ISSN 0122-9982

PL 029

DAHLIA

REVISTA DE LA ASOCIACION COLOMBIANA DE ICTIOLOGOS

No. 2, julio 1997

DAHLIA — Rev. Asoc. Colomb. Ictiol. (1997) 2

PL
029

DAHLIA
(Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.)

Consejo Directivo:

Presidente	Plutarco Cala Cala
Vicepresidente	Carlos Ardila Rodríguez
Consejeros	Jorge E. Forero Useche & Adriana Santos Martínez
Fiscal	Cesar Román Valencia
Secretario	Jorge E. Forero Useche
Tesorero	Saúl Prada Pedreros

La revista está interesada en publicar todos los aspectos de la investigación sobre peces colombianos y de cuencas compartidas con países vecinos, pero principalmente los trabajos presentados en las reuniones periódicas de la Asociación Colombiana de Ictiólogos (ACICTIOS).

Incluye tópicos específicos sobre: ecología básica y aplicada, etología, genética, fisiología, evolución, morfología y sistemática.

El principal énfasis de la revista se concentra en trabajos experimentales y descriptivos, como también en modelos teóricos en el campo de la ecología de los peces. Trabajos descriptivos y monitoreos son aceptados si éstos demuestran principios biológicos.

La revista publica artículos, comunicaciones cortas, y artículos invitados sobre revisiones de temas especiales. En la actualidad se solicita a los autores, de trabajos aceptados para su publicación, asumir la mayor parte de los gastos de la publicación, al costo mas bajo posible. No obstante, la falta de fondos no es obstáculo para que no se publique un buen artículo.

Manuscritos: Deben ser enviados al Editor

Plutarco Cala Cala
Departamento de Biología
Universidad Nacional de Colombia
A.A. 14 490
Santafé de Bogotá
Tel. 368 4273, FAX 222 5192

Suscripción. Dirigirlas al Editor. Esta tiene un valor de $20.000 por número, inclusive correo certificado.

Diseño: Plutarco Cala, Universidad Nacional de Colombia

ASOCIACION COLOMBIANA DE ICTIOLOGOS
(ACICTIOS)

Preámbulo

En la Mesa Redonda "Problemática e Integración de los Estudios Ictiológicos en Aguas Dulces de Suramérica y Colombia en Particular" celebrada en el Simposio de Peces, como parte del XI Congreso Latinoamericano de Zoología, Cartagena (Colombia) del 23 al 27 de abril de 1990, se concretó la necesidad, propuesta por el doctor PLUTARCO CALA CALA, de fundar la **Asociación Colombiana de Ictiólogos.**

Esto en razón a que durante el evento se presentaron, junto con colegas venezolanos, una buena cantidad de trabajos resultantes de investigaciones, que reunieron cerca de un centenar de profesionales y estudiantes de Biología interesados en diferentes áreas de la ictiología.

Así, en junio de 1991, el autor de la presente nota editorial dando cumplimiento a lo acordado en la Mesa Redonda arriba mencionada, envió un comunicado a los más destacados ictiólogos de entidades nacionales reconocidas en el campo proponiendo la creación y el respectivo estatuto de la nueva Asociación, a su vez solicitando la divulgación a otros colegas. Un buen número de colegas envió creativas respuestas e incluso remitieron una idea preliminar del logotipo de la Asociaón. Entre ellos: Jaime Garzón F., Arturo Acero P., Adriana Santos, Jorge E. Forero U., Pedro Arenas G., Oscar D. Solano P.

Luego se acordó dar origen a la Asociación durante el Primer Simposio Colombiano de Limnología, celebrado en Bogotá del 28 al 30 de agosto de 1991. De esta manera se cristalizó la fundación de la Asociación el 29 de agosto de 1991, según el acta de constitución que a continuación se transcribe:

ACTA DE CONSTITUCION
ASOCIACION COLOMBIANA DE ICTIOLOGOS
- A C I C T I O S -

FECHA: Agosto 29 de 1991

LUGAR: Auditorio Alfonso López P.
Universidad Nacional de Colombia
Santafé de Bogotá, D. C.

Siendo las seis de la tarde se reunieron los siguientes Biólogos: Plutarco Cala, Ph. D.; Pedro Arenas Granados, M. Sc.; Pablo Florez; Hernando Magallanes; Guillermo Vásquez.

En representación de si mismos y como apoderados de: Arturo Acero, M. Sc.; Jaime Palacios, Ph. D.; Pedronel Montoya; Eduardo Forero, M. Sc.; Fabio Flórez, M. Sc.; Jaime Garzón, M. Sc.; Adriana Santos, M. Sc.

Con el fin de constituir la **Asociacion Colombiana de Ictiólogos** - ACICTIOS, entidad jurídica sin ánimo de lucro, cuyo objetivo principal es promover el estudio y la investigación de los peces a todos los niveles.

Se aprobaron por unanimidad los Estatutos adjuntos y la Junta Directiva para el período 1991-1993, conformada de la siguiente manera: Plutarco Cala, Ph. D., **Presidente**; Arturo Acero, M. **Vicepresidente**; Eduardo Forero, M. Sc., **Secretario**; Pedro Arenas Granados, M. Sc., **Editor**. Fabio Flórez, M. Sc., Tesorero; Pedronel Montoya, **Revisor**; Jaime Palacios, Ph. D., **Consejero**; Efraín Rubio. Ph. D., **Consejero.**

Para constancia de lo anterior firman:

Plutarco Cala, **Presidente Ad. hoc.** Pedro Arenas, **Secretario Ad. hoc.**

La Asociación Colombiana de Ictiólogos —ACICTIOS— obtuvo personería jurídica expedida por la Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá, mediante la Resolución 599 del 5 de noviembre de 1992. Resolución publicada en el diario La República, Sección 8B, el 14 de diciembre de 1992.

En cumplimiento de disposiciones legales, el 17 de marzo de 1997 fue registrada en la Cámara de Comercio de Bogotá la Asociación Colombiana de Ictiólogos - ACICTIOS, NO: S02697 (01R0F0317054).

En los estatutos de la Asociación Colombiana de Ictiólogos, entre sus 35 artículos, se hacen las siguientes consideraciones:

Artículo 1. "Con el nombre de **Asociación Colombiana de Ictiólogos** (ACICTIOS) se establece una entidad jurídica sin ánimo de lucro y de duración indefinida, con el fin de agrupar los ictiólogos que acepten los objetivos de la Asociación de acuerdo con sus (los siguientes) estatutos y las disposiciones de la ley".

Artículo 3. Los objetivos de la **Asociación Colombiana de Ictiólogos** son: "a) promover el estudio y la investigación de los peces en los diversos niveles académicos, educativos y recreativos, a fin de establecer su manejo y uso en armonía con el medio ambiente, que conduzca al progreso social y económico, y cultural en concordancia con el equilibrio ecológico, la conservación y el aprovechamiento racional del recurso íctico. b) Colaborar con las entidades oficiales y encauzarlas hacia el establecimiento de una legislación dinámica en favor del equilibrio ecológico de los ecosistemas hidrobiológicos y la recuperación de los que hayan sido degradaddos, todo sin desconocer las necesidades del desarrollo económico y social de la nación. c) Crear conciencia de la inmensa diversidad íctica nacional, de sus valores, de la importancia de todas nuestras especies, de las amenazas que se ciernen sobre ellas y de las acciones requeridas para asegurar su conservación; a través de publicaciones, conferencias, cátedras, comunicados y declaraciones. d) Orientar y encausar programas de desarrollo y utilización de recursos a niveles nacional e internacional hacia el logro de los propósitos de la Asociación. e) Promover la comunicación y el intercambio de información, ideas y experiencias, entre los ictiólogos colombianos y de otras nacionalidades, mediante la organización de congresos, simposios, seminarios, talleres, así como a través de una publicación periódica de la Asociación".

Artículo 6. De los miembros. La Asociación tendrá: a) **"Miembros Activos"**. Serán los miembros fundadores y todos aquellas personas que se vinculen estatutariamente a **ACICTIOS** y estén a paz y salvo con ella en materia de cuotas y aporte reglamentarios, estos miembros a su vez, pueden tener las siguientes calificaciones adicionales: **Miembros Benefactores..... Miembros Vitalicios...** y **Miembros Honorarios....."**

Artículo 10. "La **Cuota Ordinaria** que deberán cubrir los miembros no será menor de diez mil pesos ($10.000) anuales o el 15% del salario mínimo mensual...".

Artículo 19. Consejo Directivo. "La Asociación tendrá un Consejo Directivo compuesto por el Presidente, el Vicepresidente y dos (2) Consejeros, elegidos por la Asamblea General por un período de dos (2) años...".

Artículo 35. Distinciones. "La Asociación podrá hacer entrega de premios, diplomas, menciones honoríficas o cualquier otro tipo de distinción de acuerdo con la reglamentación que al respecto dicte el Consejo Directivo".

Plutarco Cala Cala
Editor

COMPOSICION DE LA DIETA ALIMENTICIA DEL YAMU, *BRYCON SIEBENTHALAE* (PISCES: CHARACIDAE), EN LA PARTE MEDIA DEL RIO GUAYABERO, SISTEMA DEL ALTO RIO GUAVIARE, COLOMBIA

JULIO H. BERNAL RAMÍREZ* & PLUTARCO CALA**
*Asociación para la Defensa de la Reserva de la Macarena, AA 240656 Santafé de Bogotá.
** Universidad Nacional de Colombia, Dept. Biol., Santafé de Bogotá

Resumen

Este trabajo analiza la composición de la dieta alimenticia de una población adulta de yamú, *Brycon siebenthalae*. Se estudiaron 74 contenidos estomacales, correspondientes a 36 hembras y 38 machos capturados entre noviembre de 1995 y septiembre de 1996.

Los hábitos alimenticios del yanú están conformados principalmente por: en el período seco (verano) insectos (42.7%), restos vegetales (20.1%) y peces (19.3%); en la transición de verano a invierno restos vegetales (65%) e insectos (35%); en el período de lluvias (invierno) semillas (37.5%) y restos vegetales (34.3%); en la transición de invierno a verano restos vegetales (35%), semillas (35%) e insectos (16%).

Palabras claves: dieta alimentica, población adulta de yamú, Orinoquia.

Abstract

This work describes the diet composition of an adult population of the characid fish *Brycon siebenthalae* during 1994/95 in the middle part of the River Guayabero, Guaviare river system, Colombian Orinoco basin. Their diet consist mainly of plant matter, seeds, insects and fish.

Key words: diet, adults *Brycon siebenthalae*, Orinoco basin.

Introducción

En la actualidad, la población de yamú (*Brycon siebenthlae*) en el área de estudio se está viendose afectado por la sobreexplotación con fines comerciales, y a un deterioro de su medio dado por la tala indiscriminada de bosque que afecta a las corrientes de agua de la región.

