

## ALGUNOS ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES ÍCTICAS MÁS IMPORTANTES EN EL EMBALSE EL PEÑOL - GUATAPÉ

### SOME ECOLOGICAL ASPECTS OF MORE IMPORTANT ICHTHYC SPECIES IN EL PEÑOL RESERVOIR - GUATAPÉ

Jaime Palacio<sup>1</sup> y Estella Plazas<sup>1</sup>

#### Resumen

Entre julio de 1992 y junio de 1993 se evaluó la calidad del agua del embalse El Peñol - Guatapé en relación con los requerimientos ecofisiológicos de las especies ícticas más importantes para el consumo humano. Se tomaron datos mensuales de temperatura, pH, conductividad, dureza, oxígeno disuelto y dióxido de carbono en siete estaciones. Adicionalmente, se capturaron peces en 33 sitios del embalse a través de una red de ojo de malla entre 12.5 y 13.56 cm. Las especies capturadas fueron *Cyprinus carpio*, *Tilapia rendalli* y *Sarotherodon niloticus*. *Micropterus salmoides* es importante para la pesca deportiva.

La ubicación del embalse a 1887 msnm y el predominio de temperaturas entre 20 y 22 °C, son un factor limitante para tilapia, pero óptimo para *C. carpio*. A pesar de la presencia de un valor tan alto como 9.8 unidades de pH en la desembocadura del río Nare al embalse, la estabilidad en el tiempo y la homogeneidad espacial de esta variable indican que el pH del agua no constituye un factor limitante de las poblaciones de peces en el embalse. Para las demás variables fisicoquímicas se puede afirmar que éstas no limitan la reproducción ni el crecimiento de la ictiofauna en el embalse.

*Palabras claves:* Embalse, El Peñol - Guatapé, *Cyprinus carpio*, *Tilapia rendalli*, *Sarotherodon niloticus*, *Micropterus salmoides*, ecofisiología

#### Abstract

In order to establish the ecophysiological requirements for fish species used for human consumption, some physicochemical aspects of the water were evaluated in El Peñol reservoir, from July 1992 to June 1993. Monthly data of temperature, conductivity, hardness, dissolved oxygen and carbon dioxide were taken in seven stations. Additionally, fish were captured in 33 sites using nets with an opening of 12.5 and 13.56 cm. The species captured were: *Cyprinus carpio*, *Tilapia rendalli*, and *Sarotherodon niloticus*. *Micropterus salmoides* is sport fishing.

The reservoir's altitude of 1887 m and the predominant water temperatures between 20 to 22 °C are limiting factors for tilapia but optimum for *C. carpio*. Although the pH reaches a high value (9.8) in a site the mouth of the river Nare, it seems to be stable in space and time and does not appear to limit fish population development. For the other physicochemical variables, they do not seem to limit growth and reproduction of the ichthyofauna in this reservoir.

*Key words:* Reservoir, El Peñol - Guatapé, *Cyprinus carpio*, *Tilapia rendalli*, *Sarotherodon niloticus*, *Micropterus salmoides*, ecophysiology

#### INTRODUCCIÓN

A pesar de que la construcción de embalses en Colombia se inició hace cerca de 50 años, sólo se posee información limnológica de estos sistemas a partir de la década de los setenta. Las investigaciones

de Uribe y Roldán (1975), Ramírez y Machado (1982), Roldán *et al.* (1984) y Ramírez (1986) sobre el plancton y algunas características fisicoquímicas del agua, constituyen los trabajos pioneros de los embalses anticuarios y crearon las bases para el desarrollo de esta disciplina en el país.

Recibido: septiembre de 1997; aprobado para publicación: febrero de 1998

1 Centro de Investigaciones Ambientales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

2 Departamento de Ingeniería Sanitaria, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Márquez y Guillot (1988) presentaron una revisión bibliográfica sobre la limnología de los embalses en el mundo, enfatizando en los trópicos y en especial en Colombia. Hicieron, además, una comparación de las características fisicoquímicas y biológicas de algunos embalses y propusieron una clasificación ecológica de éstos.

La finalidad principal de los embalses en Colombia es la generación de energía y el suministro de agua potable. Sólo recientemente se ha considerado la posibilidad de darle un aprovechamiento múltiple a estos sistemas. De esta forma, se busca compensar parcialmente los costos ambientales y sociales de su construcción y ofrecer a los pobladores de las áreas de influencia directa una actividad económica adicional.

Hasta el momento las actividades pesqueras, como alternativa para los pobladores en las áreas de influencia directa de los embalses, no ha recibido suficiente atención. Valderrama (1986) analizó las posibilidades de un desarrollo pesquero en embalses ubicados en diferentes pisos térmicos e incluyó el de El Peñol - Guatapé dentro de la categoría de Piso Térmico Templado.

