

ESTUDIO BIOECOLOGICO DE LA ICTIOFAUNA DEL LAGO DE TOTA (Boyacá-Colombia), CON ENFASIS EN LA TRUCHA ARCO IRIS, *Oncorhynchus mykiss*

por

Gilberto Mora, Luz Stella Téllez,
Plutarco Cala & Gabriel Guillot*

Resumen

Mora, G., L.S. Téllez, P. Cala & G. Guillot: Estudio bioecológico de la ictiofauna del Lago de Tota (Boyacá, Colombia), con énfasis en la trucha "arco iris", *Oncorhynchus mykiss*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (70): 409-422, 1992. ISSN 0370-3908.

Se analiza el efecto de la introducción de la trucha *Oncorhynchus mykiss* sobre las poblaciones nativas del Lago de Tota de acuerdo con las condiciones tróficas actuales del ecosistema. Se presentan datos relativos a la adaptación de la trucha en el ambiente lacustre altoandino (ocupación de nichos vacíos causados por la invasión de la vegetación sumergida (*Egeria densa*) y por la eutroficación antrópica). Las especies ícticas del lago, (*O. mykiss*, *Eremophilus mutisii* y *Grundulus bogotensis*) cohabitan; *Rhizosomichthys totae* posiblemente está extinguido. Quedan por establecer la capacidad productora de alimento y la capacidad de carga del lago en relación con su estado trófico.

Palabras clave: Ecología, Ictiofauna, Lagos altoandinos, Colombia.

Abstract

This paper discusses the bioecology of the fish community of the lake Tota, Colombia, and the effect of the introduction of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, upon other fish populations in the lake. All three introduced fish species in the lake (*O. mykiss*, *Eremophilus mutisii*, *Grundulus bogotensis*) coexist apparently without mutual disturbance. We could not confirm that the introduction of these fishes was responsible for the possible extinction of the only native and endemic fish (*Rhizosomichthys totae*); no specimen of this species was found during this study.

Introducción

Los ambientes acuáticos de baja productividad natural como los lagos tropicales altoandinos, presentan en general una fauna íctica pobre en especies. El lago de Tota es un ejemplo típico de tales ambientes, en el cual, el pez graso (*Rhizosomichthys totae*) ha sido, además de endémico, su único habitante.

R. totae se considera una especie posiblemente extinta por el transplante del capitán (*Eremophilus mutisii*), pero especialmente por la introducción de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (Rodríguez, 1984; INDERENA, 1969 y Hernández, 1971; en Hernández-Camacho, 1971). Tal argumento se ha reforzado con hechos similares ocurridos en lagos de Norteamérica (Miller, 1950; citado por Hernández-Camacho, op cit.), en donde el transplante de la trucha arco iris produjo la desaparición de especies nativas. Bustamante (1975; en Bonetto & Castello, 1985) sostiene que la trucha

* Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, Colombia.

arco iris, por sus hábitos carnívoros, también ha ejercido fuerte presión sobre la ictiofauna autóctona del lago Titicaca.

En el mismo sentido, MacArthur (1955; en Hutchinson, 1962) sostiene que durante la evolución de una comunidad puede suceder que especies eficientes, reemplacen a otras menos eficientes; es posible también la ocupación de nichos vacíos, creándose un nuevo eslabón que aumentaría la estabilidad del sistema. De hecho, en la historia temprana de las comunidades es posible suponer nichos vacíos que son ocupados lentamente; éste proceso se dificulta a medida que aumenta la diversidad y la especialización (Elton, op. cit) haciendo más difícil cualquier manipulación, como introducción de especies.

Los argumentos expuestos en los estudios colombianos provienen más de situaciones puntuales que de seguimientos o estudios profundos. Por tal motivo se planteó el estudio bioecológico de la ictiofauna del lago de Tota, en donde la trucha ha mostrado buen desarrollo, compartiendo el hábitat con peces nativos transplantados.

Area de estudio

El lago de Tota está localizado al centro-oriente del departamento de Boyacá en una área interandina de la Cordillera Oriental, a $5^{\circ} 28'13''$ — $5^{\circ} 39'14''$ latitud norte y $72^{\circ} 50'38''$ — $73^{\circ} 00'00''$ longitud oeste; hacia la parte superior de la zona térmica fría (3015 msnm).

Por su origen y ubicación geográfica, el lago de Tota presenta características oligotróficas (baja productividad natural) y es el reservorio natural más grande de Colombia (60 km² de espejo de agua, 61 m de profundidad máxima, 31.6 m de profundidad media), en donde se almacenan 1900 millones de metros cúbicos de agua (Hidroestudios, 1978).

Por su buena calidad, las aguas del lago son utilizadas para consumo humano por varios municipios, para refrigeración industrial, recreación, turismo y pesca deportiva de trucha. Desafortunadamente, el lago es también el receptor de abonos orgánicos y agroquímicos de los cultivos de cebolla y de las aguas residuales de la cabecera municipal de Aquitania y de la población dispersa en su cuenca.

En los sectores este y noreste del lago, la zona litoral es plana, y se utiliza para cultivos intensivos de cebolla. En estas zonas la línea de costa es menos evidente acentuándose los procesos de sucesión o terrización, hacia donde se observa mayor invasión de vegetación sumergida, *Egeria densa*.

La vegetación autóctona de la cuenca ha sido talada o reemplazada por pastos, cultivos de papa y cebolla y por plantaciones forestales de *Pinus* sp. y

Eucaliptus sp. Solamente en los costados oriental y suroriental quedan vestigios de bosques de *Polylepis* sp. y *Weinmannia* sp.

La región presenta un régimen de lluvias biestacional con un promedio de precipitación multi-anual de 894 mm, una temperatura media de 10.9°C, muy afectada por los vientos alisios del sureste, y de gran importancia en la circulación y oxidación de la columna de agua.

Metodología

Se eligieron tres épocas de muestreo teniendo como base el análisis climático de la cuenca, así: noviembre, transición entre las épocas de mayor precipitación y de sequía, febrero, período de baja precipitación y por tanto de baja escorrentía, y mayo, transición entre las épocas seca y de máxima precipitación.

Se registró igualmente el desarrollo o estadio gonadal, de los peces con base en la escala de Mota (1977) así:

Estadio I: Indiferenciado, Estadio II: Gonadas maduras, Estadio III: Maduración, Estadio IV: Madurez, Estadio V: Postdesove. Para la caracterización de los hábitos alimenticios se seleccionaron al azar cerca de 15 ejemplares por rangos de longitud pre-establecidos, cada 5 cm, en cada época de muestreo. Los tractos digestivos se extrajeron y preservaron, de acuerdo con lo expuesto por Prejs & Colomine (1981). El análisis de los contenidos estomacales, se efectuó mediante el uso de estereoscopio, diferenciando el material vegetal o animal y determinando los organismos o restos de organismos de difícil digestión, en lo posible hasta nivel de familia. Los organismos ubicados en las categorías alimentarias fueron contados y pesados, utilizando una balanza analítica con aproximación a diezmilésimas.

Para el análisis de la fecundidad se tomaron hembras en estado gonadal IV, las que fueron sometidas a extrusión. El recuento de los huevos se hizo pesando tres réplicas de un número conocido de éstos y extrapolando el valor, al peso de la gónada, el cual se obtuvo tomando el peso de la hembra antes y después del desove.

Los datos registrados se agruparon en clases de longitud, cada 2 cm y en clases de peso cada 50 g; por sexos y por épocas de muestreo, para determinar su distribución frecuencial.

La determinación de la edad de los peces se basó en el método integrado propuesto por Pauly (1983). El incremento en longitud se calculó mediante la fórmula de crecimiento de Von Bertalanffy (VBGF): $L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$.

Se calcularon los parámetros de crecimiento (L_{∞} y k) a partir del cálculo de edad por el método

do integrado y el ploteo de Ford-Walford. Para el parámetro se usó la ecuación de Pauly (1979, en Pauly, 1983):

$$\text{Log } 10 (-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \text{ Log } 10 L_{\infty} - 1.038 \text{ Log } 10 K.$$

El grado de asociación entre las variables longitud-peso, longitud-número de huevos, y peso-número de huevos, se determinó mediante análisis de regresión y correlación.

El análisis de la dieta natural de la trucha se basó en los métodos revisados y discutidos por Hynes (1950, en Rickar, 1971) y por Hyslop (1980).