El Yamú es una de las especies más utilizadas, junto con el bocachico (*Prochilodus mariae*), en la pesca de subsistencia en la región. Su excelente sabor y su relativa abundancia (presente en la mayoría de los cuerpos de agua) lo colocan como una especie muy aprovechada. Pero su valiosa carne lo pone en peligro por la sobrepesca, ya que es pescado en grandes cantidades para secarlo y tener carne en la época de escasez. Esta pesca se realiza con malla, atarrayas, anzuelo, arpón y en el peor de los casos utilizan alguna clase de barbasco.

Por todas estas razones es importante profundizar en el estudio de la bioecología de esta especie en su medio natural, para poder observar su papel dentro de un ecosistema y así llegar a proponer alternativas de manejo y explotación racional de la especie. Los estudios del yamú son muy iniciales y escasos (Hurtado & Useche 1986, Lugo 1989, Useche et al. 1993, Landinez 1994, Bustamante et al. 1997).

Area de estudio

El régimen de temperatura anual es único para toda el área por debajo de los 1000 m de altitud, con un promedio de 24°C y una diferencia entre los meses cálidos y los más fríos de menos de 5°C.

En la zona sur del Parque Nacional Natural (P.N.N.) La Macarena, el régimen de lluvias es unimodal, presentado la época lluviosa entre los meses de marzo y noviembre y la época seca en los meses de diciembre, enero y febrero.

Toda el área está enmarcada entre los 3.500 y 2.500 mm de precipitación anual (Baldion & Hurtado 1992). La relación existente entre los promedios multianuales (diez últimos años) de la precipitación y los niveles del río Guayabero, son presentados en la figura 2. El nivel de los ríos cambia drásticamente entre los meses de invierno y verano, observándose variaciones de hasta 4 m en el mismo año (Himat 1986-1996).

Se capturaron ejemplares de yamú en seis sitios diferentes, de los cuales dos fueron sitios de muestreo permanentes (Salto del Gato y parte baja de caño Cristales) y cuatro fueron ocasionales (río Guayabero, caño Canoas, caño Arenoso y caño Lobos) (Figura 1).

Salto del Gato. Sitio turístico localizado en la margen norte del río Guayabero, en el P.N.N. La Macarena, constituido por una cascada de mas o menos 15 m de altura, terminada en una poceta, la cual desembocaba en un caño del mismo nombre, rodeada por bosque de galería.

Parte baja de caño Cristales. Localizada en la zona para la preservación sur. Es un caño de agua cristalina, con pequeñas caídas de agua, las cuales no superaban los 3 m de altura. Bosque marginal bastante intervenido.

Río Guayabero. Límite sur del P.N.N. La Macarena. Río relativamente turbio en toda su extensión debido a que en su recorrido arrastra gran cantidad de sedimentos en suspensión, aportados en su gran mayoría por el río Losada.

Caño Canoas. Ubicado en la zona de recuperación para la preservación sur de La Macarena. Caño de aguas claras, con presencia de alguna vegetación acuática en la parte alta. Bosque de galería con poca intervención.

Caño Arenoso. Localizado en la zona de recuperación para la preservación sur del P. N. N. La Macarena. Caño de aguas claras, angosto, rodeado de bosque de galería.

Caño Lobos. Localizado en la zona de recuperación para la producción sur de La Macarena. Caño de agua turbia, rodeado por un bosque de galería bastante intervenido.

Metodología

Se realizaron cuatro muestreos de 15 días cada uno, entre noviembre de 1995 y septiembre de 1996. Los muestreos correspondieron a las variaciones climatológicas así: el primero corresponde a la época seca o verano (23/11 al 7/12-95), el segundo a la época de transición verano-invierno (21/02 al 12/03-96), el tercero a la época lluviosa o invierno (19/06 al 03/07-96) y el cuarto a la época de transición invierno-verano (06/09 al 22/09-96).

Para la captura de los especímenes se utilizaron diferentes artes de pesca (anzuelo, malla, nasa, atarraya y arpón), dependiendo de la posibilidad de utilización en el determinado lugar de muestreo. Después de capturados se tomaron medidas de longitud estándar, longitud total, se pesaron y se procedió a extraerles el estómago. Este material fue preservado en formol al 4% para su posterior análisis en el laboratorio.

En el laboratorio se examinó el contenido estomacal con ayuda de estereoscopio, según los métodos de frecuencia de ocurrencia de Ricker (1971) que muestra el porcentaje de estómagos que contienen un item alimentario determinado, el método de composición porcentual numérica (Windell & Bowen 1978) que expresa la proporción de cada item alimentario en relación al número de items encontrados en determinada muestra. Finalmente el método volumétrico (Lugo 1989, Goulding et al. 1988) que determina la importan-

Figura 1. Mapa del área de estudio y sitios de muestreo.

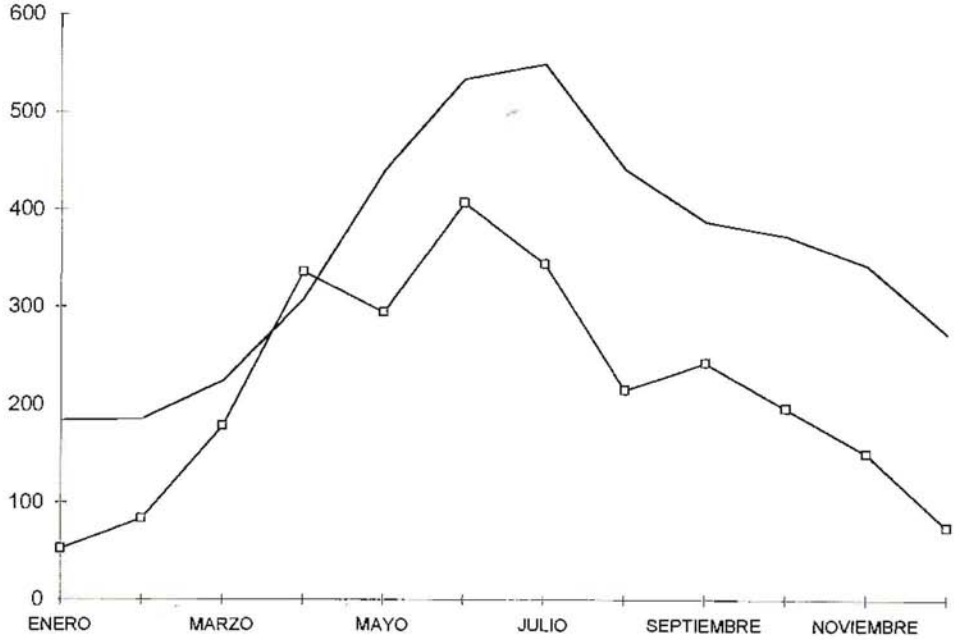

Figura 2. Relación entre los promedios multianuales (1986-1996) de precipitación y niveles del río guayabero. —— Promedio multianual de los valores medios mensuales de niveles (cm). ---□--- Promedio multianual de precipitación (mm).

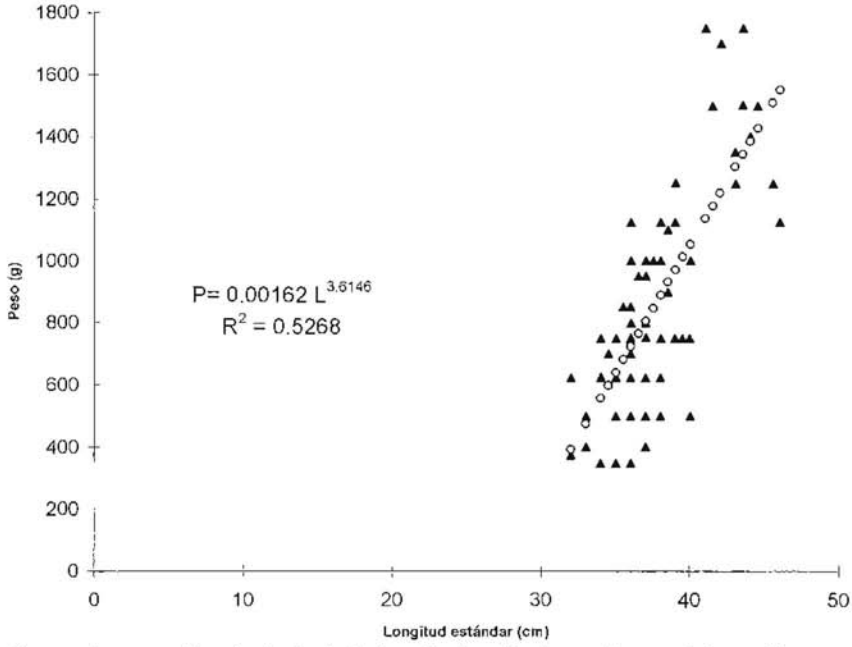

Figura 3. Curva de regresión ajustada de la longitud estándar y el peso del yamú. ▲ Peso (g). ○ Pronóstico peso (g).

cia, expresada en volumen de un ítem en particular respecto al volúmen total de todos los ítems en el estómago.

'El material encontrado en los estómagos se clasificó en cinco categorías: insectos, peces, semillas, restos vegetales y otros. Cuando el material estaba muy macerado, se le aplicó lugol para saber si era de origen animal o vegetal.

Para la medición de los parámetros fisicoquímicos del agua se utilizó el kit de acuicultura HACH FF-2, con el cual se tomaron datos sobre temperatura, pH, oxígeno disuelto, dióxido de carbono, amonio, nitritos, aureza total, cloruros, acidez y alcalinidad.

Resultados

Acidez. Los valores obtenidos son relativamente bajos, observándose el máximo eu el Salto del Gato, en el período de transición invierno-verano, con un valor de 23 mg/l (Tabla 1).

Alcalinidad. En los dos sitios de muestreos permanentes (Tabla 1).

Amonio. La presencia de amonio en el agua natural es normalmente dado al metabolismo de los peces, y a la degradación microbiana de la materia orgánica. Los valores del amonio obtenidos fueron bajos y en algunos sitios no fue detectado (Tabla 1).

Dióxido de carbono (CO_2). En la zona de muestreo del Salto del Gato la concentración más alta de CO_2 se encontró en el período de transición verano-mvierno, 5.4 mg/l CO_2 y en caño Cristales se presentó en la temporada de verano, 3.2 mg/l CO_2. Esto podría explicarse ya que en caño Cristales quedan pocetas totalmente aisladas, sin ningún contacto entre ellas entonces la materia orgánica se acumula más rápido que en el Salto del Gato que solo hasta el final del verano queda aislado (Tabla 1).