Con este estudio se buscó evaluar la calidad de las aguas en relación con los requerimientos ecofisiológicos de los peces. El análisis se sustentó en la información disponible sobre las variables: temperatura, pH, conductividad, dureza total, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno y dióxido de carbono, que son las más importantes de la residencia ecológica, y sobre los requerimientos para la reproducción y el crecimiento de las especies más sobresalientes desde el punto de vista comercial. El presente trabajo hace parte de un convenio interinstitucional entre la Corporación Autónoma Regional de los ríos Rionegro y Nare (Cornare) y la Universidad de Antioquia.

### Área de estudio

El embalse El Peñol - Guatapé, construido entre 1971 y 1978, está localizado en el Oriente antioqueño a 50 km de la ciudad de Medellín y a una altura de 1887.5 msnm. El principal tributario del embalse es el río Nare. Los aportes locales son, en general, de bajo caudal pero muy numerosos (fig. 1).

La forma del vaso es relativamente compleja. Esta forma se suele denominar "dendrítica" (Roldán, 1992). Las "dendríticas" o prolongaciones se presentan laterales al antiguo cauce del río Nare y corresponden a la estructura del drenaje preexistente en la zona. Las crecientes medias en el río Rionegro no exceden

los 200 m<sup>3</sup>/s. En términos generales, la dinámica de circulación no responde a eventos puntuales, sino a escalas temporales de semanas a meses (Cornare - Universidad de Antioquia, 1993).

El embalse tiene un volumen de 1240 millones de metros cúbicos, de los cuales 1169 corresponden al volumen útil. El área inundada, en su capacidad máxima, es 6240 ha. La profundidad máxima es 52 m, con un promedio de 31.2 m. El tiempo de retención hidráulica es 285 días y la distancia desde la cola hasta la presa es aproximadamente 19 km. El embalse presenta importantes fluctuaciones acordes con su función de regulación y con la hidrología histórica. Sólo a finales del año 1988 y durante 1989, el embalse alcanzó su capacidad máxima. Los estados inferiores críticos han tenido lugar en las etapas terminales de los veranos de 1981, 1984 y 1992, en los cuales los volúmenes cayeron por debajo del 20% de su capacidad máxima. La recuperación después de estos períodos críticos ha sido rápida y antes de finalizar el segundo semestre de 1992 el embalse alcanzó, en general, volúmenes superiores al 50 por ciento de su capacidad.

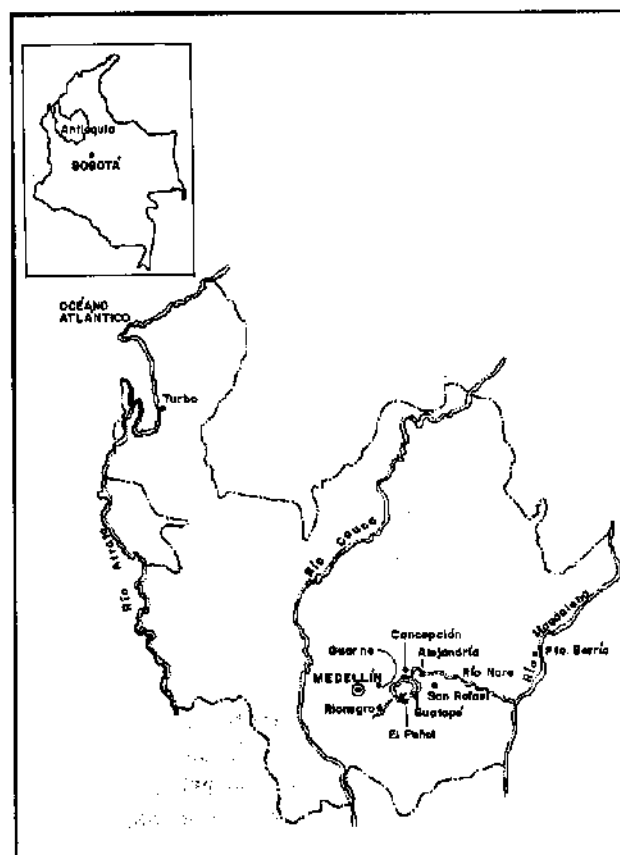


Figura 1. Ubicación geográfica del embalse El Peñol

**Clima**

La zona del embalse se encuentra próxima al núcleo de máximos pluviométricos en la cuenca del río Nare, con un gradiente positivo muy importante desde la cola del embalse hasta la presa. Mientras que en las áreas próximas a la presa se registran valores superiores a los 600 mm en los meses lluviosos, los máximos mensuales en el área de El Peñol no superan en general los 300 mm. Esta significativa diferencia podría atribuirse a circulaciones regionales y locales controladas por la conformación del relieve (Cornare - Universidad de Antioquia, 1993).

El esquema de variación estacional regional muestra dos épocas de lluvia con intensidades muy semejantes. La primera se sitúa entre abril y mayo y la segunda entre agosto y octubre, separadas por el veranillo de San Juan. El período marcadamente seco tiene lugar entre diciembre y febrero, asociado al desplazamiento del frente intertropical de convergencia (Cornare - Universidad de Antioquia, 1993).