Composición de la fauna íctica

La comunidad íctica del lago de Tota está constituida por una especie endémica, y posiblemente extinta, *Rhizomichthys totae*, por dos especies transplantadas, *Eremophilus mutisii* y *Grun-dulus bogotensis* y por una especie introducida, *Oncorhynchus mykiss*; esta última es la más importante económicamente. No se incluye *Trichomycterus bogotensis* por no ser habitante directo del lago sino de sus afluentes. Las especies más representadas por el número de capturas fueron *O. mykiss* y *G. bogotensis*; de *E. mutisii*, cuya población puede ser grande, dados el método captura y sus hábitos bentónicos, tan solo se capturaron 4 especies. De *R. totae* no se han logrado capturas con posterioridad a su descripción.

Aspectos bioecológicos de *Oncorhynchus mykiss*

O. mykiss es un salmónido originario de la vertiente pacífica de Norteamérica. Desde su introducción el lago de Tota en 1939 (Pérez-Preciado, 1976), la población se ha mantenido mediante un programa de repoblamiento con juveniles, obtenidos por fertilización manual de adultos que remontan la quebrada Los Pozos. No se ha determinado si la trucha logra desovar en el sistema del lago, aunque si se ha observado un comportamiento reproductivo típico en hembras y machos sexualmente maduros.

Descripción de la población

El arte de pesca empleado (redes con ojo de malla de 7 cm), no permitió capturar juveniles menores de 11 cm, como tampoco adultos mayores de 50 cm, frecuentes aguas arriba de las bocas de los caños.

En términos generales, la estructura de la población de *O. mykiss*, no presentó variaciones significativas en el tiempo (Tabla 1), ya que el lago de Tota es un ambiente que no está sometido a fluctuaciones marcadas durante un ciclo hidrológico.

No se presentó un dominio significativo de uno de los sexos durante los tres períodos de muestreo

(Figura 1), con una relación hembra-macho de 1:1.4.

La longitud mínima a la cual se diferenciaron hembras y machos fue 16.3 cm y 13 cm, respectivamente. Tales longitudes son similares a las reportadas por Ríos (1973) en la laguna de La Cocha, pero superiores a las reportadas por Díaz et al. (1984) para el embalse del Neusa.

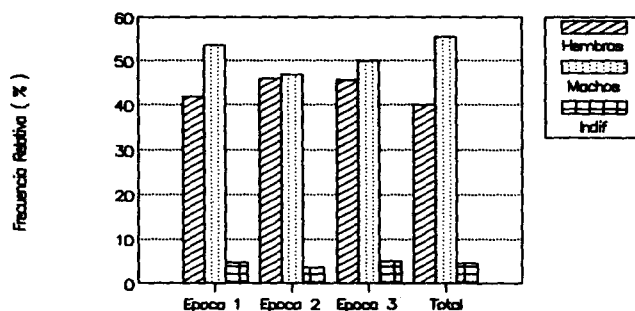


Figura 1. Distribución de sexos de la población de *Oncorhynchus mykiss*, en el lago de Tota. Nov/89-May/90.

En cuanto a la distribución de la población muestreada según longitud y peso, se observó concentración de ejemplares entre 18 y 30 cm (L E) y entre 150 y 250 gramos (peso eviscerado), sin presentar diferencias entre machos y hembras. Este comportamiento está fuertemente determinado por la selectividad del arte de pesca; por tanto, no se obtuvo una representación real de la población.

Relación longitud-peso

A partir de la relación longitud-peso es posible determinar la velocidad de incremento en peso de la población y se puede utilizar como una manera de ver el ritmo de crecimiento de los ejemplares. La ecuación de la curva de crecimiento, permite conocer el peso de un animal cuando sólo se conoce su longitud y viceversa.

Mediante análisis de regresión se obtuvo la ecuación de la curva de crecimiento para la población de trucha muestreada (Fig. 2), en donde el valor de *r* indica alto grado de asociación entre las variables. En general, el coeficiente de regresión *b* en peces oscila entre 2.5 y 4.0, cuando el crecimiento es isométrico. El valor encontrado de 2.889 muestra que la población de trucha en el lago de Tota mantiene un desarrollo normal, con un crecimiento en longitud ligeramente mayor; este valor es similar al reportado para la trucha en la laguna de la Cocha (Ríos, 1978). Zambrano-León (1991), obtuvo un valor para *b* de 2.98 para cultivos de trucha en jaulas, con dieta complementada con concentrado, en el mismo lago.

Los análisis de regresión calculados según el sexo y para cada época de muestreo, no indican diferencias significativas en la relación longitud-peso de machos y hembras. Así, la ecuación de regresión para la población total fue $P = 0.01962L^{2.889}$ (Fig. 2).

Tabla 1.

Distribución general de la población de *Oncorhynchus mykiss* en el Lago de Tota, según la longitud estándar (L E) y la proporción de sexos. Primer muestreo (noviembre de 1989). f% = frecuencia relativa, fAc = frecuencia relativa.

L E cm	HEMBRAS		PRIMERA EPOCA				TOTAL	
	No.	f%	MACHOS No.	f%	INDIF. No.	f%	No.	f%
14.1–16			1	0.7			1	
16.1–18	9	8.5			3	25	12	
18.1–20	3	2.8	2	1.5	2	16.7	7	
20.1–22	16	15.1	3	2.2	4	33.3	23	
22.1–24	15	14.2	3	2.2	2	16.7	20	
24.1–26	17	16.0	11	8.1			28	
26.1–28	23	21.7	22	16.2			45	
28.1–30	11	10.4	28	20.6			39	
30.1–32	4	3.8	25	18.4	1	8.3	30	
32.1–34	6	5.7	16	11.8			22	
34.1–36	2	1.9	11	8.1			13	
36.1–38			3	2.2			3	
38.1–40			4	2.9			4	
40.1–42			3	2.2			3	
42.1–44			1	0.7			1	
44.1–46			2	1.5			2	
46.1–48			1	0.7			1	
TOTAL	106	100	136	100	12	100	254	

Segundo muestreo (febrero de 1990)

L E cm	HEMBRAS		SEGUNDA EPOCA				TOTAL	
	No.	f%	MACHOS No.	f%	INDIF. No.	f%	No.	f%
12.1–14					1	12.5	1	0.9
14.1–16			3	5.9	2	25.0	5	4.6
16.1–18	4	8.0	5	9.8	1	12.5	10	9.2
18.1–20	5	10.0	8	15.7			13	11.3
20.1–22	3	6.0			1	12.5	4	4.0
22.1–24	8	16.0	3	5.9			11	10.1
24.1–26	11	22.0	13	25.5	2	25.0	26	24.0
26.1–28	10	20.0	14	27.5	1	12.5	25	23.0
28.1–30	3	6.0	3	5.9			6	5.5
30.1–32	1	2.0					1	0.9
32.1–34	1	2.0					1	0.9
34.1–36								
36.1–38	2	4.0	2	3.9			4	3.8
38.1–40								
40.1–42								
42.1–44								
44.1–46								
46.1–48	2	4.0					2	1.8
TOTAL	50	100.0	51	100.0	8	100.0	109	100.0

Tercer muestreo (mayo de 1990)

L E cm	HEMBRAS		MACHOS		INDIF.		TOTAL	
	No.	f%	No.	f%	No.	f%	No.	f%
14.1-16					2	50.0	2	1.8
16.1-18	2	4.2			1	25.0	3	2.7
18.1-20	2	4.2	6	10.2	1	25.0	9	8.1
20.1-22	6	12.5	12	20.3			18	16.2
22.1-24	12	25.0	17	28.8			29	26.1
24.1-26	11	22.9	9	15.3			20	18.0
26.1-28	8	16.7	9	15.3			17	15.3
28.1-30	6	12.5	2	3.4			8	7.2
30.1-32	1	2.1					1	0.9
32.1-34			3	5.1			3	2.7
34.1-36			1	1.7			1	0.9
36.1-38								
38.1-40								
40.1-42								
42.1-44								
44.1-46								
46.1-48								
TOTAL	48	100.0	59	100.0	4	100	111	100.0

Población total (noviembre de 1989 mayo de 1990)