Cloruros. En la zona presentó valores muy bajos (2.2 mg/l Cl-), dando un indicio de la bueua calidad del agua (Tabla 1).

Oxígeno disuelto (OD). En la época de verano en el Salto del Gato presentó un valor de 7.25 mg/l, en la transición verano-invierno de 6.4 mg/l, en invierno de 6.5 mg/l, y en la transición invierno-verano de 6.25 mg/l. En caño Cristales los valores fueron para el verano 5.5 mg/l, para la transición verano-invierno 8 mg/l, para invierno 6.5 mg/l y para la transición invierno-verano 6.6 mg/l (Tabla 1).

Dureza. En la zona muestreada, las aguas podían clasificarse como aguas blandas puesto que su grado de dureza está dentro del rango de 0 a 15 mg/l (Tabla 1).

Nitrito. En los sitios de muestreo no se detectaron nitritos, obteniendo un valor de cero (Tabla 1).

pH. El pH en la zona es muy constante a través del año, con un promedio de 6.2 para el Salto del Gato y de 6 para caño Cristales (Tabla 1).

Temperatura. La temperatura del agna durante el año permaneció constante en el Salto del Gato, con un valor de 25.5°C y en caño Cristales varió entre 26.5-28°C (Tabla 1).

Relación longitud-peso. Para el análisis no se separan los sexos, puesto qne la prueba t-Student, hecha para encontrar diferencias entre el peso y la longitud estándar de machos y hembras, arrojan probabilidades menores del 0.05.

Para encontrar datos incompletos (longitud estándar y peso) de individuos de la muestra, se aplicó un análisis de regresión lineal, del cual se obtuvo la siguiente ecuación: Peso (g) = (82.6826 x longitud estándar (cm)) - 2252.8160.

Con los datos de longuitud y peso total del pez, se hizo un análisis de regresión potencial para los sexos combinados encontrándose el siguiente valor: $P = 0.00162\ L^{3.6146}$.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos obtenidos en el área de estudio. ND (no detectado)

Fecha	Sitio	Acidez (mg/L $CaCO_3$)	Alcalinidad (mg/L $CaCO_3$)	Amonio (mg/L N)	CO_2 (mg/L)	Cloruros (mg/L Cl)
23/11-95	Salto del Gato		ND	ND	ND	ND
09/12-95	Caño Cristales	10	1	0.5	3.2	1.9
22/02-96	Salto del Gato	14	1	0.3	5.4	2.2
12/03-96	Caño Cristales	ND	ND	0.6	2.6	0.9
19/06-96	Salto del Gato	16	1	0.1	4.4	0.7
24/06-96	Caño Cristales	5	ND	0.4	2.8	1.1
06/09-96	Salto del Gato	23	ND	ND	3.2	0.3
15/09-96	Caño Cristales	4	ND	0.5	3	1.1
		OD (mg/L)	Dureza (mg/L $CaCO_3$)	Nitrito (mg/L NO_2)	pH	T (°C)
23/11-95	Salto del Gato	7.25	ND	ND	6.5	25.5
09/12-95	Caño Cristales	5.5	1	ND	6	28
22/02-96	Salto del Gato	6.4	1	ND	6	25.5
12/03-96	Caño Cristales	8	ND	ND	6	28
19/06-96	Salto del Gato	6.5	ND	ND	6	25.5
24/06-96	Caño Cristales	6.5	ND	ND	6	26.5
06/09-96	Salto del Gato	6.25	ND	ND	6.5	25.5
15/09-96	Caño Cristales	6.6	ND	ND	6	27

El valor de b = 3.6146, indica que en el área, el yamú tiene un crecimiento asimétrico en la relación longitud - peso, o un crecimiento más acelerado en peso que en longitud.

Hábitos alimenticios. Se capturaron un total de 74 ejemplares entre los 32 cm y 46 cm de longitud estándar, de los cuales un 48.65% correspondió a hembras y un 51.35% a machos.

Comparando los tres métodos de análisis de contenidos estomacales (Tabla 2), se concluyó que en el verano la dieta del yamú está constituida principalmente por insectos, los cuales son muy abundantes en esta época, seguido por restos vegetales, y peces. En la transición de verano a invierno, la dieta la constituyen restos vegetales, que empiezan a ser arrastrados cuando aumenta progresivamente los cursos de agua, e insectos. En invierno el alimento predominante fue semillas, abundantes en esta época porque coincide con los picos de fructificación de algunas especies vegetales, seguido de restos vegetales. En la transición de invierno a verano siguen predominando los restos vegetales; las semillas y los insectos ocupan un lugar significativo en la dieta.

Tomando una panorámica general de la alimentación del yamú en el área de estudio, podríamos señalar que se alimenta principalmente de material vegetal alóctono; semillas de guamo (*Inga* sp.), higuerona (*Ficus* cf. *glabrata*), hobo (*Spondias mombin*), pulpa de mango (*Mangifera* sp.), níspero (*Mespilus germanica*), palma milpeé (*Jessenia polycarpa*), insectos y eventualmente peces. En este último ítem, es muy importante la observación de captura por parte del yamú de peces vivos, los cuales fueron perseguidos y después (en algunas ocasiones) devorados. Dentro de los insectos, la mayor cantidad consumida, pertenecen al orden Hymenoptera (27.5%), seguido del orden Trichoptera (15%) y del orden Hemiptera (11.5%).

Conclusiones

En el área de estudio solo se registraron ejemplares adultos de yamú (*Brycon siebenthalae*).

El método para analizar contenidos estomacales más confiable de los tres utilizados fue el método volumétrico, ya que tiene en cuenta el material completo y el macerado (restos).

En general la dieta del yamú (*B. siebenthalae*) está constituida por restos vegetales, seguido por semillas, insectos y eventualmente peces. Useche et al. (1993) enuncian que la ingesta de insectos por parte del yamú, constituye una parte insignificante de la dieta. Según los resultados de este trabajo, esto sería solo para la época de invierno, mientras que en la época de verano, los insectos se convierten en el ítem más importante y en algunos especímenes, el único.

De acuerdo con los resultados obtenidos, en el análisis de contenidos estomacales del yamú se nota la importancia de la vegetación marginal de las corrientes en el aporte energético de los peces, por tanto se recomienda reforestar las cuencas de la zona con árboles que produzcan frutos consumibles por éste (higuerona, hobo, milpeé, níspero, guamo, etc.) y otras especies ícticas. Esto resalta la mención hecha, por ejemplo por Useche et al.(1993) sobre la importancia de la vegetación ribereña como fuente de la producción pesquera, además del buen manejo de las cuencas hidrográficas.

Agradecimientos

A todas las personas que de una u otra forma hicieron posible el desarrollo del trabjo. A la Asociación para la Defensa de la Reserva de la Macarena y al Programa de Becas WCS/FES por su colaboración económica. A Fernado Molano Rueda y Orlando Martínez por su apoyo y oportunos consejos. A Juan Bautista León (Tatuco) por su ayuda en la movilización y en la consecución del material. A habitantes de La Maca-

Tabla 2. Contenidos estomacales de *B. siebenthalae* en el alto río Guayabero (nov. 1995 a sep. 1996)

Fechas	Frecuencia de ocurrencia		Composición (%)		Método volumétrico (%)	
23/11-07/12-95	Insectos	0.64	Insectos	59.26	Insectos	42.7
	Peces	0.28	Peces	14.81	Restes vegetales	20.1
	Restos vegetales	0.24	Semillas	11.11	Peces	19.3
	Semillas	0.24	Restos vegetales	11.11	Semillas	15.0
	Otros	0.08	Otros	3.7	Otros	2.9
21/02-12/03-96	Insectos	0.67	Insectos	77.78	Restos vegetales	65.0
	Restos vegetales	0.67	Restos vegetales	22.22	Insectos	35.0
19/06-03/07-96	Restos vegetales	0.73	Insectos	34.61	Semillas	37.5
	Semillas	0.64	Restos vegetales	30.77	Restos vegetales	34.3
	Insectos	0.45	Semillas	26.92	Insectos	9.9
	Peces	0.09	Otres	7.85	Otros	5.9
	Otros	0.09	Peces	3.85	Peces	0.6
06/09-22/09-96	Restos vegetales	0.45	Restos vegetales	34.61	Restos vegetales	35.0
	Semillas	0.30	Semillas	30.77	Semillas	32.0
	Insectos	0.20	Insectos	15.38	Insectos	16.0
	Peces	0.15	Peces	11.54	Peces	15.0
	Otros	0.10	Otres	7.69	Otros	2.0

rena y de las veredas Cachivera, Canoas y Alto Raudal por su ayuda desinteresada en el trabajo de campo.

Referencias

BALDION, J. V. & HURTADO, G. 1992. Estudio agroclimático del trópico húmedo en Colombia. HIMAT, Ministerio de Agricultura. Bogotá.

BUSTAMANTE, L. E., F. G. QUINTERO & N. MARTINEZ. 1997. Desarrollo larval del coporo, *Prochilodus mariae*, en estanques abonados y con suplemento alimenticio. Dahlia - Rev. Asoc. Colomb. Ictiol. 2:65-69.

GOULDING, M., M CARVAHLO & E. FERREIRA. 1988. Río Negro - rich life in poor water. Amazonian diversity and food chain ecology. SPB Publ. 200 pp.

HIMAT. 1986-1996. Subdirrección de Hidrología y Meteorología: Sistema de Información Hidrometeorológica. Estación La Macarena.

HURTADO, H. & C. A. USECHE. 1986. Estudio sobre la biología del yamú, *Brycon siebenthalae* Eigenmann, 1912, y de la palometa, *Mylossoma duriventris* Cuvier, 1818 (Pisces: Characidae), en la parte alta del río Cafre, sistema del río Guaviare. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 128 pp.

LANDINEZ, M. A. 1994. Inducción de la reproducción del yamú, *Brycon siebenthalae*, a partir de extracto de hipófisis de carpa (EPC). Trabajo de grado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. 105 pp.

LUGO, M. 1989. Determinación de hábitos alimenticios, madurez sexual y desove en tres especies ícticas de la cuenca del Río Tomo (Vichada) y consideraciones para el mantenimiento de padrotes. Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales. Villavicencio, Colombia. 125 pp.

RICKER, W. E. (ed.) 1971. Methods for assessment of fish production in fresh water. IBP Handbook No. 3. Blackweel Scientific Publications. Oxford, England.

USECHE, C. & P. CALA & H. HURTADO. 1993. Sobre la ecología de *Brycon siebenthalae* y *Mylossoma duriventris* (Pisces: Characidae) en el río Cafre, Orinoquía. Caldasia 17 (2): 341- 352.

WINDELL, J & BOWEN. 1978. Methods for study of fish diets based on analysis of stomach contents. En T. Bagenal (ed.) Methods for assessment of fish production in fresh waters (3rd. ed.) IBP. Handbook No 3. Blackwell Scientific Publ., Oxford. p. 219-226.

