajor</i>	3	0.012
<i>Chlamydomonas sp</i>	3	0.012
<i>Ankistiodemus spiralis</i>	6	0.024
<i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>	7	0.028
<i>Merismopedia punctata</i>	5	0.020
TOTAL	25153	100.0%

(Se excluyeron las especies con uno o dos ejemplares)

Las algas *Botryococcus braunii* (Chlorophyceae) y *Microcystis aeruginosa* (Cyanophyceae) fueron las especies más abundantes durante el estudio. La presencia abundante de *B. braunii* principalmente significa una gran adaptación de este taxón a las condiciones ambientales del embalse.

Las diferencias en la abundancia de organismos fitoplanctónicos entre las dos estaciones fueron bajas. Para ambas estaciones la equidad tiene una tendencia baja, la dominancia presenta valores medios en la estación uno y altos en la dos; y la biodiversidad presentó valores bajos y cercanos entre sí (tabla 5). Lo anterior hace pensar en la predominancia de pocos taxa en la comunidad fitoplanctónica.

Tabla 5. Valores de los índices de Diversidad (deci/ind), Equidad de Pielou, Dominancia y de Riqueza de Taxa en dos estaciones a tres profundidades en el embalse El Peñol-Guatapé, entre agosto de 1992 y julio de 1993.

Estación	Uno			Dos		
	*100%	*25%	*1%	*100%	*25%	*1%
Índice						
Diversidad	1.18	1.20	1.53	1.10	0.81	.092
Equidad	0.26	0.28	0.37	0.24	0.17	0.21
Dominancia	0.55	0.48	0.45	0.76	0.82	0.76
Riqueza numérica	22	20	18	24	25	20

* Porcentaje de atenuación de la luz

En la estación uno se observó una estratificación moderada de la diversidad y de la equidad de especies, con una tendencia creciente con la profundidad dentro de la zona fótica (tabla 5). La dominancia es mayor en el estrato superior y crea unas condiciones de competencia por la luz, los nutrientes y el espacio. De acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis no se hallaron diferencias significativas ($P=0.41588$) de la diversidad con la profundidad en ambas estaciones.

El índice de equidad de Pielou presentó valores bajos y muy similares en todas las profundidades en ambas estaciones, debido a la dominancia de unos pocos taxa sobre los demás. La dominancia mostró valores medios en la estación uno y altos en la dos. La riqueza de especies se mantuvo alrededor de 20 taxa en cada profundidad y no varió notablemente entre estaciones.

Probablemente las adaptaciones a la luz parecen ser más amplias que a las bajas concentraciones de nutrientes lo cual hace que la diversidad de

especies aumente con la profundidad. Dado que sólo algunos pocos géneros se adaptan a las bajas concentraciones de nutrientes, se incrementa su dominancia cerca a la superficie.

La estación uno con características hidrodinámicas fuertemente influidas por el río Nare, probablemente genera procesos autorreguladores, ya que evita la distribución amplia de nutrientes hacia aguas abiertas del embalse debido a la presencia de sedimentos que atrapan materiales orgánicos y que sustentan una comunidad fitoplanctónica capaz de tomar los nutrientes resuspendidos o disueltos en la columna de agua.

En la estación dos la profundidad de la columna es mucho mayor que en la uno. En ésta se detectó una concentración baja de nutrientes con una leve tendencia a aumentar con la profundidad. Estas características hacen que el agua sea menos turbia (transparencia secchi 2.7 m) y con una concentración de sólidos totales mucho más baja que en la entrada del embalse.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se pudo realizar como parte del proyecto "Identificación de la dinámica hidrobiológica que permita planificar actividades de desarrollo pesquero y turístico en el embalse El Peñol, Antioquia"

suscrito entre Cornare-Universidad de Antioquia (1993), y bajo el programa de Maestría en Biología, área Ecología como trabajo de investigación del primer autor "LIMNOLOGÍA Y BIODINÁMICA DEL EMBALSE EL PEÑOL-GUATAPÉ, COLOMBIA".

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, N. 1995. Estructura térmica en un embalse neotropical. Revista AINSA. 26:48-56 . ISSN 0120-372 X. Medellín.
- APHA, AWWA. 1989. Standard methods for examination of water and wastes water. WPCF 17a edition.
- BJÖRK, S. & GELIN, C. 1980. Limnological function and management on the El Peñol reservoir Colombia. University of Lund. Sweden.
- CEPIS. 1990. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria. Proyecto Regional de Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales.
- COLE, G. A. 1983. Textbook of Limnology (3rd. Ed) Saint Louis The C. V. Mosby Company.
- CORNARE Y UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. 1993. Identificación de la dinámica hidrobiológica que permita planificar actividades de desarrollo pesquero y turístico en el embalse El Peñol, Antioquia. Centro de Investigaciones Ambientales.
- EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. 1989. Unidad de Planeación Saneamiento Hídrico. Efectos del hierro en el sistema de refrigeración de la central Guatapé.
- EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. 1989. Departamento Control de Calidad de Materiales. Resultados fisicoquímicos del embalse y sistema de refrigeración de la central Guatapé.
- EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. 1993. Departamento de Hidrometría e Instrumentación. Registros climáticos años 1992 y 1993.
- HÅKANSON, L. 1981. A Manual of Lake Morphometry. Springer Verlag, Berlin. 78 pp.
- MÁRQUEZ, G. & GUILLOT, G. 1988. Proyecto estudios ecológicos de embalses colombianos. Etapa prospectiva. Informe final, FEN- Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- PALACIO, J. & PLAZAS, L. 1998. Algunos aspectos ecológicos de las especies ícticas más importantes en el embalse El Peñol-Guatapé. Actual. Biol. 20 (68): 13-20.
- PENNAK, R. W., 1978. Freshwater invertebrates of the United States. 2nd. edit. New York. Wiley-Interscience.
- PIELOU, E. C. 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley- Interscience, New York. 286 p.

- RAMÍREZ, J. J. 1986. Fitoplancton de red en el embalse de El Peñol. *Revista Actualidades Biológicas*. 12 (56): 2-13.
- RAMÍREZ, J. J. 1990. Determinación de biomasa por clorofila. Una revisión. Departamento de Biología Universidad de Antioquia.
- ROLDÁN, G., CORREA, M., MACHADO, T., RAMÍREZ, J. J., VELÁSQUEZ, L. F. & ZULUAGA, F. 1984. Estudio limnológico de la represa de El Peñol. *Actualidades Biológicas*. 13(50):94-105.
- ROLDÁN, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia. 1ra ed. Medellín, Colombia.
- RUEDA, T. 1990. Características limnológicas y calidad del agua del embalse Guatapé-Peñol. Revisión de Literatura. CORNARE. Medellín.
- SHANNON, C. E. & WEAVER, W. 1949. The mathematical theory of communication. The University Illinois Press. Urbana.
- SIMPSON, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- STEEL, R & TORRIE, J. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. McGraw-Hill. Segunda Edición.
- TALLING, J. F. & DRIVER, D. 1961. Some problems in the estimation of chlorophyll a in phytoplankton. In: DOTY, M. S. Ed. Proc. Conf. Primary Production Measurement Marine Freshwater, Uni. Hawaii, U. S. Atomic Energy Commission Publ. TID 7633 : 142-146.
- URIBE, A. & ROLDÁN, G. 1975. Estudio comparativo de algunas características fisicoquímicas y biológicas del embalse El Peñol (Nare). *Actualidades Biológicas*. 4(11):2-12.
- WETZEL, G. & LIKENS, G. 1991. *Limnological Analyses*. Second Edition. Springer Verlag. New York. 391 pp.