POBLACION TOTAL									
L E cm	HEMBRAS		MACHOS		INDIF.		TOTAL		fAc
	No.	f%	No.	f%	No.	f%	No.	f%	
12.1-14			1	0.4	1	4.2	2	0.4	0.4
14.1-16			3	1.2	4	16.7	7	1.5	1.9
16.1-18	15	7.4	9	3.7	5	20.8	29	6.0	7.9
18.1-20	10	4.9	17	6.9	3	12.5	30	6.4	14.3
20.1-22	23	11.3	19	7.7	4	16.7	46	9.7	24.0
22.1-24	33	16.2	33	13.4	3	12.5	69	14.6	38.6
24.1-26	39	19.1	53	21.5	2	8.3	94	20.0	58.6
26.1-28	40	19.6	55	22.4	1	4.2	96	20.3	78.9
28.1-30	22	10.8	22	8.9			44	9.3	88.2
30.1-32	9	4.4	11	4.5	1	4.2	21	4.4	92.6
32.1-34	7	3.4	8	3.3			15	3.2	95.8
34.1-36	2	1.0	6	2.4			8	1.6	97.4
36.1-38	2	1.0	3	1.2			5	1.0	98.4
38.1-40			2	0.8			2	0.4	98.8
40.1-42			2	0.8			2	0.4	99.2
42.1-44			2	0.8			2	0.4	99.6
44.1-46									
46.1-48	2	1.0					2	0.4	100.0
TOTAL	204	100.0	246	100.0	24	100	474	100.0	100.0

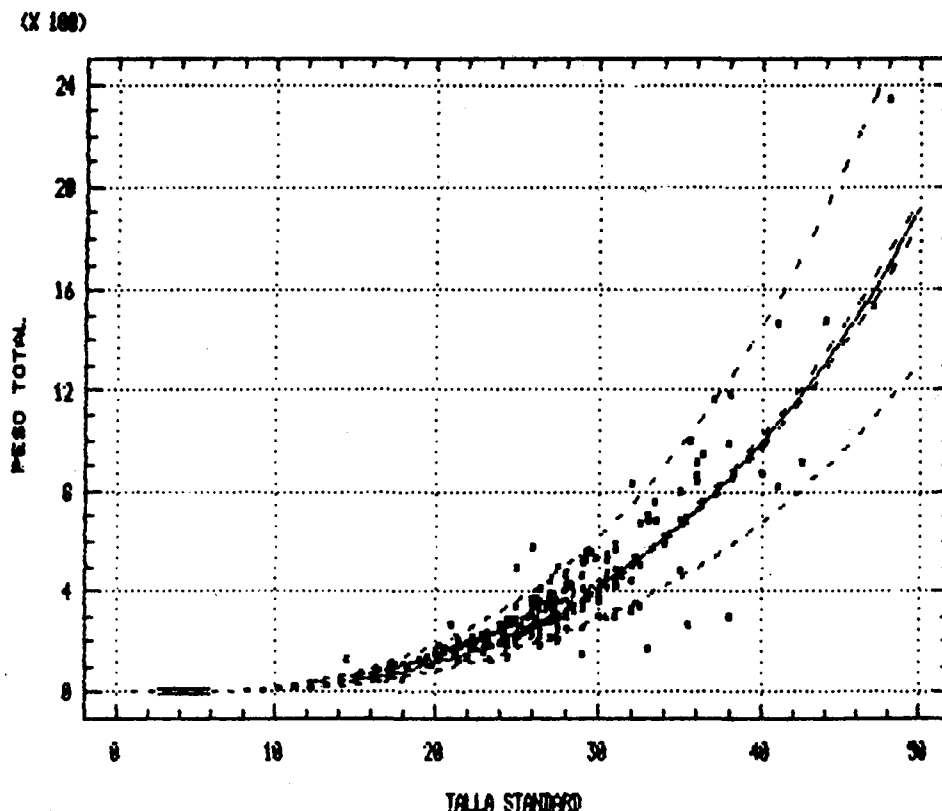


Figura 2. Relación longitud estándar-peso total para *Oncorhynchus mykiss*, en el lago de Tota. Nov/89–Mayo/90.
 $P = 0.019622 * L^{2.009}$, $r = 0.996$.

Determinación de la edad

Con base en la relación longitud-peso, que no mostró diferencias en el ritmo de crecimiento entre machos y hembras, se tomó toda la población muestreada para el cálculo de la edad. A partir de ésta información, se obtuvo la distribución por edades, en la cual el 24.4% de la población correspondió a ejemplares menores de un año, el 71.8% entre 1 y 2 años, el 3.4% entre 2 y 3 años, el 0.4% entre 3 y 4 años y en igual proporción los ejemplares entre 4 y 5 años (Fig. 3).

Teniendo en cuenta que la trucha arco iris en el lago de Tota se encuentra bajo explotación pesquera y que se está ejerciendo mayor presión sobre los ejemplares entre 18 y 30 cm, se puede inferir que la población está constituida en su mayoría por jóvenes menores de 18 cm.

Para determinar el incremento en longitud en un tiempo determinado, se calcularon los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy (VBGF) con base en la Fig. 3, obteniéndose la Fig. 4.

Por tanto: $LT = 52.192188 (1 - e^{-0.520923(t - 0.675923)})$. La longitud máxima calculada L_{∞} , corresponde sólo a la población muestreada, pues en realidad *O. mykiss* en el lago de Tota alcanza longitudes cercanas a 80 cm. El coeficiente de crecimiento $K = 0.5209$ encontrado en el presente estudio, y comparado con el valor registrado por Pauly (1978) para *O. nerica* en lagos de Canadá ($L_{\infty} = 69$ cm y $K = 0.58$) indica que el desarrollo de la trucha en Tota es bueno, mostrando así una buena adaptación a este ambiente.

La determinación de la edad de la trucha arco iris en forma teórica, permitió establecer que su ritmo de crecimiento está cerca de 1.49 cm/mes, entre el primero y el segundo año de vida. Este valor comparado con 1.62 cm/mes para medios de cultivo (Zambrano-León, 1991; Blanco-C, 1984), confirma el buen crecimiento de la especie en el lago de Tota.

Desde el punto de vista pesquero, al repoblar con juveniles de 5 cm, al cabo de tres años se tendrá una población con una longitud estándar de alrededor de 35 cm. En consecuencia, la población de trucha debe explotarse al cumplir el tercer año, ya que a partir de dicha edad descende su ritmo de crecimiento y por tanto la conversión de alimento.

Factor de condición (K)

El factor de condición (K) en un pez no es una constante, sino un valor que cambia a través del tiempo. Para la población de trucha total estudiada en el lago de Tota, se determinó un valor medio de $K = 1.59$, con un valor máximo de 2.28 y un mínimo de 0.58. El índice de robustez calculado por sexo presentó ligeras variaciones, sin reflejar una tendencia clara que indique mejor condición para uno de los sexos, o en una época del año. K, para los juveniles mayores de 12 cm no diferenciados sexualmente fue 1.52 en tanto que para los menores de 8 cm fue de 1.73.

El valor K para los salmónidos en su medio original, lagos oligotróficos, es 1 (Brown, 1967). Los resultados obtenidos sugieren que la trucha en el lago de Tota presenta sobrealimentación; esto

se manifiesta en la acumulación de grasa, en especial en la población adulta. Como puede observarse, el mayor valor K lo presentó la población más joven, contrario a lo expuesto por Rodríguez (1962), quien afirma que tal comportamiento debe corresponder a los adultos, que tienden a acumular grasa.

Desarrollo gonadal

El mayor número de individuos de la población se encontró en el estadio III (maduración), en tanto que en el estadio II (en madurez) se registró el menor número de ejemplares. La mayoría de machos se encontraron en el estadio IV (madurez) (Tabla 2). En general, no se observó una época de reproducción marcada, ya que se registraron peces en todos los estadios de desarrollo gonadal a lo largo del tiempo; sin embargo, fueron pocas las hembras en estadio de madurez, hecho atribuible al método de captura.