**METODOLOGÍA**

El estudio se realizó entre julio de 1992 y junio de 1993. La ubicación de las estaciones para el seguimiento de las variables fisicoquímicas se basó en los resultados de un muestreo preliminar (fig. 2). En la toma y preservación de las muestras y el análisis de laboratorio se siguieron las recomendaciones de APHA (1994). Las muestras de agua se obtuvieron por medio de un dispositivo especial que permite su interacción por flujo a través de la columna de agua. Entre las variables fisicoquímicas incluidas durante el estudio, se consideran la temperatura (°C), el pH (unidades), la conductividad (µmhos/cm), la dureza total (CaCO<sub>3</sub>), el oxígeno disuelto (mg/l), la saturación de oxígeno (mg/l) y el dióxido de carbono (mg/l). Se tomaron muestras mensuales de peces en 33 sitios (fig. 2) durante tres a cuatro días en colaboración con los pescadores de la Cooperativa El Marial. La unidad básica de muestreo fue la red agallera (Trasmallo monofilamento), con dimensiones promedio de 37 m de largo y 2.80 a 3.40 m de alto y

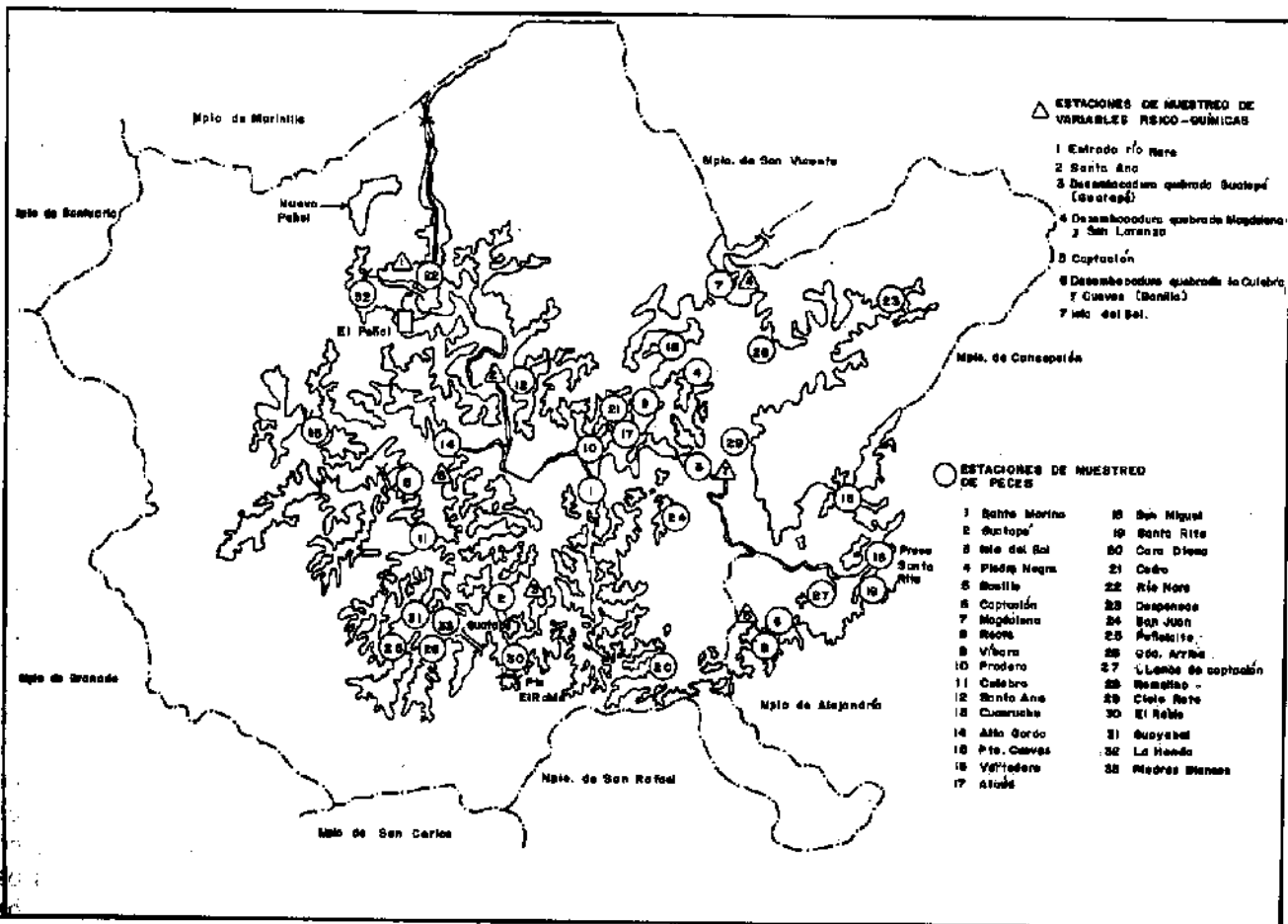


Figura 2. Estaciones de muestreo de pesca y variables fisicoquímicas (modificado de Cornare - Universidad de Antioquia, 1993)

un área de recubrimiento de 111 m<sup>2</sup>. El ojo de malla fluctuó entre 12.5 y 13.56 cm. Las redes se colocaron paralelamente a la orilla o atravesadas de orilla a orilla. Las labores de pesca se iniciaron a las 18:00, y las redes se recogieron a las 12 horas de exposición.