ECOLOGIA Y ADAPTACIONES DE LA TILAPIA NILOTICA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) EN AMBIENTES NATURALES - CASO EMBALSE DE BETANIA Y CIENAGA DE CHILLOA, SISTEMA DEL RIO MAGDALENA, COLOMBIA

PLUTARCO CALA & GLORIA BERNAL
Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias,
Departamento de Biología, AA 14 490, Bogotá

Se afirma que "la introducción de nuevas especies dentro de comunidades acuáticas, con frecuencia ha creado mas problemas que soluciones"

Resumen

Una vez introducida en Colombia en 1979, la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus)* ha sido objeto de diferentes experimentos a nivel de cultivo, principalmente en ambientes semicerrados, hasta llegar a ser la base de la piscicultura en el país, junto con el híbrido tilapia roja. Por mal manejo o accidente ha entrado a formar parte de sistemas de aguas naturales: ríos, lagunas, embalses y ciénagas. No hay certeza de cuando ni cómo se introdujo la tilapia en el embalse de Betania luego de su llenado en junio de 1987. La tilapia nilótica representa la población mas abundante de peces en cuanto a distribución y volumen de extracción (85%) en el embalse, principalmente en el brazo del Yaguará. De las dos especies de tilapias encontradas en el embalse durante el estudio en 1991, la tilapia nilótica fue la especie dominante en más del 90% de la pesca, y en más del 95% con respecto a la tilapia herbívora *(Tilapia rendalli)*. La tilapia nilótica fue introducida hacia 1988/99 en la ciénaga de Chilloa, cuando se inició un fracasado cultivo en jaulas flotantes en la ciénaga. En Colombia, con certeza se han introducido cinco tilapias hasta la fecha desde que se hizo la primera introducida de *Orechromis mossambicus* en 1959; en 1967 se trajo al país la *Tilapia rendlli*, luego *O. niloticus*, y finalmente *O. hornorum* y *O. aureus*, además el hibrido tilapia roja.

Se hizo un estudio comparativo de la dieta alimenticia de las poblaciones de *O. niloticus*, tanto del embalse de Betania como de la ciénaga de Chilloa, y se encontró que su dieta consiste principalmente de pequeños organismos bentónicos (fitoplancton 94.5%, partículas orgánicas, agregados y otros microorganismos el 4.3%, y zooplancton 1.2%). Dentro del fitoplancton las categorías más representativas corresponden a la clase Bacillariophyceae, principalmente diatomeas. No se encontró diferencia en el tipo de alimento ingerido por las tilapias nilóticas según los diferentes rangos de longitud estándar (6.1-32 cm); tampoco entre las poblaciones de Betania y Chilloa. La tilapia nilótica no se le puede considerar como filtradora, sino mas bien detritivora debido al alto porcentaje de sedimento encontrado en sus estómagos (98.6% de materia inorgánica) - el pez consume sedimento principalmente para extraer los alimentos nutritivos asociados con el. En el contenido estomacal se encontró un porcentaje promedio de 7.5 de proteina y 0.85% de carbohidratos que, para un medio natural, se considera un porcentaje de proteína relativamente alto.

La talla mínima de madurez sexual (TmM, estadio gonadal IV - oocitos maduros) de las hembras y machos *O. niloticus* fue de 16.1 y 18.1 cm LT, respectivamente. Su fecundidad se estimó en promedio en 1500 (872-3700) huevos para una hembra de 22.8 cm LE, y 475 g. Este es un valor bastante alto, que aunado con la incubación bucal y cuidado parental asegura un alto nivel de producción. El número de embriones encontrados (1090) en la boca de una de las hembras se aproxima al valor promedio calculado para la fecundidad, lo que indica un alto índice de supervivencia. A lo largo del año siempre se capturaron ejemplares en todos los estadios de desarrollo gonadal. A partir de 16 cm LE se encuentran hembras en todos los estadios

gonadales, y para tallas entre 10 y 16 cm sólo se reportaron hembras en estadio II. En los machos a partir de 18 cm se encontraron ejemplares en todos los estadios gonadales, aunque el estadio III se registró desde 14 cm de longitud. El crecimiento de los machos y hembras de tilapia nilótica es inicialmente uniforme. Pero los machos adultos superan a las hembras hasta en 10 cm de longitud y 500 g de peso, debido a que poseen mayor precocidad somática, razón por la cual son utilizados preferencialmente para el engorde en piscicultura.

Las tilapias son mucho mas abundantes en aguas lénticas (ciénagas y embalses) que en las lóticas, o propio río Magdalena y sus tributarios. Las ventajas al corto plazo de la introduución de la tilapia nilótica en el embalse de Betania y ciénaga de Chilloa, con respecto al crecimiento y productividad poblacional han sido muy buenas. Pero aún no se pueden predecir las consecuencias a nivel de la comunidad cuando estas poblaciones de tilapia alcancen su máximo crecimiento, respecto a las interacciones con otros grupos o poblaciones de peces funcionalmente cercanos.

Abstract

Since the Nile tilapia or "nilotic" tilapia (*Oreochromis niloticus*) was introduced to Colombia in 1979, together with the hybrid red tilapia, they have become the primary fish in the Colombian pisciculture. Today, *O. niloticus* is found in most natural freshwater systems all over Colombia, especially in *ciénagas* or marginal lagoons of the middle and lower part of the River Magdalena watershed. Besides *O. niloticus,* four additional tilapias have been introduced to Colombia. *O. mossambicus* in 1959, *Tilapia rendalli* in 1967, and during the eighthies *O. hornorum* and *O. aureus*. There is not certainty on how and when the nilotic tilapia was released in the Betania Reservoir after its filling in 1987, but was probably at the time of the filling. In the Ciénaga of Chilloa, the nilotic tilapia was introduced around 1988/89 when a cage fish culture was started in the ciénaga. Of the two tilapines species in the Betania Reservoir, *O. niloticus* is the most abundant in comparison with the other existing tilapia *(Tilapia rendalli)*.

The growth rate of young males and females is similar. However, the adult males may reach up to 10 cm and 500 g more than the adult females. Therefore, the males nilotic tilapia are frecuently farmed instead of females. The minimum size at sexual maturity of this tilapia was 16.1 cm total length for females and 18.1 cm for males. The average fecundity was 1500 (872-3700) eggs corresponding to a 28 cm and 475 g female. We found one female with 1090 embryos in its mouth.

Herein is presented a comparison of the feeding habit between the Betania Reservoir and Ciénaga of Chilloa populations of nilotic tilapia in the upper and lower part of the River Magdalena system, respectively. In Betania and in Chilloa, the nilotic tilapia was found to feed mainly on benthic phytoplankton (94.5 %, mostly diatoms), zooplankton (1.2%, and other benthic microorganisms and organic matter (4.7 %). There is not difference on the kind of food taken by either of the tilapias by size or by the Betania and Chilloa populations. Thus, nilotic tilapia is considered rather detritivorous, nearly algivorous. The fish consumes sediment (detritus) in the first place in order to swallow the nutritious associated food items. Their stomach contents showed a average percentage of 7.5% of protein and 0.85% of carbohydrates.

The benefits in the short run of the introduction of nilotic tilapia to the Betania Reservoir and Ciénaga of Chilloa, and in general all other Colombian water bodies, are very good. Yet, we cannot predict the consecuences at the community level when these populations of tilapias have reached their maximum growth, with respect to the interactions with other functionally similar fish groups. The introduction of new species into aquatic communities has often created more problems than it has solved.

Introducción

Una vez introducida en Colombia en 1979, la tilapia nilótica *(Oreochromis niloticus)*, ha sido objeto de diferentes experimentos a nivel de cultivo, principalmente en ambientes semicerrados hasta constituirse con el híbrido tilapia roja en la base de la piscicultura de aguas cálidas del país. Por mal manejo o accidente ha entrado a formar parte de los cuerpos de aguas naturales de ríos, embalses y ciénagas.

En el embalse de Betania, a partir del llenado en junio de 1987, y en la ciénaga de Chilloa desde su introducción a través de un mal planificado cultivo en jaulas flotantes hacia 1988/89, pues una fuerte ventisa destruyó el cultivo, *O. niloticus* constituye una población creciente en el embalse y en la ciénaga, hasta llegar a constituirse en la especie básica de la pesca. Con este hecho, se comprueba una vez más que con el represamiento de un río o la construcción de un embalse, se establece un ambiente nuevo que permite estudiar cómo especies introducidas invaden el nuevo hábitat con excepcional éxito.

Debido a que los embalses deben, además de su fin primordial de almacenamiento energético físico, ser aprovechados también bioenergéticamente, siendo la piscicultura y la pesca de vital importancia. Por lo cual se hace indispensable el conocimiento biológico y dinámica de las nuevas especies promisorias para tal fin en el nuevo ambiente.

Datos generales de la especie

La tilapia nilótica, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1766), es un cíclido ampliamente distribuido desde Siria, y a través de Egipto a todo el este y occidente de Africa por la cuenca del río Congo (Sterba 1966), desde donde ha sido llevada a muchas otras regiones del trópico en Centroamérica, Suramérica, sur de Estados Unidos, Indonesia, Tailandia, China, Taiwan, Asia suroriental, Israel, India. *O. niloticus,* también se le conoce con los sinónimos *Tilapia nilotica y Sarotherodon niloticus*. En Colombia se le conoce comunmente como tilapia nilotica o mojarra plateada.

Descripción. Según Trewavas (1983), parte inferior del primer arco branquial con (18-19) 20-26 (27-28) branquiespinas; 30-34 escamas en la línea lateral, usualmente 31-33; altura del hueso preorbital no sobrepasa el 22% de la longitud de la cabeza; longitud de la mandíbula inferior 29-35 (37.5) por ciento de la longitud de la cabeza; aleta caudal con bandas regulares y definidas verticalmente, las cuales son el mejor diagnóstico de la especie.

Cuerpo elongado, un tanto alto y comprimido, perfiles superior e inferior casi igualmente convexos; coloración muy variable, en los flancos con una coloración gris plata opaca y un viso violeta claro, costado blanco plata a suavemente rojizo, varias bandas transversas, no muy distinguibles en peces viejos especialmente. Unas manchas negras bien delineadas en el opérculo; aletas pares verticales de café claro a café rojizo y usualmente bordeado con rojo brillante; aleta caudal con bandas angostas verticales, la margen superior de la aleta dorsal es negra a gris. Algunas veces la melanina se mezcla con un rojo suave, en época de reproducción. La cabeza y el tronco de los machos en reproducción se tiñe de rojo oscuro, en algunas partes por debajo de la mandíbula, pecho, aletas pélvicas y la parte anterior de la aleta anal, así como la garganta. Las aletas pectorales, y algunas veces también las ventrales, toman un color rojo oscuro. Los ojos con nn fino borde color oro en la pupila. Las hembras son más pequeñas y menos intensamente coloreadas, sólo durante la época de reproducción la garganta es suavemente más roja. El dimorfismo sexual secundario de la tilapia nilótica consiste en que la hembra presenta tres orificios urogenitales (ano, poros genital y urinario), en tanto que el macho sólo presenta el ano y el poro urogenital.