El predominio de individuos en estadio III está determinado por la selectividad del arte de pesca y por los lugares de muestreo. El bajo número de ejemplares en madurez es atribuible al compor-

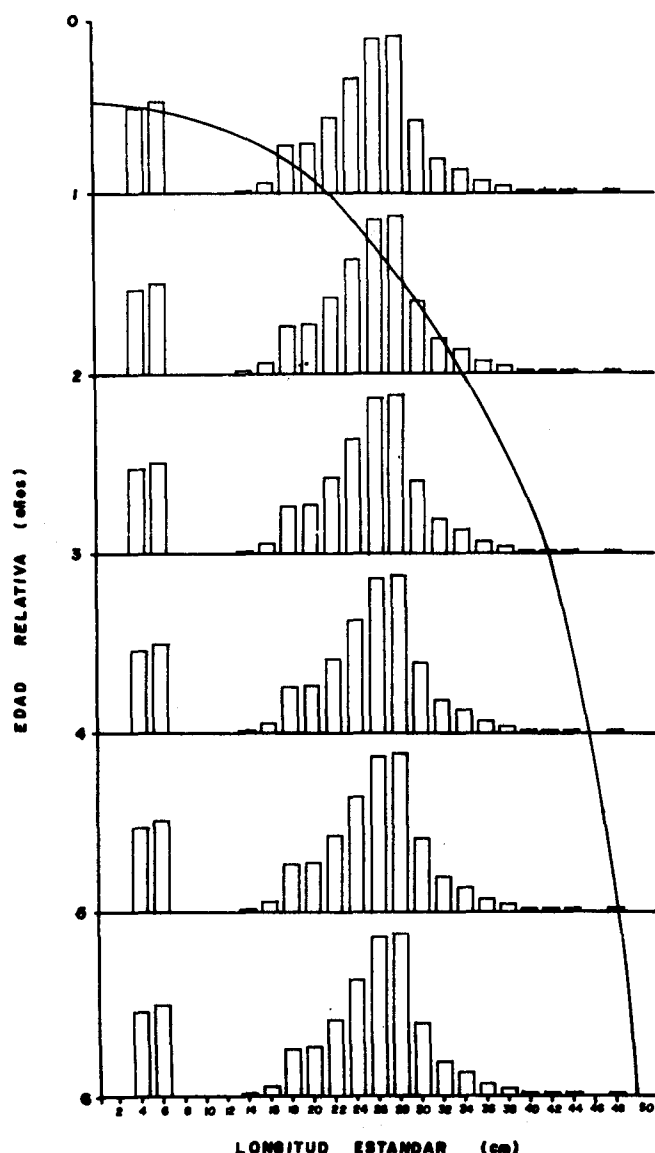


Figura 3. Cálculo de edades para la población de *O. mykiss* en el lago de Tota, según el método integrado de Pouly.

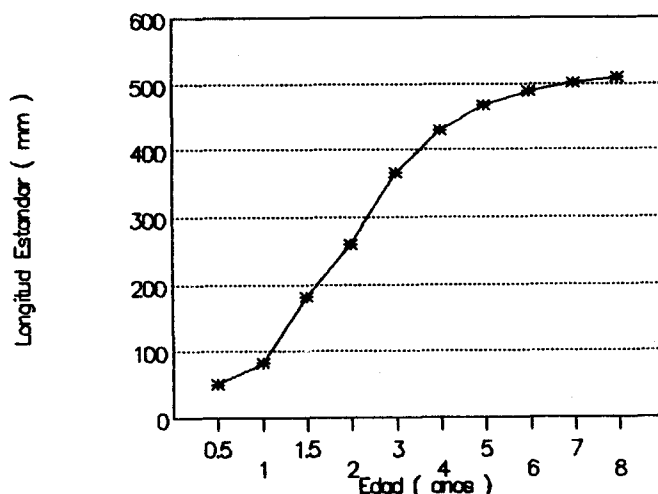


Figura 4. Incremento en longitud de *O. mykiss* en el lago de Tota, con respecto a la edad, según el método integrado y la ecuación de Von Bertalanffy. $L_{\infty} = 52.192188$, $K = 0.520923$, $t_0 = 0.675923$.

Tabla 2
Distribución de la población de *Oncorhynchus mykiss* en el lago de Tota, según el desarrollo gonadal. EG = Estado gonadal, FA = Frecuencia absoluta, FR = Frecuencia relativa (noviembre de 1990).

		Hembras		Machos		Indif.
		EG	FA. FR.	FA. FR.	FR.	FA.
Epoca 1	I					12
	II	26	24.5	16	11.6	
	III	80	75.5	81	58.7	
	IV			36	26.1	
	V			5	3.6	
TOTAL		106	100	138	100	12
Epoca 2	I					8
	II	8	16.0	5	9.8	
	III	36	72.0	27	52.9	
	IV	3	6.0	19	37.3	
	V	3				
TOTAL		50	100	51	100	8
Epoca 3	I					4
	II	8	16.7	9	15.3	
	III	40	83.3	39	66.1	
	IV			11	18.6	
	V					
TOTAL		48	100	59	100	4
Población TOTAL	I					24
	II	42	20.7	30	12.2	
	III	156	76.8	147	59.8	
	IV	3	1.5	66	26.8	
	V	2	1.0	3	1.2	
TOTAL		203	100	246	100	24

tamiento reproductivo de la especie (migración reproductiva) y se corrobora con la presencia continua de estos en la quebrada los Pozos, con mayor abundancia en septiembre-octubre. Un comportamiento similar fue reportado por Ríos (1973) y por Díaz et al. (1984).

Fecundidad

La fecundidad se expresa como el número promedio de huevos por desove que produce una especie, siendo una medida de su capacidad reproductora. En el presente estudio se encontró que la fecundidad de la trucha en el lago de Tota está directamente relacionada con la longitud y el peso; pero se presenta una disminución proporcional al lograr cierto tamaño (Fig. 5). El comportamiento de la fecundidad con respecto al peso se mantuvo constante hasta ejemplares de 2900 g, a partir del cual la relación fue irregular (Tabla 3).

Con base en el análisis de regresión entre las variables longitud-número de huevos y peso-número de huevos, se establece que una hembra de 1000 g produce alrededor de 2300 huevos (Fig. 5).

Con respecto a la longitud, la ecuación de fecundidad fue:

$$\text{No. de huevos} = 1.150705232 * L^{2.046018863}$$

$$r = 0.818$$

Ya que una hembra de trucha arco iris puede producir un promedio de 1500 a 2000 huevos por kilogramo de peso (Huet, 1983; Arrignon, 1984), dicho resultado mostraría que las condiciones ambientales promedio que mantiene el lago de Tota (OD 7.6, t °C 15, pH 7.1, NH₄ 0.85, NO₃ 0.3, conductividad 71.8) y alimento abundante, son adecuadas para el desarrollo de la especie, garantizando buena reproducción (Brown, 1967; Blanco-Cachafeiro, 1984). Los niveles de amonio fuera del rango establecido como normal, no afectan el desa-

rollo de la trucha, dadas las condiciones de pH que mantiene el sistema.

Tabla 3.
Fecundidad promedio de *O. mykiss*, según rangos de longitud y peso promedios, en el lago de Tota (noviembre-mayo de 1990).

LE cm	Peso g	Hembras No.	f%	Huevos
0.0–18	75	1	0.4	502
18.1–20	95	1	0.4	473
20.1–22	106	4	1.7	596
22.1–24	152	11	4.7	730
24.1–26	196	20	8.5	885
26.1–28	242	28	11.9	1013
28.1–30	318	17	7.2	1421
30.1–32	385	15	6.4	1515
32.1–34	481	13	5.5	1733
34.1–36	572	16	6.8	2046
36.1–38	714	14	5.9	2101
38.1–40	830	14	5.9	2036
40.1–42	1050	9	3.8	1902
42.1–44	1181	12	5.1	2451
44.1–46	1442	9	3.8	3116
46.1–48	1780	11	4.7	3077
48.1–50	1993	10	4.2	4106
50.1–52	2060	12	5.1	4298
52.1–54	2404	6	2.5	4556
54.1–56	2630	5	2.1	4300
56.1–58	2541	3	1.3	4797
58.1–60	3300	3	1.3	6000
60.1–62				
62.1–64	5075	2	0.8	6268

(X 1000)

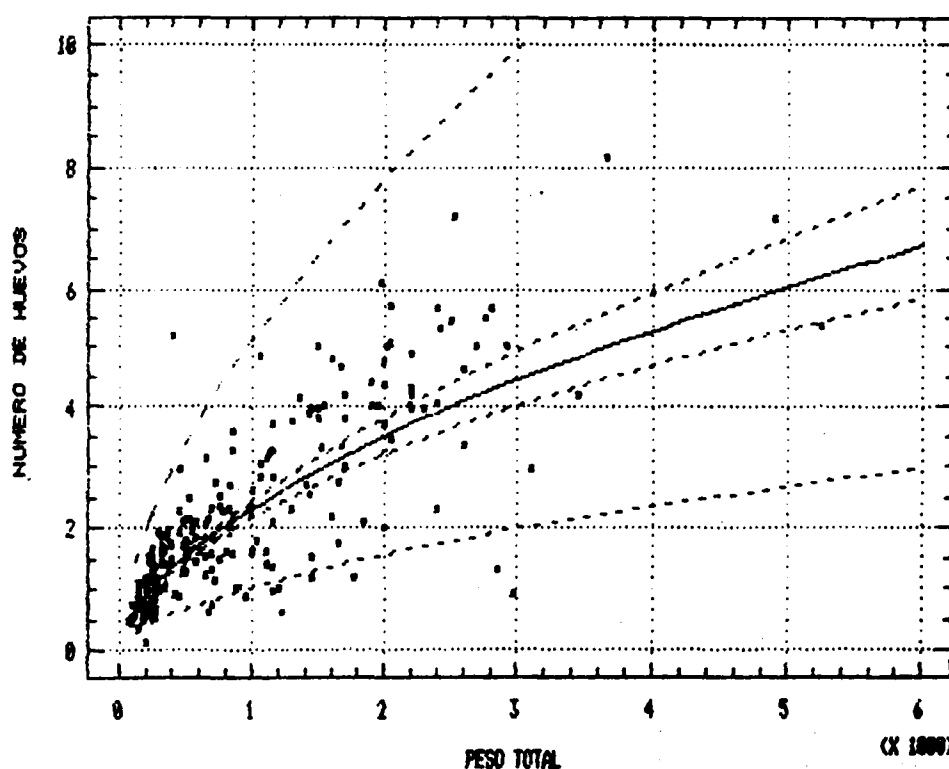


Figura 5. Relación peso total – número de huevos para *O. mykiss* en el lago de Tota. Nov/89–May/90. $F = 57.97264$, $P = 0.0596203$, $r = 0.815$.