La información de campo sobre los peces incluyó sitio de captura, peso total, longitud total, longitud estándar, altura y grosor.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde 1975 se han realizado investigaciones limnológicas en el embalse, que incluyen el seguimiento de algunas variables fisicoquímicas (Uribe y Roldán, 1975.; Björk y Gelin, 1980; Roldán *et al.*, 1984; Ramírez, 1986; Aguirre, 1994). Con el fin de lograr una aproximación al conocimiento de la evolución temporal de las condiciones fisicoquímicas del embalse, en la discusión se confrontan los resultados de las variables más importantes a través del tiempo. El análisis de la información actual se asocia al significado de las condiciones ambientales en el desarrollo de las poblaciones de peces más importantes para el consumo. Con este fin se tuvo en cuenta la información disponible en la literatura sobre los requerimientos ecofisiológicos de los peces. En la tabla 1 se sintetizan los resultados de las variables analizadas en el muestreo de la columna de agua en siete estaciones en el embalse El Peñol - Guatapé.

La variación espacial de la temperatura mensual del agua fue estrecha. En forma similar, el comportamiento temporal de la temperatura exhibió una relativa estabilidad y las fluctuaciones mensuales no superaron los 3 °C, con valores extremos entre 19 y 23 °C y temperaturas predominantes entre 20 y 22 °C. Según Uribe y Roldán (1975), de enero de 1973 a marzo de 1974 la temperatura superficial del embalse osciló entre 19 y 23.5 °C. Entre enero y diciembre de 1982, Roldán *et al.* (1975) encontraron un gran predominio de valores superiores a 22 °C. Los rangos de temperatura registrados durante el estudio son muy similares a los reportados por Uribe y Roldán (1975) e inferiores a los establecidos en Roldán *et al.* (1984).

En las aguas naturales el pH fluctúa entre 6.5 y 8.5 unidades y valores entre 5.0 y 9.0 no afectan directamente la biota. Sin embargo, el comportamiento de numerosas sustancias xenobióticas está bajo la influencia de los cambios de pH en este rango. El pH no fluctuó significativamente en cada estación a través del

tiempo y mientras en las confluencias del río Nare y de la quebrada Santa Ana se encontraron condiciones básicas (8.4 unidades) en las restantes estaciones el pH fue levemente ácido (tabla 1). Estas diferencias se fundamentan en el balance entre los procesos trofógenicos y trofólitos influenciados por el mayor crecimiento de fitoplancton en las dos primeras estaciones. Según Roldán *et al.* (1984), de enero a diciembre de 1982 el pH fluctuó entre 6.4 y 8.8. Este rango no difiere notablemente del encontrado durante el estudio y se puede afirmar que el pH se ha mantenido relativamente constante a través del tiempo.

La conductividad en el embalse fluctuó entre 33.90 y 131 µmhos/cm. En general, se observó una relativa uniformidad en los valores medios, con un pequeño gradiente decreciente en los promedios mensuales desde la desembocadura a las zonas de menor influencia del río Nare. Durante el período de enero a diciembre de 1982 la conductividad varió en el embalse entre 25 y 50 µmhos/cm con niveles más altos en el fondo (Roldán *et al.*, 1984). A pesar de que durante el presente estudio las muestras fueron integradas de superficie a fondo, en algunas estaciones comunes en las dos investigaciones se observa un ligero incremento de la conductividad con el tiempo.

Las aguas tropicales poseen en general una baja dureza, y un incremento de esta variable significa una modificación en las condiciones osmóticas del medio y afecta el comportamiento de las sustancias xenobióticas. En el embalse, la dureza no superó en la totalidad de las estaciones ni en ninguna época del año los 28 mg/l de CaCO<sub>3</sub>. No se observó, además, una clara tendencia espacial decreciente de los promedios mensuales desde la entrada del río Nare a la zona de captación. Estos resultados indican que las aguas del embalse se ubican dentro de la categoría de muy blandas a blandas.