Hábitos generales. La tilapia nilótica es un pez muy adaptable a diferentes condiciones ecológicas. Vive en ambientes lóticos, pero preferiblemente lénticos, con grandes éxitos en los últimos; es tolerante a altas salinidades, se reproduce en salinidades de 29 partes por mil y sobrevive a 35 por mil. Temperaturas por debajo de los 12°C son letales, tolera 8°C por 3 o 4 horas; sobrevive por largos períodos a 15°C, a 42°C mueren. Desova 5 a 7 veces al año entre 22 y 24°C. Su crecimiento óptimo ocurre alrededor de los 28°C. Se adapta a fuertes cambios de oxígeno disuelto en el agua, niveles por debajo de 3 ppm los soporta sin mayores consecuencias, incluso llega a tolerar períodos largos en aguas hipóxicas alternantes con anoxia - donde su crecimiento es nulo (Gómez & Rico 1990).

Reproducción. Este pez, como muchos otros cíclidos, se reproduce en cautiverio y tiene cuidado parental de sus crías. Para la reproducción en ambiente natural, el macho construye un nido de unos 40 a 60 cm de diámetro en promedio en el fondo del estanque o hacia el litoral del embalse, mediante el movimiento de sus aletas pectorales, ventrales y de su boca. Una vez termina busca nna hembra en celo y la atrae al centro del hueco, colaborando en el desove por medio de golpes con su hocico en la región abdominal de la hembra. Luego el macho los fecunda y la hembra recoge los huevos en su boca y abandona el nido. El macho busca otra hembra, llegando a aparearse con tres o más durante este período reproductivo. También, esta tilapia se reproduce en cautiverio en estanques de cemento, buscando alguna orilla sombreada en el estanque.

La hembra incuba los huevos en la boca y mantiene las larvas allí hasta la reabsorción del saco vitelino. Este cuidado parental puede durar hasta ocho días con el fin de proteger a las crías frente a la depredación de otros organismos acuáticos. Esto, junto con su precoz reproducción antes de los seis meses, y al hecho de desovar los mismos peces varias veces (5-7) al año, permite su fácil incremento exponencial en los sistemas lénticos (*i. e.* ciénagas, embalses, estanques).

Estado actual del tema. *O. niloticus*, fue introducida a Colombia en 1979 por el entonces Instituto Nacional de Desarrollo de los Recursos Renovables (Inderena), mediante convenio con la AID - Auburn University, USA, procedente de Panamá y originaria de las Costas de Marfil (Rodríguez 1981).

Sánchez (1985) y Zarate et al. (1988, en Pinzon Esplam 1990) reportaron a la tilapia nilótica como la segunda especie de importancia comercial en el embalse del Gnájaro, primer cuerpo de agua natural de tipo léntico donde primero se introdujo este pez en Colombia, con un rendimiento de 9.4 kg/ha/año. Hernández y Puentes (1988) reportan cerca de 3000 cultivadores de tilapia nilótica a nivel de subsistencia, de los cuales un 90% se encontraban localizados en el cinturón cafetero del país. El 10% restante lo hacía a través de asociaciones comunitarias. Actnalmente se cultiva en todo el territorio nacional con mayor énfasis en los departamentos del Huila, Valle, Tolima, Meta, Cauca y Atlántico, a temperaturas que oscilan entre los 16 y 30°C, y de 0 a 1800 m de altitud.

Durante los últimos años se han venido realizando estudios dirigidos a la obtención de monosexos en diferentes universidades y estaciones piscícolas, con resultados cada vez más satisfactorios. Además, se ha hecho investigación sobre las necesidades nntricionales de juveniles y adultos y de densidades de siembra, especialmente en jaulas flotantes y estanques con aireación adicional: como lo indican los trabajos de grado reportados al final de las referencias bibliográficas de este trabajo.

Area de estudio

El estudio se desarrolló en el embalse de Betania, en el departamento del Huila (Figura 1), a una altitud de 500 metros. El embalse tiene 7400 ha

y almacena unos 2000 millones de metros cúbicos de agua, y está formado por el represamiento de los ríos Yaguará y Magdalena en su confluencia. Se caracteriza por estar formado por dos valles de caracter diferente, el del río Magdalena es angosto y plegado, con aproximadamente 22 km de longitud inundada, limitados por terrazas y terrenos empinados; el valle del Yaguará es más amplio y corto, aproximadamente con 13 km de longitud inundada en la cota 561. Frente al dique se levanta una serie de colinas escarpadas y rocosas que separan los dos brazos.

La descripción y caracterización ambiental del embalse o área de estudio: *Clima* (precipitación y temperatura), variables físicas (hidrodinámica, sólidos disueltos, transpiración, temperatura); *variables químicas* (elementos de proporcionalidad constante -conductividad, pH, CO_2, dureza, alcalinidad, sulfatos; y *elementos de proporcionalidad variable* - oxígeno disuelto, amonio, nitratos y fosfatos o nutrientes) se presentan en Montoya Villarreal & Ramos Quitian (1993).

Metodología

La fase de campo se realizó a lo largo de 1991, con seis muestreos de un intervalo de mes y medio y una duración de 8 a 10 días cada uno. Se ubicaron varios sitios de muestreo, concentrados principalmente en el brazo del río Yaguará, en las áreas de Santa Heleua, las Islas, bocas de las quebradas Las Moyas, Chichayaco, Chaparro, Tortugas y la Estación Piscícola; en el brazo del Magdalena, en menor intensidad, en las áreas de La Herradura, Palmira y Ceboruco, y ocasionalmente se muestreó en el embacadero de El Hobo (Figura 1). En la ciénaga de Chilloa se realizaron dos muestreos - septiembre de 1992 y abril de 1993.

Para la captura de los ejemplares se realizaron faenas de pesca en canoa, a lo largo del día o de la noche, obteniendo mayor número de capturas en las horas de la noche o al amanecer. Se utilizaron atarrayas de un ojo de malla de 10 cm aproximadamente, y chiles de un ojo de malla de 3 cm para los individuos pequeños.

A los peces, inmediatamente después de su captura se les midió la longitud estándar (LE), o distancia entre el extremo anterior del hocico y el sitio en el cual se origina la aleta caudal; la longitud total (LT), o distancia entre el extremo superior del hocico hasta la punta de los radios más largos de la aleta caudal, con aproximación a 0.1 cm. El peso total del individuo sin evicerar se determinó con una balanza Ohaus, con aproximación a 0.1 g, y con capacidad hasta de 2000 g.

Relación longitud-peso. En peces es usualmente representada por la ecuación: $P = aL^b$, expresión que indica que el peso (P) es proporcional a una cierta potencia (b) de la longitud (L), donde b es un exponente con un valor entre 2 y 4 (Bagenal & Tesch 1978). Los datos pueden ser ajustados a una regresión lineal, si se toma el logaritmo de ambas variables, $\text{Log } P = \text{Log } a + b \text{ Log } L$. Log de a es la intersección de la línea en el eje Y. Mediante la relación longitud-peso es posible determinar la velocidad de incremento en peso con relación a la longitud o viceversa, lo cual puede utilizarse como una manera indirecta de ver el ritmo de crecimiento de la población.

Factor de coudición (K). Permite conocer el grado de bienestar del pez en un determinado momento de su desarrollo, asi como el de sus cambios en la condición de vida con relación a la edad y al sexo. Se determinó mediante la ecuación $K = (P/L^3)\ 100$.

Hábitos alimenticios. Por medio de disección ventral se estirparon y fijarou los estómagos en una solución de formol al 4% para su posterior estudio en el laboratorio. Allí cada estómago fue lavado durante 24 horas en agua destilada, y luego se conservarou en alcohol al 70%.

Se determinaron los coeficientes de vacuidad, o porcentaje de estómagos vacíos en relación con el número total de estómagos examinados, y de