Composición de la dieta de la Trucha

A partir del examen de 188 tractos digestivos, se determinó que *O. mykiss* mantiene una dieta variada (62 formas diferentes de organismos) y netamente proteínica (Tabla 4). De acuerdo con la importancia presentada por el aporte a la dieta, los contenidos estomacales (organismos) se agruparon en 19 categorías alimentarias (números 1—19 en la Tabla 4).

Tabla 4.
Ubicación taxonómica de los organismos que aportan a la dieta de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), en el lago de Tota. Nov.—Mayo de 1990

-
- Turbellaria
 - Tricladida
 - 1. Planariidae
 - Dugesia* sp.
 - 3. Crustacea (restos)
 - Cladocera
 - Daphnidae
 - 2. *Daphnia* sp.
 - Simocephalus* sp.
 - Ostracoda (morfoespecie 1)
 - Copepoda
 - Boeckellidae
 - 4. *Boeckella gracilis*
 - 5. Cyclopidae
 - Amphipoda
 - Talytridae
 - 6. *Hyaella* sp.
 - Decapoda
 - Neostrengeria boyacensis*
 - 7. Mollusca (restos)
 - Bivalvia
 - Pelecypoda
 - Sphaeridae
 - Pisidium* sp.
 - Gastropoda
 - Basommatophora
 - Physidae
 - 8. *Physa* sp.
 - Lymnaeidae
 - Lymnaea* sp.
 - Lancydae (morfoespecie 1)
 - Planorbidae
 - 9. *Tropicorbis* sp.
 - 17. Insecta (varios)
 - Ephemeroptera
 - Ephemeridae (morfoespecie 1)
 - 10. Odonata
 - Aeshnidae
 - Aeshna* sp.
 - Coenagrionidae
 - Ishnura* sp.
 - Acanthagrium* sp.
 - Thysanoptera
 - Thripidae (morfoespecie 1)
 - Hemiptera
 - Notonectidae (morfoespecie 1)
 - Lygaeidae (morfoespecie 1)

- Hebrydae (morfoespecie 1)
 - Miridae (morfoespecie 1)
 - Corixidae (morfoespecie 1)
 - Homoptera
 - Afididae (morfoespecie 1)
 - Cercopidae (morfoespecie 1)
 - 12. Coleoptera (varios)
 - Scarabidae (morfoespecie 1)
 - (morfoespecie 2)
 - (morfoespecie 3)
 - Chrysomelidae (morfoespecie 1)
 - (morfoespecie 2)
 - Curculionidae (morfoespecie 1)
 - Anobiidae (morfoespecie 1)
 - Chantharidae (morfoespecie 1)
 - 11. Staphylinidae (morfoespecie 1)
 - (morfoespecie 2)
 - (morfoespecie 3)
 - (morfoespecie 4)
 - Familia 7 (morfoespecie 1)
 - Neuroptera
 - Corydalidae
 - c f. Neohermes
 - Trichoptera
 - Leptoceridae (morfoespecie 1)
 - Familia 2 (morfoespecie 1)
 - Familia 3 (morfoespecie 1)
 - Familia 4 (morfoespecie 1)
 - 16. Diptera
 - Asilidae (morfoespecie 1)
 - (morfoespecie 2)
 - Cecidomidae (morfoespecie 1)
 - 13. Chironomidae
 - Pentaneura* sp.
 - Chironomus* sp.
 - 14. Pupa sp. 1
 - 15. Pupa sp. 2
 - Dixidae (morfoespecie 1)
 - Drosophilidae (morfoespecie 1)
 - Empididae (morfoespecie 1)
 - Sciaridae (morfoespecie 1)
 - (morfoespecie 2)
 - Simulidae (morfoespecie 1)
 - Tipulidae (morfoespecie 1)
 - Familia 10 (morfoespecie 1)
- Hymenoptera
 - Braconydae (morfoespecie 1)
 - (morfoespecie 2)
 - Pteromatidae (morfoespecie 1)
 - Ichneumonidae (morfoespecie 1)
- Pisces
 - Characiformes
 - Characidae
 - 18. *Grundulus bogotensis*
19. Otros restos
-

El análisis de la importancia de las categorías alimentarias según los métodos gravimétrico, numérico y frecuencia de ocurrencia, tiene significados diferentes. Cada uno da relevancia a cierto tipo de alimento de acuerdo con los atributos que designe el tipo de medición (Hyslop, 1980). Por lo tanto los resultados obtenidos según frecuencia de

ocurrencia para el total de la población, muestran que el espectro alimentario está dominado por Pupas de Diptera, Daphnidae, *Hyaella* y larvas de Chironomidae (Fig. 6a.).

No hubo diferencias cualitativas en la composición de la dieta entre los períodos de muestreo, aunque se observó variación en la frecuencia de las categorías dominantes. Se destaca el cambio significativo en la frecuencia de Daphnidae (65%) para el último período y la disminución de Pupas y Larvas de Diptera y *Hyaella* sp. Esta variación puede deberse a la disponibilidad de las categorías y tal disponibilidad puede corresponder con el pico de su reproducción, aunque queda sujeto a determinación. Tal variación, igualmente está sujeta a la mayor o menor captura de ejemplares de ciertas longitudes que tienen preferencia por determinado tipo de alimento, lo cual se puede apreciar en el análisis trófico por rangos de longitud.

La valoración de las categorías alimentarias por el método numérico, indicó la importancia de la selección y captura de organismos de Daphnidae que presentaron el 56.7% del total de organismos de la dieta, seguido por *Boeckella gracilis* con 21.8% y *Hyaella* sp. con el 16%. Se destacó el dominio de Daphnidae en el último período, durante el cual alcanzó el 85% del total (Fig. 6b).

Los análisis del contenido estomacal por gravimetría determinan el aporte de biomasa a la dieta, aunque sin considerar su aporte energético. Muchas categorías u organismos pueden presentar peso alto, pero buena parte de éste corresponde a estructuras poco o no digeribles, como caparazón de cladóceros y gastrópodos y cabezas de larvas de insectos. Aún así, el análisis gravimétrico es un método que proporciona una idea razonable de la biomasa y de las presas favoritas.

La categoría dominante según el método gravimétrico fue la Guapucha (18) que además es la presa de mayor tamaño consumida por la trucha. Esta categoría superó en 30% a las categorías que le siguieron, Daphnidae y *Hyaella*, destacables por su significativa contribución en biomasa, teniendo en cuenta su tamaño reducido. *Tropicorbis* y *Physa* (Gastropoda), fueron frecuentes y con aporte considerable en biomasa, aunque buena parte corresponde a material no digerible (Fig. 6c).

El patrón de dominancia de estas categorías para los tres períodos de muestreo fue similar al presentado para el total de la población; se destacan las Daphnias que alcanzaron valores muy cercanos a la categoría dominante (guapucha), en el último período.