El oxígeno disuelto ha sido considerado un buen indicador de las condiciones ambientales de los ecosistemas acuáticos, especialmente del grado de saprobiedad. El oxígeno disuelto actúa sobre la biología reproductiva de los organismos acuáticos, al afectar el desarrollo de los huevos y el crecimiento de los juveniles. En los ecosistemas lénticos el fitoplancton puede ejercer un efecto condicionante sobre el comportamiento del oxígeno, debido a los procesos de producción y consumo. El oxígeno disuelto no varió notablemente en el tiempo en los muestreos integrados de la columna de agua. Los promedios mensuales más altos se presentaron en la entrada del río Nare y no se registraron condiciones

Tabla 1. Valores de tendencia central y dispersión de algunas variables físicoquímicas en siete estaciones en el embalse El Peñol - Guatapé

Estación	Temperatura del agua (°C)			pH (unidades)			Conductividad (µmhos/cm)			Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )			O <sub>2</sub> (mg/l)			Saturación de oxígeno (mg/l)			CO <sub>2</sub> (mg/l)		
	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.	Prom.	Máx.	Mín.
1	21.20	22.5	19.0	8.400	9.8	7.70	18.40	28.0	14.0	18.40	28.0	14.0	8.05	9.2	6.5	111.64	132.80	87.8	0.69	3.96	0.00
2	21.25	22.5	19.0	8.010	8.8	6.80	52.30	77.2	37.0	17.60	28.0	14.0	7.56	8.3	6.1	104.29	117.20	84.6	0.62	1.98	0.00
3	19.23	22.5	19.5	7.090	7.8	6.34	48.37	72.2	36.3	14.58	21.0	10.0	6.88	8.0	4.9	94.16	111.90	74.8	1.87	3.96	0.66
4	21.20	23.0	19.0	6.900	7.8	6.31	42.94	60.0	39.9	14.68	18.0	8.0	6.25	7.4	5.0	86.29	103.50	72.0	1.97	3.30	1.32
5	19.50	22.5	18.0	6.858	7.7	6.26	42.59	53.7	37.2	14.00	22.0	9.0	6.48	7.5	5.5	90.45	103.21	74.0	2.48	3.96	1.32
6	21.65	22.5	21.0	7.396	8.3	6.20	47.99	57.7	37.4	15.00	20.0	12.0	7.10	8.1	4.9	97.56	116.40	67.2	1.52	5.06	0.00
7	21.09	22.5	19.0	7.396	8.3	6.20	45.38	61.5	36.6	16.99	24.0	10.0	6.26	7.7	5.3	86.72	107.40	73.4	2.49	3.30	1.32
X	20.73			7.43			42.55			15.89			6.94			95.87			1.66		
CV (%)	4.60			7.80			26.20			10.90			9.80			9.80			46.20		

de hipoxia en ninguna estación. Los valores mensuales estuvieron entre 4.90 y 9.20 mg/l (tabla 1).

En forma similar al oxígeno disuelto, el porcentaje de saturación mostró un rango estrecho de variación temporal en cada estación. El promedio mensual fue superior en las estaciones ubicadas en el área de mayor influencia del río Nare, con valores superiores al 100% en el 75% de los muestreos. En ningún caso, la saturación del oxígeno fue inferior al 65%.

El dióxido de carbono constituye una de las variables más simples para la evaluación de la calidad de las aguas naturales. Las variaciones del CO<sub>2</sub> en los ecosistemas acuáticos están asociadas a las características del lecho y a la carga de materia orgánica. El CO<sub>2</sub> fluctuó en el embalse entre cero en varias estaciones y muestreos y 5.6 mg/l en la estación seis en junio. Los valores mensuales mostraron una gran estabilidad y fueron permanentemente bajos a través del período de estudio. No se observaron diferencias ambientalmente significativas de los promedios entre sectores del embalse, con promedios entre 0.62 mg/l en la estación dos y 2.49 mg/l en la estación siete. De acuerdo con Roldán *et al.* (1984) el dióxido de carbono se mantuvo dentro de los rangos normales entre enero y diciembre de 1982. A pesar de que los resultados del presente estudio corresponden a un muestreo integrado de superficie a fondo, el análisis comparativo muestra una leve tendencia decreciente en el tiempo en los valores máximos.

Según Beltrán y Beltrán (1978) y Valderrama (1984), la fauna íctica del embalse El Peñol está constituida por *Cyprinus carpio* (carpa), *Brycon henni* (sabaleta) y *Micropterus salmoides* (bass). En 1983 fueron introducidos *Caquetaia kraussi* (mojarra amarilla) y *Tilapia rendalli* (tilapia). En el presente estudio se encontraron además *Sarotherodon niloticus* (tilapia) y *Cyprinus carpio* var *specularis*.

Entre las especies que habitan el embalse las más importantes desde el punto de vista del consumo

humano son *C. carpio*, *T. rendalli* y *S. niloticus*. *Micropterus salmoides* (bass) sólo es importante para la pesca deportiva.