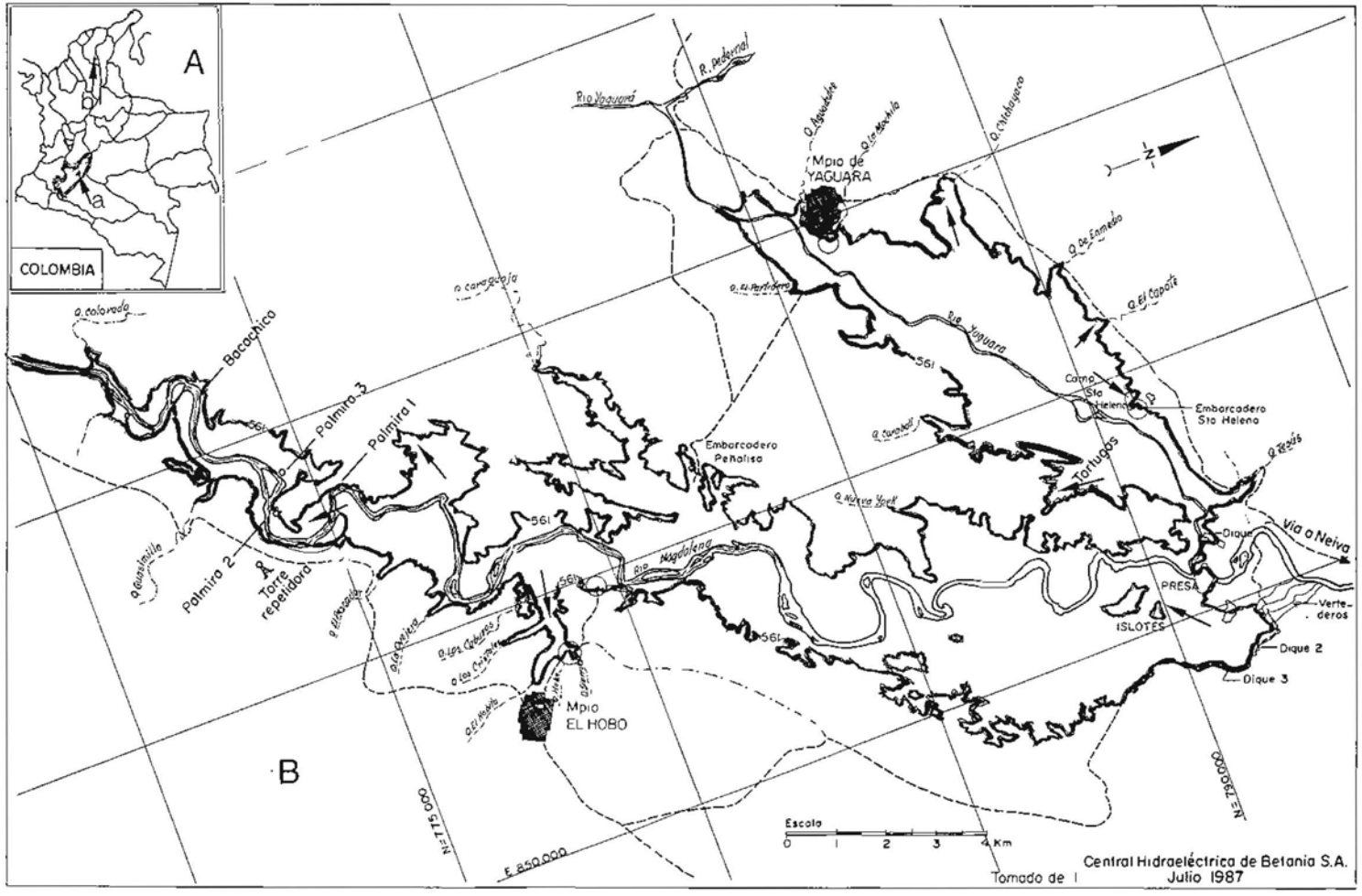

Figura 1. A: posición geográfica de las áreas de estudio a: embalse de Betania & b: ciénaga de Chilloa (flechas). **B:** Detalle del embalse de Betania y sitios de colección de tilapia nilótica en los brazos de los ríos Yaguará y Magdalena, indicados con flechas.

repleción que expresa el grado de llenura y porcentaje de estómagos con alimento, asignando un puntaje de aproximación del método volumétrico (Hynes 1950), siendo este puntaje algo subjetivo (Cadwallader 1975). Para el grado de repleción se tuvieron en cuenta cuatro categorías: estómago vacío, 1/3 del estómago con alimento, 2/3 del estómago con alimento, estómago lleno.

Una vez determinado el coeficiente de repleción, el contenido estomacal fue recogido en un tubo de ensayo. Debido a la naturaleza del contenido estomacal (sedimentos), para la identificación y análisis cualitativo de la muestra total del contenido de cada estómago, se tomaron fracciones de 20 mg del contenido estomacal, peso húmedo extraido al azar. La submuestra se diluyó en 5 ml de agua destilada en un tubo de ensayo y se dejó reposar durante 15 minutos. Luego se agitó suavemente homogenizando la submuestra, y se tomaron alicuotas con el fin de identificar y determinar las estructuras presentes bajo el microscopio de luz a diferentes aumentos.

La identificación taxonómica de los organismos planctónicos se realizó con las claves de Smith (1950), Ward (1965), Fernández (1982), González (1988), y Pennak (1989). Para la clasificación del fitoplancton a nivel superior de familia, se siguió a Reynolds (1984). Reynolds menciona que no hay acuerdo entre los especialistas en cuanto al número de clases de Chlorophyta, y que la clase Euglenophyceae recientemente se le considera dentro de Protozoa.

Para el análisis cuantitativo se siguió el método numérico modificado, como una variante del volumétrico (González & Aguilar 1983, Hyslop 1980). El contenido estomacal se esparció sobre una lámina portaobjetos de peso conocido, y se colocó en una estufa de aire circulante a 80°C durante 15 a 20 minutos, hasta que la muestra estuvo seca. Luego se pesó en una balanza analítica con precisión de 0.0001 g.

Nuevamente, de cada contenido se tomaron fracciones de 20 mg de peso seco y se diluyeron en 5 ml de agua destilada en una probeta graduada. Esta dilución era agitada con el fin de lograr una distribución homogénea de partículas en el medio. Luego con una pipeta se extrajo una alicuota que se colocó en una lámina portaobjetos para la cuantificación de las estructuras bajo el microscopio. En total se analizaron 3 submuestras por contenido estomacal y se cuantificaron 5 campos por cada una.

Por el peso seco libre de cenizas, que se obtiene después de separar la parte mineral por ignición a 600°C en una mufla (González 1988), se determinó el porcentaje de materia orgánica e inorgánica que compone el contenido estomacal.

El coutenido estomacal húmedo se colocó en un crisol, cuyo peso exacto ya había sido determinado, se secó en una estufa a 60°C durante 3 horas, con el fin de deshidratar la muestra, luego se pesó y se colocó en la mufla durante 6 horas, al cabo de las cuales las muestras se pesaron nuevamente. De esta forma por diferencia de peso es posible determinar el porcentaje de materia orgánica e inorgánica presente en cada muestra. Para esta determinación se seleccionaron 16 estómagos, coleccionados a lo largo del año y cuyos coeficientes de repleción estuvieran en la categoría 4 (estómago lleno).

Debido a que el contenido de materia orgánica era muy bajo porcentualmente, se hizo la determinación de proteínas del contenido estomacal según el método de Microkjeldahl (Sysoev 1967). Este método diseñado para la determinación de nitrógeno total, puede aplicarse al análisis de proteína bruta de una muestra o de proteína aislada haciendo una extracción previa de ésta, o también determinando el nitrógeno no proteico. Además, se determinó el porcentaje de carbohidratos para lo cual se siguió el método de Strickland y Parsons (1975).

La curva de calibración se hizo con glucosa Merck, con un patrón de 50 mg/100 ml, donde se obtuvieron mejores resultados que en un en-

sayo anterior con un patrón de 100 mg/100 ml. Esta se hizo a diferentes concentraciones partiendo de un blanco.

Etadios de madurez sexual. Se determinaron exponiendo las gónadas mediante abertura de la cavidad ventral del pez, siguiendo básicamente la clasificasción propuesta por Nikolsky (1963, según modificación de Cala et al. 1996).

Talla mínima (TmM) y media (TMM) de madurez sexual. Según Espinoza (1972), consiste en agrupar alrededor de intervalos de longitud los ejemplares encontrados en el estadio superior de madurez sexual (IV); luego utilizando el punto medio de cada rango de longitud contra el correspondiente porcentaje de frecuencia acumulada, se construyen las gráficas para hembras, machos y sexos combinados. TmM se establece con la longitud a la cual corresponda el 25% de la frecuencia acumulada, y de igual forma TMM, pero con base en el 50% de la frecuencia acumulada.

Fecundidad. Para determinar el número de huevos maduros encontrados inmediatamente antes del desove, se utilizaron gónadas de hembras en predesove o estadio IV. Las gónadas se conservaron en alcohol al 70% para su estudio en el laboratorio. Allí se trataron los ovarios con solución de Gilson modificada: 100 ml de alcohol al 60%, 880 ml de agua, 15 ml de ácido túrico al 80%, 18 ml de ácido acetico glacial, 70 g de cloruro mercúrico (Simpson 1951, en Cala 1971), con el fin de separar los huevos de los tejidos adyacentes del ovario. El secado y determinación del número de huevos por hembra se hizo siguiendo la metodología de Cala (1971).

Resultados

La tilapia nilótica, se encuentra distribuida a lo largo y ancho del embalse, concentrándose principalmente en las aguas del brazo del río Yaguará, debido a que esta zona brinda un ambiente más cercano al lacustre.

Relación longitud-peso. Se seleccionaron 333 especímenes, de los cuales el 33.6% fueron hembras, 37.5% machos y 28.8% indiferenciados sexualmente. La relación macho-hembra en la población estudiada adulta estuvo cercana del 1:1 (n = 237, 125 machos y 112 hembras). En los muestreos de abril, mayo, octubre y diciembre se observa que el número de individuos colectados (expresados en términos de frecuencia absoluta) tanto de machos como de hembras fue similar, a diferencia de febrero donde el porcentaje de machos capturados (51.3%) con respecto al total, fue el doble que las hembras (25.6%). Caso contrario se observó en el muestreo realizado en julio donde el porcentaje de hembras fue 72.5% y el de los machos 23.5%.

Los ejemplares con gónadas indiferenciadas obtuvieron en la mayoría de los casos el menor porcentaje de frecuencia, con excepción del muestreo de octubre, cuando representaron el 71.5% de la muestra. Esta captura estuvo influenciada por el arte de pesca utilizado, ya que en esta oportunidad se utilizó un chile de un ojo de malla menor (aproximadamente de 2 cm). Sin embargo, este muestreo registró el menor número de capturas, debido posiblemente a que el nivel de agua era bastante bajo, y fuertes vientos dificultaban la pesca.

La longitud estándar promedio para las 112 hembras fue de 21.5 cm, con un intervalo entre 10 y 28 cm, con el mayor número de ejemplares (37) entre 22.1 y 24 cm. Para los 125 machos el promedio fue de 24.9 cm, con un intervalo entre 8.7 y 31.7 cm, con el mayor número de ejemplares (34) entre 28.1 y 30 cm, seguido por 29 individuos entre 26.1 y 28 cm. Para los ejemplares indeterminados el promedio fue de 7.5 cm, con un intervalo entre 2.7 y 10.8 cm. La longitud total promedio para las hembras fue 26.8 cm y varió entre 15.2 y 34.0 cm, a diferencia de los machos cuyo promedio fue 31.4 cm con intervalos entre 11.1 y 39.5 cm. Se observó que los machos alcanzan mayor longitud y mayor peso promedio comparado con las hembras (Figuras 2 y 3).

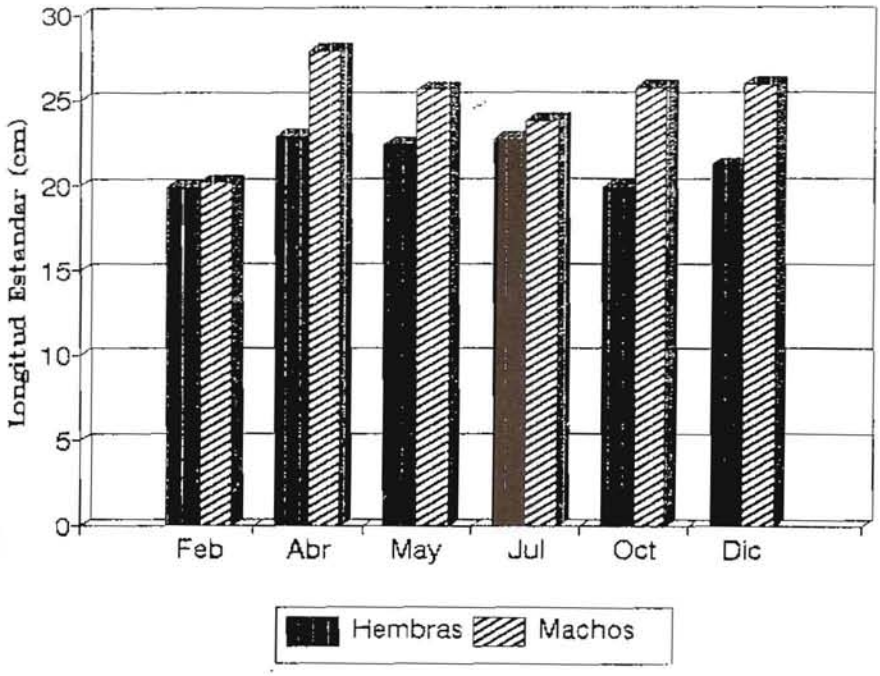

Figura 2. Relación de la longitud estándar y el sexo de *O. niloticus* en el embalse de Betania, a través de 1991.