Muchas de las categorías registradas estuvieron presentes con poco significado por su contribución alimentaria, pero pueden considerarse como un alimento potencial de *O. mykiss*. Sin embargo, se observó que *Boeckella* (4), Cyclopidae (5),

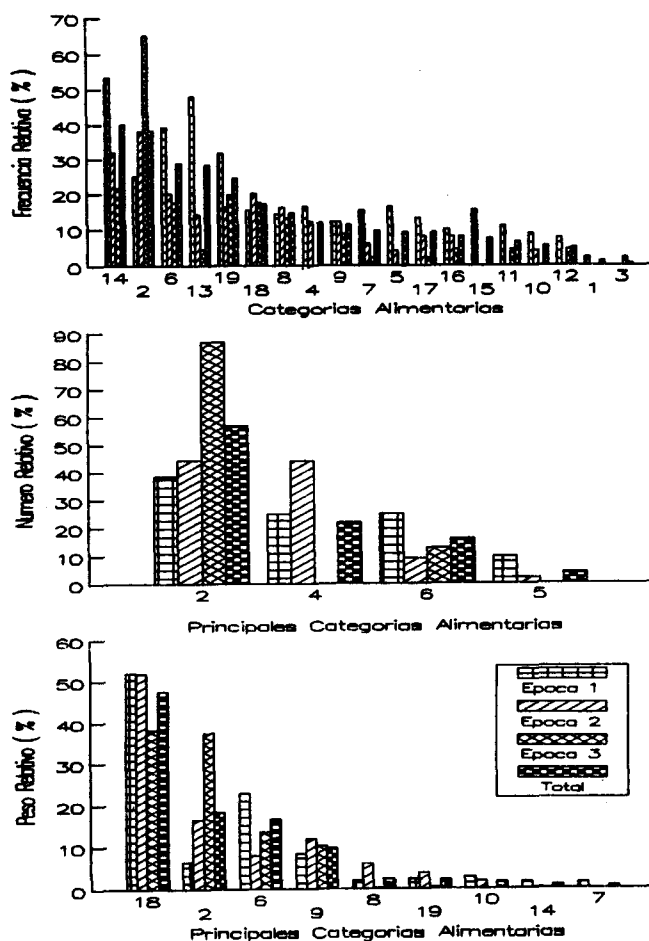


Figura 6. Principales categorías alimentarias en la dieta de *O. mykiss* en el lago de Tota. Métodos: (a) Frecuencia de ocurrencia, (b) numérico y (c) gravimétrico. Números tabla 5.

Daphnia (2), *Hyaella* (6) y Guapucha (18) fueron las categorías más importantes en la alimentación de la trucha en el lago de Tota (Fig. 7). La importancia de éstas se observa al comparar el crecimiento de la misma especie en la laguna de Chingaza (Rodríguez, 1981), en donde no se registran éstos organismos y las truchas exhiben crecimiento menor.

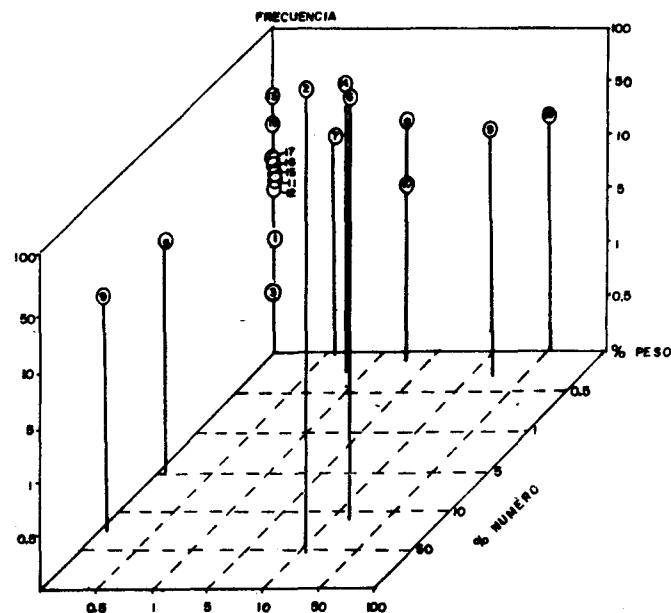


Figura 7. Relación de las categorías alimentarias en la dieta de *O. mykiss* en el lago de Tota, valorada por los métodos: Frecuencia de ocurrencia, Numérico y Gravimétrico.

Hidroestudios (1978) y Rodríguez (1984) reportan una dieta cualitativamente semejante a la registrada en el presente estudio para *O. mykiss*, pero incluyen además canibalismo de juveniles.

La caracterización de los hábitos alimenticios en las diferentes etapas del desarrollo de una especie, es muy importante para la cualificación y cuantificación de sus posibilidades de sostenimiento, en un ecosistema determinado. Por tanto, la disponibilidad en el tipo y tamaño de los alimentos necesarios para cada etapa del desarrollo, repercute en la magnitud del reclutamiento, en el comportamiento reproductivo, en la reproducción y en la supervivencia de la especie; influyendo finalmente en el desarrollo poblacional.

Según las categorías de la dieta alimenticia, se establecieron tres grupos de peces en la población estudiada (Fig. 8).

Juveniles, entre 3.2 y 6.4 cm (L E), que tienen como base de su alimentación al copépodo rojo *Boeckella gracilis* (4) y otros Cyclopidae (5).

El segundo grupo, entre 10.3 y 32.3 cm, es el grupo que presenta la dieta más variada, aunque consumen principalmente Daphnidae (2) y *Hyaella* (6).

Por último, se agrupan los ejemplares mayores de 32.4 cm que son exclusivamente piscívoros, se alimentan de guapuchas (18).

Daphnia y *Hyaella*, son las categorías más importantes en la dieta de *O. mykiss*, ya que son la base de la alimentación de las truchas menores de 32 cm en el Lago de Tota. Estos organismos deben tener una tasa de reproducción alta para lograr satisfacer tal demanda de consumo; son además propias de ambientes litorales y asociados con macrofitas.

La alternancia en el dominio de las categorías alimentarias principales, muestra que no se presentan problemas por escasez de alimento; lo cual se corrobora con el reducido número de tractos digestivos vacíos y con el relativamente alto factor de condición K.

El análisis de la dieta de *O. mykiss* sugiere condiciones alimentarias adecuadas o por lo menos muy semejantes a las requeridas por esta especie en su medio natural. Se podría pensar que en la actualidad el lago brinda un ambiente propicio para su desarrollo, resaltándose la disponibilidad de alimento en términos cualitativos; pero queda sujeto a investigación, determinar la capacidad productora de alimento y la capacidad de carga de trucha y demás especies ícticas en el lago de Tota.

Aspectos bioecológicos de *Grundulus bogotensis*

G. bogotensis es un pez endémico de la sabana de Bogotá y del valle de Ubaté; es la única de las

tres especies propias del altiplano Cundiboyacense que posee escamas, por tanto es la excepción a la regla de que los últimos en desaparecer con la altura son los peces sin escamas (Eingenman, 1922; Miles, 1947; citados por Forero & Garzón, 1974).