Las familias Chichlidae y Cyprinidae poseen una amplia distribución geográfica. Las tilapias son originarias del continente africano (Philippart y Ruwet, 1982, citados por Mateus, 1986, y Ramos, 1984). Según Echavarría (1972), *T. rendalli* y *S. niloticus* fueron introducidas a Colombia en 1959 y oficialmente el Inderena introdujo en 1967 *T. rendalli* (Huet, 1983; Rodríguez *et al.*, 1993) y en 1979 *S. niloticus* (Quevedo *et al.*, 1984). *C. carpio* es originaria de Europa Oriental y fue introducida a Colombia en 1939 (Huet, 1983; Echavarría, 1972). Según Huet (1983), *T. rendalli* también es conocida como *T. melanoptera* o tilapia vigiladora. *S. niloticus* es mencionada comúnmente como mojarra plateada, tilapia nilótica, mojarra lora (Costa Atlántica) y tilapia encuvadora (Quevedo, 1984).

La distribución de las tilapias en la naturaleza está restringida a aguas con temperaturas superiores a 20 °C. Sin embargo, Morujama (1957), citado por Balarin (1979), logró un 94% de sobrevivencia en *S. niloticus* a temperaturas entre 14 y 16 °C a través de un proceso lento de aclimatación. La marcada preferencia por aguas con altas temperaturas ha hecho que las tilapias habiten básicamente las aguas de zonas bajas.

El umbral máximo de temperatura para las tilapias es de 35 °C, pero algunas especies pueden tolerar hasta 42 °C (Balarin, 1979). El rango de temperatura para las tilapias es de 8 a 40 °C. Sin embargo, la tolerancia térmica está bajo la influencia de las condiciones y el tiempo de aclimatación, la calidad del agua en algunos aspectos como el oxígeno disuelto, los sólidos disueltos, la salinidad, la talla, la edad, el sexo y el estado fisiológico del organismo. La tolerancia de cada especie depende de su historia térmica, del estado de desarrollo, de la edad, de la condición fisiológica, de otros factores de estrés, de

la extensión de los períodos de exposición a las temperaturas extremas y, como se señaló anteriormente, de los procesos de aclimatación.

Según Chervinski (1982), la actividad alimentaria de las tilapias se reduce a temperaturas inferiores a 20 °C y el consumo de alimento se suspende totalmente a los 16 °C. Como en la mayoría de los organismos acuáticos, la temperatura afecta la supervivencia, la distribución de las tilapias, las tasas de reproducción, el desarrollo, el crecimiento, el nivel de actividad y la susceptibilidad a enfermedades y a la acción de los depredadores. Bishai (1965), citado por Balarin (1979), menciona un rango de temperatura entre 17.2 y 16.6 °C dentro del cual las tasas de crecimiento de la mayoría de las tilapias decrecen. Para el desove, generalmente se requiere una temperatura de 21 a 23 °C (Huet, 1983).

Temperaturas inferiores a 20 °C afectan negativamente el desarrollo de características sexuales secundarias en las tilapias (Fryer y Iles, 1972). Además se ha encontrado que a temperaturas extremas, algunas especies como *T. rendalli* enfrentan problemas osmóticos, debido a que se reduce su capacidad de osmorregulación. En ecosistemas poco profundos, las tilapias evitan las fluctuaciones diarias de la temperatura por comportamiento por medio de movimientos a lo largo de la columna de agua.

La altitud está indirectamente relacionada con las tasas de crecimiento y desarrollo de las tilapias debido a la reducción progresiva de la temperatura. Gaigher (1973), citado por Balarin (1979), encontró que el área de distribución de *T. rendalli* en África se encuentra predominantemente a altitudes inferiores a 916 msnm y que es muy abundante entre 0 y 305 msnm. En Uganda no se encuentran poblaciones naturales de *S. niloticus* a 2000 msnm y no sobreviven a estas condiciones (Balarin, 1979). En estas circunstancias existen limitaciones para la reproducción de tilapias, pues las tasas de reproducción decrecen rápidamente; se ha calculado que la producción pasa de 5.67 ton/ha a nivel del mar a 2 ton/ha a 1500 msnm.

La temperatura representa un papel central en la reproducción de las tilapias. Generalmente las especies de tilapia desovan a temperaturas superiores a 20 °C, en las que las características sexuales son más predominantes (Huet, 1983). Rana (1990), citado por Rana (1990), señala una temperatura óptima entre 25 y 30 °C para los huevos de *S. niloticus*. Este mismo autor sostiene que el rango óptimo para la supervivencia, el crecimiento y

la alimentación de las larvas recién eclosionadas se encuentra entre 28 y 30 °C. No obstante, algunas especies pueden desovar entre 20 y 23 °C.

El efecto de la temperatura del agua del embalse sobre la reproducción de la tilapia es difícil de estimar debido a que a pesar de que las temperaturas están muy cerca del límite inferior, el fotoperíodo constante y relativamente prolongado favorece la reproducción continua y la maduración temprana.