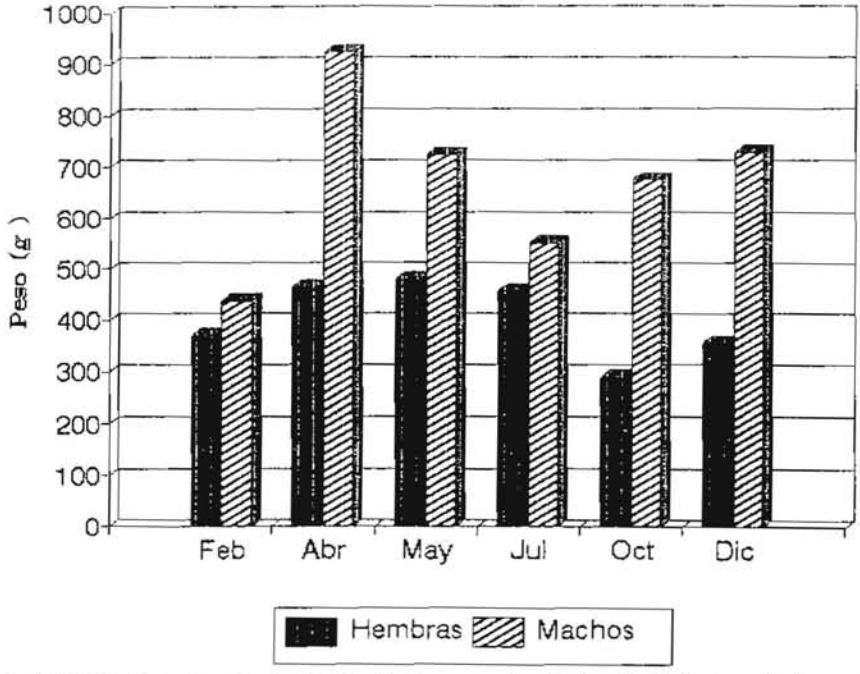

Figura 3. Relación de peso y sexo de *O. niloticus* en el embalse de Betania, a lo largo de 1991.

El peso para este caso es un parámetro muy significativo, debido a que muestra en forma clara el crecimiento diferencial existente entre machos y hembras. En los machos el promedio fue de 673.1 g, con un intervalo entre 28.5 y 1189.5 g, y en las hembras el promedio fue de 401.2 g, con un intervalo de 81.0 a 723.5 g. Lo que demuestra que los machos pueden ganar aproximadamente 500 g más en peso que las hembras. Tal como se observa en la figura 5, principalmente en los muestreos de abril, mayo, octubre y diciembre los machos superan a las hembras por casi el doble o más de su peso.

En el embalse de Betania, la relación longitud-peso para las hembras se expresa por la ecuación $P = 0.0137\ L^{3.1097}$. Para los machos se obtuvo la ecuación $P = 0.0307\ L^{2.8696}$. El coeficiente de correlación ($R^2 = 0.95$ y $R^2 = 0.99$, respectivamente), indica un grado de asociación bastante alto entre las dos variables (Figura 4). El coeficiente de regresión b es cercano a 3, que indica un crecimiento isométrico de la población con respecto a la relación longitud-peso.

Factor de condición (K). Este factor, para la población de nilótica estudiada fue en promedio 1.97 para machos, 2.02 para las hembras y 1.95 para toda la población, inclusive especímenes sexualmente indeterminados. A través de los muestreos se observó que el factor de condición promedio varió a lo largo del año (Figura 5). Tanto para las hembras como para los machos se observó que el valor más alto se presentó en el mes de febrero con 2.28 y 2.06, respectivamente, y posible pico reproductivo de la especie en el embalse.

Hábitos alimenticios. El coeficiente de vacuidad (V), o número de estómagos vacíos (62), fue 35.8%, de los cuales 61.3% (38) eran de hembras, 35.5% (22) de machos y 3.2% (2) juveniles. Durante los muestreos se observó que a partir del mes de mayo se registró un aumento en el número de individuos con estómagos vacíos, presentándose un pico en el mes de julio del 73.3% del total de estómagos; de igual forma en los meses de octubre con 48.1% y en diciembre con 41.7%.

El coeficiente de repleción, o número de estómagos con alimento, fue 64.2% equivalente a 111 estómagos con respecto al número total observado (173). Tomando el total de estómagos con alimento como el 100%, el 14% (16) estaban en la categoría dos (1/3 lleno), 29.7% (33) en la categoría tres (2/3 de llenura), y el mayor porcentaje 55.9% (62) en la categoría 4 de repleción o estómagos llenos.

El análisis cualitativo taxonómico del contenido estomacal de 38 nilóticas entre 6.1 y 28 cm de LE dio un total de 5 clases, 10 ordenes, 16 familias y 31 géneros de fitoplancton; y 2 clases, 3 órdenes, 4 familias y 8 géneros de zooplancton. Además, se estableció un grupo denominado como otros: restos de vegetales, semillas, y microorganismos no identificados por su avanzado grado de fragmentación y/o descomposición (Tabla 1).

Siempre se encontró gran cantidad de detrito, que tal como lo definen Odum y de la Cruz (1963, en Odum & Heald 1972) "es todo tipo de material biogenético en diferentes estadios de descomposición bacterial, conformando agregados o conglomerados junto con partículas inorgánicas, invertebrados, diatomeas, etc., formando pellets naturales de diferentes diámetros".

De cada una de las categorías identificadas se determinó el número de observaciones (n) de cada grupo, el porcentaje de abundancia o índice de abundancia (Iab) de cada estructura con respecto al número total de individuos cuantificados, la frecuencia de ocurrencia (FO) que expresa el número de estómagos en los cuales se observó cada estructura y el porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) con respecto al número total de estómagos observados (Tabla 1).

El índice de abundancia para el fitoplancton mostró un predominio de los órdenes Fragilariales (28.98), Naviculales (18.74) y Zignematales

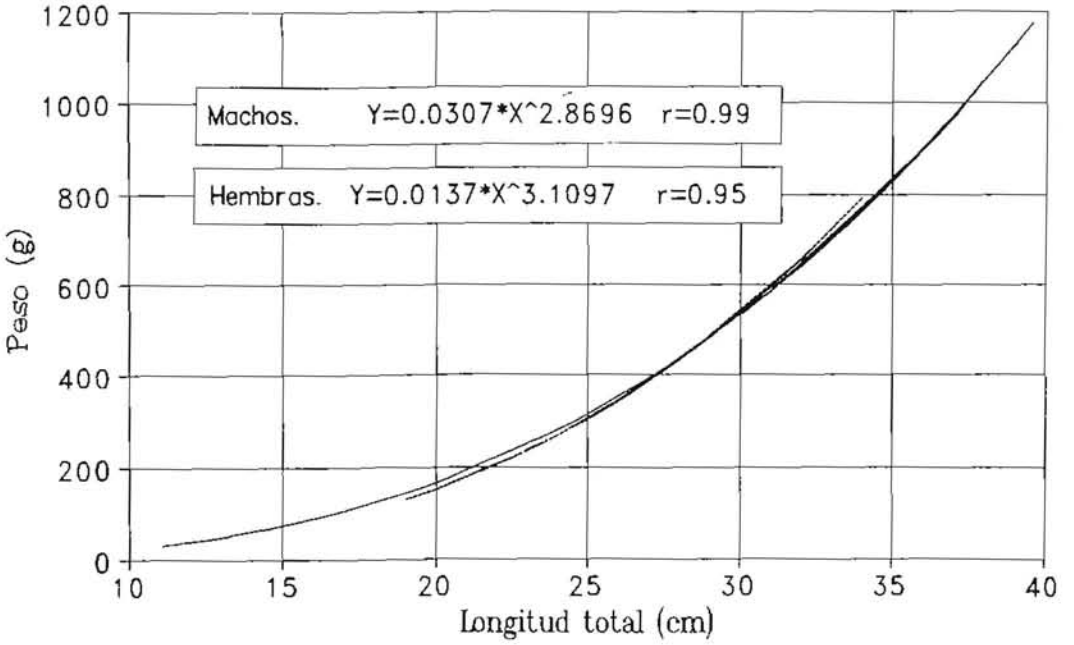

Figura 4. Relación longitud-peso de la población de *O. niloticus*, en el embalse de Betania, en 1991. hembras: línea punteada.

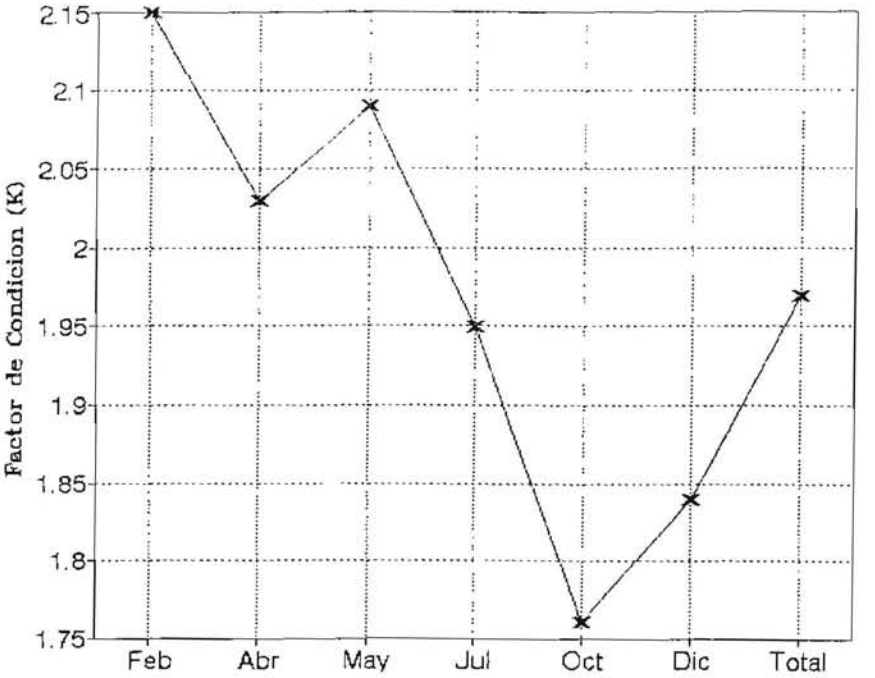

Figura 5. Factor de condición (K) promedio para una muestra poblacional (n = 333) de *O. niloticus* del embalse de Betania, en 1991.