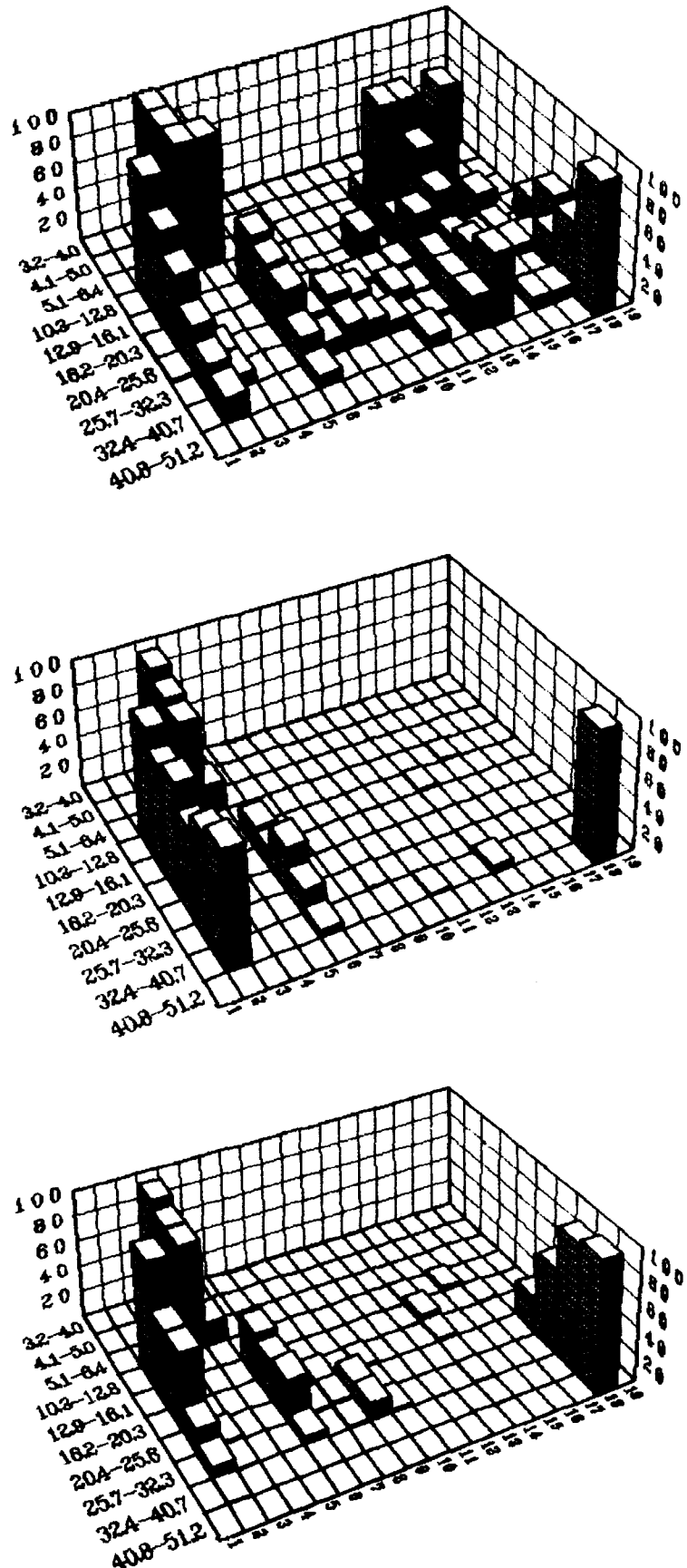


Figura 8. Importancia de las categorías alimentarias en la dieta de *O. mykiss*, por rangos de longitud. Lago de Tota. Métodos: (a) Frecuencia de ocurrencia, (b) numérico y (c) gravimétrico.

Solamente hasta 1974 se conocieron algunos aspectos de la biología y ecología de esta especie (Forero & Garzón, op. cit.).

G. bogotensis es abundante en el lago de Tota; habita cerca a la vegetación acuática, pero principalmente hacia las bocas de los afluentes y canales de drenaje de los cultivos. Se estudiaron 57 ejemplares, capturados en el mes de noviembre de 1989.

La máxima longitud que se registró fue 7 cm y la mínima 1.4 cm (L E), con pesos de 10.81 y 0.75 g, respectivamente. El mayor tamaño registrado fue inferior al reportado para el embalse del Neusa (Forero & Garzón, 1974), aunque el promedio general, 6.5 cm es similar.

La proporción de hembras y machos para la población muestreada es normal. La mayoría de hembras se encontró en estadio gonadal de madurez (IV), indicando una posible época reproductiva para comienzos de año. Aunque Forero & Garzón (op. cit.) encontraron los picos de reproducción en marzo-abril y septiembre-noviembre, anotan que la especie tiene la capacidad de reproducirse permanentemente, con dos desoves al año.

Se hizo el conteo de huevos en 5 hembras, encontrándose un mínimo de 266 y un máximo de 3449 huevos. Son valores que aunque muy variables se acercan a los registrados para Neusa (Forero & Garzón, op. cit.). Ya que la fecundidad no es muy elevada, la especie ha desarrollado cuidado parental, mediante la construcción de nidos entre la vegetación, garantizando alta supervivencia, aun cuando está sometida a predación por parte de *Oncorhynchus mykiss*.

Debe resaltarse que aunque *G. bogotensis* está sometida continuamente a predación, su tasa de reproducción y supervivencia es tan alta que muchos ejemplares alcanzan el final de su ciclo, lo cual se manifiesta con la presencia de ejemplares muertos sin causa aparente durante todo el año. Al respecto, los autores mencionados determinaron que el ciclo de vida de la guapucha alcanza dos años, y que muere luego de cumplir su cuarto período reproductivo.

A partir del análisis de 13 tractos digestivos, se terminó que la dieta de *G. bogotensis* está dominada por el calanoide *B. gracilis* (95%), aunque la población adulta consume con preferencia el anfípodo *Hyalella* sp. y los cladóceros *Eurycercus*, *Neobosmina*, *Graptoleberis* y *Chidorus*, así como larvas de Chironomidae, pupas de Díptera y el bivalvo *Pisidium*.

Aspectos bioecológicos de *Eremophilus mutissi*

La familia Trichomycteridae es típica del Neotrópico, sus especies habitan en su mayoría las cordilleras, mostrando gran resistencia a los climas de páramo. *Eremophilus mutissi*, el Capitán de la

sabana, es una especie endémica de Colombia y tiene como centro de distribución la sabana de Bogotá, los valles de Ubaté y Chiquinquirá, y la región de Tundama, a donde pudo haber sido transplantada (Lara et al., 1985).

Se estudiaron 5 ejemplares, tres adultos colectados con red agallera y dos juveniles capturados dentro de la vegetación sumergida. La baja captura se atribuye al tipo de muestreo, ya que *E. mutissi* habita generalmente entre arena o bajo troncos o vegetación acuática (Eingenmann, 1919; Miles, 1947; en Lara et al., 1985). El hábito bentónico se corrobora de un lado, con la reducción de la vejiga natatoria, que le proporciona flotabilidad negativa, y de otro con la actividad nocturna (fotofobia) (Cala, 1985), que es facilitada con la presencia de barbicelos que tienen función receptora (Chirivi, 1982). En consecuencia, lo anterior demuestra, como lo anota Cala (op. cit.), que *E. mutissi* tiene hábitos completamente diferentes a *O. mykiss*, contradiciendo la posible competencia entre ellas.

Entre los ejemplares capturados, la máxima longitud estándar fue 32.5 cm, con un peso de 287 g. Es un tamaño similar al que reportan Miles (1947) y Dahl (1971), citados por Lara et al. (1985) y Amaya (1975). Es así mismo mayor a la que reportan Cala (1982), Forero & Sarmiento (1984) y Flórez & Sarmiento (1989), para otros ambientes de la región.

El factor de condición K para *E. mutissi* en el lago fue 1.09, valor que según las tablas de Williams (1964; en Amaya, 1975) refleja sobrealimentación; sin embargo puede estar influido por el estado de desarrollo gonadal. De igual forma, es un valor ligeramente superior al reportado por el mismo autor, para el lago de Tota.

Los tres adultos colectados (febrero-marzo), fueron hembras próximas a desovar (IV), lo que coincide con el período de desove reportado por Cala & Sarmiento (1982) y por Flórez & Sarmiento (1989), entre marzo-mayo. La fecundidad promedio para estos ejemplares (26–29 cm) es de 78000 huevos, muy superior a la reportada por Amaya (Op. cit.) en el mismo lago, y Flórez & Sarmiento (op. cit.). Estos resultados podrían indicar una excelente capacidad reproductiva de *E. mutissi* en el lago de Tota.

Con respecto a los hábitos alimenticios, se observó que los adultos de *E. mutissi* consumen con preferencia *Hyalella* sp. y *Tropicorbis* sp. En tanto que los juveniles consumen además de *Hyalella* sp, oligoquetos, larvas de Chironomidae y varios cladóceros. Amaya (1975) reitera los hábitos carnívoros de esta especie, señalando una dieta similar a la encontrada en el presente estudio.

El consumo de algunos organismos de fondo y la presencia de fango en los tractos digestivos, sumados a la capacidad de respiración aérea (Cala,

1987; Cala et al., 1990), confirman sus hábitos bentónicos. Por lo tanto, *E. mutisii* puede permanecer dentro de la vegetación (*Egeria densa*) sin que se afecte por la disminución del oxígeno durante la noche (Pineda, 1983; Lara et al., 1985).

Síntesis

Es posible que la comunidad íctica actual del lago de Tota (*O. mykiss*, *E. mutisii* y *G. bogotensis*), en los momentos iniciales de su introducción y transplante, haya ejercido fuerte presión sobre las poblaciones propias, desplazando o induciendo la extinción del pez graso, *Rhizosomichthys totae*, seguramente como una consecuencia del proceso de adaptación. Flórez & Sarmiento (1989), registran en los ambientes fluviolacustres del Altiplano Cundiboyacense, al igual que en el lago de Tota, la presencia de *O. mykiss*, cohabitando con especies autóctonas (i.e. *E. mutisii* y *G. bogotensis*), sin efectos negativos para ninguna población.

Las tres poblaciones de peces en el lago mostraron un desarrollo bueno, comparado con el que se señala para otros ambientes acuáticos en donde habitan. Cada población ocupa hábitats diferentes, aunque se presente cierta sobreposición en la dieta entre los juveniles de *O. mykiss* y *G. bogotensis* y entre adultos de *O. mykiss* y *E. mutisii*; sin embargo, no se genera competencia, dadas la gran disponibilidad de alimento y las distintas formas de vida.