La ubicación del embalse a 1887.5 msnm y la predominancia de temperaturas del agua entre 20 y 22 °C constituyen dos elementos importantes a considerar en los planes de repoblamiento y manejo de las poblaciones de tilapias en el embalse El Peñol. De acuerdo con el análisis de la información bibliográfica y con los puntos señalados anteriormente, las tilapias del embalse podrían encontrarse en condiciones subóptimas muy cerca de las fronteras inferiores de temperatura para la reproducción y el crecimiento. Esta situación puede estar afectando notablemente el rendimiento de las poblaciones.

Según la FAO (1986), el rango óptimo de temperatura para la reproducción de *C. carpio* bajo condiciones naturales es de 18 a 24 °C. Arrignon (1984) sostiene que la carpa crece mejor entre 20 y 28 °C y un incremento de la temperatura dentro de este rango significa un aumento de las tasas de crecimiento de esta especie. A temperaturas inferiores a 13 °C el crecimiento de la carpa se reduce notablemente y a partir de los 5 °C no consume alimento. De acuerdo con la información disponible, la temperatura no constituye un factor limitante para la reproducción de *C. carpio* en el embalse El Peñol. No obstante, esta variable podría estar afectando negativamente la tasa de crecimiento y la edad de madurez sexual.

No se dispone de información exacta sobre los rangos óptimos de pH para las tilapias y las carpas. Huet (1983) recomienda un pH entre 7 y 8 unidades en cultivos comerciales. Mabey (1971), citado por Balarin (1979), afirma que a valores bajos de pH se reduce el apetito de *T. rendalli*. Swingle (1961), citado por Chervinski (1982), encontró que los límites letales para las tilapias son aproximadamente 4 y 11 unidades de pH.

Se ha asumido que valores de pH inferiores a 4.5 afectan notablemente la supervivencia de los peces. Esta frontera puede moverse a niveles más altos, dependiendo de otros factores ambientales. El nivel máximo varía según la especie y las tilapias pueden sobrevivir a valores tan altos como 12 unidades

durante períodos cortos. Un aspecto crítico del pH es la viabilidad de los espermatozoides y de los huevos a valores extremos.

A pesar de la presencia de valores tan altos como 9.8 en la estación uno, la estabilidad en el tiempo, la homogeneidad espacial y el rango de variación permiten afirmar que el pH no constituye un factor crítico, al menos en forma directa, para el desarrollo normal de las poblaciones de peces en el embalse.

Las tilapias evolucionaron de un ancestro marino que logró colonizar los ecosistemas limnéticos y un gran número de especies presentan un marcado carácter eurihalino. En consecuencia, la dureza no constituye un factor limitante directo para el desarrollo de sus poblaciones en el embalse.

Debido a su condición de eurioxibiontes, las tilapias sobreviven en sistemas donde otras especies estenoxibiónicas desaparecen. Sin embargo, la presencia de períodos prolongados de anoxia total o hipoxia crítica, superiores a seis horas, conducen a su muerte. La condición de eurixibionte de las tilapias es el resultado de una demanda de oxígeno y no de la presencia de mecanismos extrabranquiales de respiración (Balarin, 1979). Sin embargo, Chervinski (1982) afirma que las tilapias pueden tomar oxígeno atmosférico y que la tolerancia a bajos niveles de oxígeno está facilitada por la capacidad de los fluidos respiratorios para transportar el oxígeno a bajas presiones ambientales. Este hecho se sustenta probablemente en una elevada afinidad entre el oxígeno y los pigmentos respiratorios.

El límite letal más bajo de oxígeno para *S. niloticus* es 0.1 mg/l. Magid y Babiker, 1975, citados por Chervinski, 1982, afirman que el crecimiento de las tilapias y las carpas se reduce cuando la saturación de oxígeno es inferior al 25% y que la muerte se presenta como consecuencia a la exposición a niveles de saturación del 20% o inferiores durante un período de dos o tres días.

De acuerdo con la información disponible (Balarin, 1979), los niveles de oxígeno no son un factor limitante para la reproducción y el crecimiento de las tilapias y las carpas en el embalse (Echavarría, 1972). A pesar de que no se dispone de información sobre los requerimientos ecofisiológicos de *M. salmoides* (bass), las altas concentraciones y los porcentajes de saturación del oxígeno indican que esta variable no constituye un obstáculo para el desarrollo óptimo de sus poblaciones (tabla 1).

A pesar de que se posee muy poca información sobre los niveles letales de dióxido de carbono para las

tilapias y carpas, se reconoce que esta variable afecta la productividad de los estanques piscícolas. De acuerdo con Balarin (1979) el CO<sub>2</sub> actúa como un depresivo de la respiración, pero en presencia de altas concentraciones de oxígeno y un valor elevado de pH es imposible establecer límites letales. Los bajos valores de CO<sub>2</sub> en el embalse permiten suponer que esta variable no actúa negativamente y en forma directa sobre las principales especies ícticas en el embalse.

En síntesis, la ubicación altitudinal del embalse El Peñol y las temperaturas del agua constituyen probablemente factores limitantes para *T. rendalli* y *S. niloticus* y en menor grado para *C. carpio* cuya temperatura óptima oscila entre 18 y 24 °C. Las tilapias requieren para su desarrollo óptimo temperaturas entre 21 y 25 °C. A pesar de estas condiciones desfavorables, en el embalse se presenta un fotoperíodo constante y relativamente prolongado que favorece la reproducción continua y una maduración temprana. Esto ha permitido el mantenimiento de las poblaciones de tilapias en el embalse.

## REFERENCIAS

- APHA.** 1994. Standar Methods for Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association, Washington, DC.
- Aguirre, R. y J. Néstor.** 1994. Limnología y Biodinámica del Embalse El Peñol - Guatapé, Colombia. Universidad de Antioquia, tesis de grado.
- Arrignon, J.** 1984. *Ecología y Piscicultura de aguas dulces*. 2ª ed.
- Balarin, J.** 1979. Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa. Unit of Acoustic Pathobiology, University of Stirling Scotland.
- Beltrán, I. C. y C. N. Beltrán.** 1978. Selectividad de transmallos como alternativa de manejo en reservorios de piscicultura extensiva (embalses) en la extracción de las especies: sabaleta *Brycon henni*, carpa *Cyprinus carpio* y tilapia *Tilapia mossambica*. Medellín, Inderena, Regional Antioquia.
- Björk, S. & C. Gelln.** 1980. Limnological function and management of the El Peñol reservoir, Colombia. Institute of Limnology, University of Lund, Sweden.
- Chervinski, J.** 1982. Environmental Physiology of Tilapias, pp. 119 - 128. En: Pullin, R. S. V. y R. H. Lowe - McConnell, eds. *The biology and culture of tilapias*. ICLARM Conference

Proceedings 7, 432 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.

- Cornare - 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.
- Echavarría, J.** 1972. *Manual de piscicultura tropical para trabajadores agrícolas*. INDERENA. Medellín.
- FAO.** 1986. La carpa común. Parte 1. Producción masiva de huevos y prealevines. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Fryer, G. & T. D. Iles.** 1972. The cichlid fishes of the great lakes of Africa: their biology and evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh. 641 p.
- Huet, M.** 1983. *Tratado de piscicultura*. Ediciones Mundi Prensa, 3ª ed. Madrid, 747 p.
- Márquez, G. y G. Guillot.** 1988. Proyecto estudios ecológicos de embalses colombianos. Etapa prospectiva. Informe final, FEN - Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Mateus, C. E. A.** 1986. Tilapia do Nilo (*Sarotherodon niloticus*) - um peixe de características desejáveis para ser utilizado em ambientes orgânicamente poluídos. *Revista DAE*. Vol. 46 - Nº 145.
- Quevedo, E., M. Torres y C. Rodríguez.** 1984. La Mojarra Plateada: Cultivo en estanque. Estación piscícola Alto Magdalena. 49 p.
- Ramírez, J. J. y T. Machado.** 1982. Influencia de la precipitación y los ortofosfatos en el fitoplancton de la represa La Fe. *Actual. Biol.* 11 (39): 3 - 21.

- Ramírez, J. J.** 1986. Fitoplancton de red en el embalse El Peñol, Colombia. *Actual. Biol.* 15 (56): 2 - 13.
- Ramos, H. A.** 1984. *Piscicultura rural: Tilapias - Carpa - Bocachico*. Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- Rana, K. J.** 1990. Influence of the incubation temperature on *Oreochromis niloticus* (L). Eggs and fry II. Survival, growth and feeding of fry developing solely on their yolk reserves. *Aquaculture* 87: 183 - 185.
- Rodríguez, G. H., G. Polo y G. Salazar.** 1993. *Fundamentos de acuicultura continental*. INTA. Santafé de Bogotá.
- Roldán, G., M. Correa, T. Machado, J. J. Ramírez, L. F. Velásquez y F. Zuluaga.** 1984. Estudio limnológico de la represa El Peñol. *Actual. Biol.* 13 (50): 94 - 105.
- Roldán, G.** 1992. *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia. 1ª ed. Medellín, Colombia.
- Uribe, A. y G. Roldán.** 1975. Estudio comparativo de algunas características fisicoquímicas y biológicas del embalse El Peñol. *Actual. Biol.* 4(11): 2 - 12.
- Valderrama, B. M.** 1986. Análisis de la situación actual y perspectivas de desarrollo pesquero en embalses de Colombia. En: Vila, I. y E. Fagetti, eds. *Taller internacional sobre ecología y manejo de peces en lagos y embalses*. Santiago, Chile. 5 - 10 de noviembre de 1984. COPESCAL, Doc. Tec. 4. pp 207 - 223.
- Valderrama, B. M.** 1984. Análisis de la situación actual y perspectivas de desarrollo pesquero en embalses de Colombia. En: *Revista Divulg. Pesq.* vol. XXII, Nº 3, 4 y 5. Bogotá.