La proliferación de las macrofitas sumergidas, en especial *Egeria densa*, ha inducido el desarrollo de una importante biomasa de invertebrados, a través de la cual se lleva a cabo un gran flujo de materia a otros compartimientos del sistema, principalmente a la comunidad íctica.

La base principal de la alimentación de estas poblaciones son los crustáceos *Daphnia* sp., *Hyalalella* sp., *B. gracilis* y el pez *G. bogotensis* para *O. mykiss* en etapas avanzadas de su desarrollo.

La fauna íctica del lago de Tota constituye un elemento fundamental para su regulación y balance, dado el control que ejercen principalmente en el crecimiento de las poblaciones inferiores. La ausencia de verdaderos peces planctófagos y la relativamente baja población de los directos consumidores del zooplancton, como *Grundulus bogotensis* (guapucha) y los juveniles de *Oncorhynchus mykiss*, permite que se presente un crecimiento incontrolado de la población de copépodos lo cual conlleva cambios en el nivel trófico del sistema (Mora & Téllez, 1991).

Los cambios de dieta en las diferentes etapas del desarrollo de las especies ícticas hace que ocupen varios nichos, controlando diferentes poblaciones. Este comportamiento es más evidente en las especies que alcanzan mayores tamaños, como *O. mykiss* y *E. mutisii*, y más aún para la primera, la cual controla la población de *G. bogotensis* (pisci-

voría). Tal control parece insuficiente, ya que la pesca y selectividad de las redes han determinado que las truchas apenas alcancen los 30 cm, siendo pocos los individuos que sobrepasan dicha longitud y que cumplen con su función. A pesar de todo, la pesca también constituye un elemento regulador del lago, ya que con ella se exportan del sistema, los nutrientes acumulados en la biomasa de los peces.

Bibliografía Citada

- Amaya, R.I. 1975. Contribución al estudio biológico del capitán de la Sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt 1805) en el Lago de Tota. Divulgación Pesquera 9 (3): 1-57. INDERENA. Bogotá.
- Arrignon, J. 1984. Ecología y piscicultura de aguas dulces. Segunda edición. Ediciones Mundi-prensa, Madrid.
- Bonneto, A. & H. Castello. 1985. Pesca y Piscicultura de las aguas continentales de América Latina. O.E.A. Serie de Biología. Monografía No. 31.
- Blanco-Cachafeiro, M.C. 1984. La trucha: cría industrial. Ed. Mundi-prensa, Madrid. 238 p.
- Brown, M. (ed.). 1967. The physiology of Fishes. Vol. 1 Academic Press, New York.
- Caddy, J.E. & G.D. Shard 1988. Un marco ecológico para la evaluación pesquera. FAO. Doc. Tec. de Pesca No. 283.
- Cala, P. 1987. Aerial respiration in the catfish *Eremophilus mutisii* (Trichomycteridae, Siluriformes), in the Río Bogotá basin, Colombia. J. Fis. Biol. 31, 301-303.
- Cala, P., B. del Castillo & B. Garzón. 1990. Air-breathing behavior of the Colombian Catfish *Eremophilus mutisii* (Trichomycteridae, Siluriformes). Exp. Biol. No. 48, 357-360.
- Cala, P. & N.G. Sarmiento 1982. Cambios histomorfológicos en el ovario del pez capitán, *Eremophilus mutisii* Humboldt 1805 (Pisces: Trichomycteridae), durante el ciclo reproductivo anual, en la Laguna del Muña, Sistema Río Bogotá. Colombia. Acta Biológica Colombiana. 1 (1): 9-30.
- Chiriví, M. & C. León 1982. Descripción de una nueva especie troglobia del género *Trichomycterus* (Osteichthyes: Siluriformes, Trichomycteridae) de la Cordillera Oriental de Colombia. Tesis Biología. U. Nal. de Col. Bogotá.
- Díaz, W., S. Duque, J.I. Mójica, J.A. Molina & J.Y. Romero 1984. La trucha en el embalse del Neusa. Junio - julio de 1984. Informe estudio convenio C.A.R. (Inédito).
- Flórez, F. & N.G. Sarmiento 1989. Observaciones ecológicas sobre el pez capitán *Eremophilus mutisii* Humboldt 1805 (Pisces: Trichomycteridae) en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. Acta Biológica Colombiana, 1 (5): 99-115.
- Forero, J.E. & M.R. Garzón 1974. Ciclo Biológico de la Guapucha, *Grundulus bogotensis* (Humboldt, 1821) (Pisces: Characidae), de la sabana de Bogotá. Trabajo de grado, Depto. de Biología. U. Nal. de Col. Bogotá.
- Forero, J.E. & N.G. Sarmiento 1984. Biometría del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii*. Rev. Asoc. Col. Cienc. Biol. 2 (1): 45-56.
- Hernández-Camacho, J. 1971. Aspectos sobre la introducción de especies exóticas. Primer seminario sobre la piscicultura en Colombia. Manizales. INDERENA.

- Hidroestudios** 1978. Estudio de conservación y manejo de lago de Tota y su cuenca. Apéndice A: Estudios topográficos y batimétricos. Apéndice C: Estudios ecológicos. Informe CAR.
- Huet, M. 1983. Tratado de piscicultura. Tercera edición. Ediciones Mundi-prensa, Madrid.
- Hutchinson, G.E. 1962. Homage to Santa Rosalia or why are there so many kinds of animals? Yale University Press.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis — a review of methods and their application. J. Fish. 17: 411-429.
- Lara, M.C., B. Garzón & B. del Castillo 1985. Cultivo experimental del capitán de la Sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805). Primera etapa. Informe INDERENA. 121 pp.
- Margalef, R. 1983. Limnología. Primera edición. Ediciones Omega S.A., Barcelona.
- Mora-M.C. & L.S. Téllez-B. 1991. Estudio Limnológico del Lago de Tota, Boyacá-Colombia. Trabajo de grado, Depto. de Biología, U. Nal. de Col. Bogotá.
- Mota, M.G. 1979. Aspectos ecológicos (alimentação e reprodução) dos peixes do igarapé do Porto Aripuama, MT. Acta Amazonica, 9 (2): 325-352.
- Pauly, D. 1978. A Preliminary compilation of Fish length growth parameters. Institut for Meereskunde. No. 55.
- . 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Doc. Tec. Pesca (234): 49 pp.
- Pérez-Preciado, A. 1976. Tota . . . más que un Lago es un conflicto. Agrupación Piramidal. Bogotá.
- Pineda, J. 1983. Límites de tolerancia y consumo de oxígeno del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* Humboldt 1805, a diferentes temperaturas de aclimatación. Trabajo de grado, Depto. de Biología. U. Nal. de Col. Bogotá.
- Prejs, A. & G. Colomine. 1981. Métodos para el estudio de los alimentos y las relaciones tróficas de los peces. Universidad Central de Venezuela. Instituto de Zoología Tropical. Caracas.
- Ricker, W.E. (Ed.) 1971. Methods for assesment of fish production in fresh-waters. IBP. Handbook 3. Segunda edición. Blacwell Sci. Publ. Oxford.
- Ríos, C.E. 1973. Algunos aspectos biológico pesqueros de la trucha arco iris (*Salmo gairdneri*) en la laguna de La Cocha. Proyecto para el desarrollo de la pesca continental en Colombia (PNUD-FAO-INDERENA). Divulgación Pesquera 1, 2. INDERENA. Bogotá.
- Rodríguez, P.Z. 1962. Estudios estadísticos y biológicos sobre la biajalba (*Latianus synagris*). Centro de Investigaciones Pesqueras del Departamento de Pesca del Instituto Nacional de Reforma Agraria. Nota sobre investigaciones. No. 4. Cuba.
- Rodríguez, H. 1984. Análisis sobre los efectos causados con la introducción de especies exóticas al medio acuático de Colombia. INDERENA. Subgerencia de Pesca y Fauna terrestre. Unidad Investigativa Federico Medem. P. IND. 383.
- Thrower, F. 1978. Informe preliminar sobre la Biología pesquera y piscicultura de la trucha en la laguna de Tota. P. IND. 186. Bogotá.
- Wetzel, G.R. 1981. Limnología. Primera edición. Ediciones Omega S.A. Barcelona.
- Zambrano, H. 1991. Crecimiento de juveniles de trucha, *Oncorhynchus mykiss*, sometidos a diferentes densidades de siembra y cultivados en jaulas flotantes, Lago de 'Tota, Boyacá. Trabajo de grado, Depto de Biología. U. Nal. de Col.