(11.02); en adelante todos los órdenes siguientes tienen índices de abundancia desde 10.69 (Oscillatoriales) hasta 0.01 (Volvocales y Euglenales). Los dos primeros órdenes de diatomeas de la clase Bacillariophyceae están representados principalmente por el género *Synedra* (Fragilariales) y *Navicula* (Naviculales). El orden Zignematales de la clase Chlorophyceae estuvo respresentado en mayor proporción por el género *Cosmarium*.

Al reportar un sólo ejemplar de los géneros *Phacus* y *Volvox* (clases Euglenophyceae y Chlorophyceae, respectivamente), probablemente indica que la presencia en el sedimento de estos organismos no es muy abundante.

En cuanto al porcentaje de frecuencia de ocurrencia, el orden más representativo fue Bacillariales con 82.8%, seguido por Peridiniales con 76.3%. Los órdenes Biddulphiales, Zignematales y Naviculales tienen porcentajes entre 67.5 y 41. Los órdenes Chloroccocales, Nostocales y Oedogoniales tnvieron valores entre 25 y 13%; en menor proporción los Volvocales y Euglenales con 2.6% cada uno (Tabla 1).

El índice de abundancia para el zooplancton fue en general bajo comparado con el fitoplancton. El más alto valor correspondió al orden Ploima con 0.89, representado principalmente por el género *Keratella* y en segundo lugar al orden Copepoda con 0.25 representado por el género *Calanoide* (Tabla 1). El caso contrario se observó en el %FO, donde el orden Ploima obtuvo 16.3% y el orden Copepoda 18.4%. Los restos vegetales y de ivertebrados, y semillas, en comparación con el zooplancton, obtuvieron mayor índice de abundancia y mayor %FO (Tabla 1).

Las tres categorías predominantes son las clases Bacilariofíceas, Clorofíceas y Cianofíceas (Photobacteria), con índices de abundancia de 55.6, 21.6 y 10.7, respectivamente. Representan algo más del 70% del alimento encontrado en los contenidos estomacales de la tilapia nilótica en el embalse de Betania.

Según el íudice de abundancia, se observa un predominio de fitoplancton (94.5%), con respecto al zooplancton (1.2%) y otros organismos (4.3%) en la composición del contenido estomacal de *O. niloticus* en el embalse.

No hubo ninguna diferencia en el tipo de alimentación iñgerida por los peces según los diferentes rangos de longitud. Los ejemplares de menor talla (*e. g.* 6-8 cm) contienen las mismas categorías alimenticias que los ejemplares de tallas mayores (28-30 cm). Este hecho se confirma al observar que la frecuencia relativa de las clorofíceas, bacilariofíceas, dinofíceas y otros microorganismos fue del 100%, que indica que estuvieron presentes en todos los rangos de longitud. Casi en igual proporción (90.9%) estuvieron las Photobacteria, Monogononta y restos vegetales.

Materia orgánica e inorgánica en el contenido estomacal. Se pudo determinar que en promedio el contenido estomacal de 16 ejemplares estuvo conformado por 1.4% de materia orgánica y 98.6% de materia inorgánica, lo que explica la gran cantidad de sedimento qne conforma el contenido estomacal (Tabla 2).

En los contenidos estomacales de los peces colectados en febrero se encontró el mayor porcentaje de materia orgánica (3.9%) con respecto a los contenidos estomacales colectados en el resto del año (0.5 - 0.8%). No se tuvieron datos del muestreo realizado en jnlio debido a que en este período se colectaron pocos estómagos y la mayoría estaban vacíos o en grado de repleción dos (1/3 del estómago lleno).

Proteína del contenido estomacal. El promedio de proteína presente en 11 contenidos estomacales de nilótica fue de 7.5%, con un intervalo entre 4.33 y 8.66% (Tabla 3). No se observó diferencia en el porcentaje de proteína presente en los contenidos estomacales, según sexo y longitud estándar de los ejemplares, ni entre los períodos mensuales de muestreo. El valor promedio de proteína en los contenidos estomacales, demuestra un aporte de nitrógeno conside-

Tabla 1. Composición del contenido estomacal de 38 especímenes de tilapia nilótica en el embalse de Betania en 1991. Número de observaciones (N), índice de abundancia (Iab), frecuencia de ocurrencia (FO), porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO).

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	N	Iab (%)	FO	%FO
Chlorophyta (algas verdes)	Chlorophyceae	Chlorococcales	Characiaceae	Actidesmium	2	0.02	2	5.2
			Chlorococcaceae	Chlorococcum	267	2.38	13	34.2
			Hydrodictyaceae	Pediastrium	40	0.36	15	39.4
			Oocystaceae	Ankistrodesmus	292	2.6	6	15.7
				Exceutrosphaera	10	0.09	7	18.4
				Selenastrum	9	0.08	3	7.9
				Tetraedron	292	2.6	8	21
			Palmellaceae	Sphaerocystis	21	0.19	2	5.2
			Scenedesmaceae	Crucigenia	195	1.74	20	52.6
				Scendesmus	46	0.41	19	50
		Oedogoniales	Oedogoniaceae	Oedogonium	12	0.11	5	13.1
		Volvocales	Volvocaceae	Volvox	1	0.01	1	2.6
		Zignematales	Desmidiaceae	Cosmarium	836	7.45	3	84.2
				Euastrum	8	0.07	3	7.9
				Staurastrum	376	3.35	31	81.5
				Staurodesmos	17	0.15	10	26.3
Cyanophyta	Photobacteria	Nostocales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria	11	0.1	1	2.6
				Spirulina	3	0.03	3	7.9
				Filamentos	1195	10.65	23	60.5
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Phacus	1	0.01	1	2.6
Chrysophyta	Bacillariophyceae (diatomeas)	Biddulphiales	Coscinodiscaceae	Coscinodiscus	243	2.17	22	57.9
				Melosira	314	2.8	26	68.4
				Indeterminado	305	2.71	29	76.3
		Bacillariales	Fragilariaceae	Fragilaria	272	2.42	30	78.9
				Synedra	2981	26.56	33	86.8
		Naviculales	Cymbellaceae	Amphora	188	1.47	23	60.5
				Rhopalodia	42	0.37	13	34.2
			Naviculinaceae	Gyrosigma	4	0.04	3	7.9
				Navicula	1880	16.75	32	84.2
				Stauroneis	12	0.11	7	18.4
Pyrrhophyta (dinoflagelados)	Dynoficeae	Peridiniales	Peridiuiaceae	Peridiuium	736	6.56	29	76.3
	Crustacea	Cladocera	Indeterminado	Indeterminado	3	0.03	3	7.9
		Copepoda	Calanoidae	Calanoida	19	0.17	9	23.7
				Nauplios	9	0.08	5	13.1
				Indeterminado	3	0.03	3	7.9
Rotifera	Monogononta	Ploimma	Brachionidae	Anuraeopsis	9	0.08	4	10.5
				Brachiounus	2	0.02	2	5.2
				Keratella	59	0.53	16	42.1
				Iudetermiuado	14	0.12	6	15.8
			Synchaetidae	Polyarthra	16	0.14	3	7.9
OTROS:	Restos vegetales				213	1.9	26	68.4
	Semillas				150	1.34	7	18.4
	Otros microorganismos				119	1.06	25	65.8
	TOTAL				11224	100		

Tabla 2. Porcentaje de materia orgánica (MO) e inorgánica (MI) presente en 16 contenidos estomacales de tilapia nilótica del embalse de Betania, en 1991. P: peso total y LE: longitud estándar del pez.

Fecha	LE (cm)	P (g)	% MO	% MI
Febrero	20.5	370.9	6.43	93.57
	18.8	281.1	1.00	99.00
	26.4	761.7	2.22	97.78
	28.0	938.7	5.75	94.25
Abril	21.5	477.0	0.36	99.64
	30.5	1113.0	11.49	98.51
	26.0	667.0	0.47	99.53
Mayo	29.0	1030.0	0.19	99.81
	21.5	680.0	0.49	99.51
	22.5	440.0	0.72	99.28
Octubre	28.0	747.5	0.21	99.79
	24.0	474.5	0.66	99.34
	26.0	695.0	0.49	99.51
Diciembre	30.5	1022.5	0.52	99.48
	23.5	490.0	0.81	99.19
	21.5	249.0	0.37	99.63
Promedio	24.9	652.4	1.39	98.61

rable del medio ambiente, posiblemente aportado por bacterias y hongos adheridos al sedimento o detrito que contribuyen en su descomposición.

Carbohidratos en el contenido estomacal. En general el porcentaje de carbohidratos presente en los contenidos estomacales de *O. niloticus,* fue muy bajo o ausente, como en la muestra del mes de mayo que registró una absorbancia de cero, indicando la ausencia de carbohidratos en forma de glucosa (Tabla 4). Debido al escaso número de muestras y al bajo grado de repleción en los estómagos del mes de julio, no se pudo hacer el análisis correspondiente para este período.

Los niveles de carbohidratos, en mg de glucosa, fueron superiores en febrero y luego disminuyen hasta mayo. A partir de octubre se observa un ligero aumento hasta diciembre, pero sin superar el primer registro (Tabla 4). Este comportamiento es similar al observado para el factor de condición, durante el cual en febrero el pez presenta un alto grado de bienestar con un alto contenido de reservas energéticas y una disponibilidad de alimento con un aporte en proteíuas y carbohidratos relativamente alto.

Los porcentajes de los niveles de proteínas y carbohidratos presentes en los contenidos estomacales de *O. niloticus* a lo largo del año, guardan cierta relación - a mayor nivel de proteínas mayor presencia de carbohidratos y viceversa.

Reproducción

Se determinó el estadio gonadal de 298 tilapias niloticas: 106 hembras, 96 machos y 96 indeterminados. En el estadio I se ubicaron todos los individuos indeterminados que por su talla, en promedio 7.5 cm de longitud estándar, sus gónadas no son diferenciables macroscópicamente.

En los machos jóvenes o inmaduros los testículos son semejantes a dos hilos transparentes finamente delgados y elongados. A medida que avanza su grado de desarrollo, gradualmente cambian su color transparente a rojizo, aumentan de tamaño y tienen el aspecto de dos sacos engrosados. En los 96 machos, 31 (32.3%) estaban en estadio II, 35 (36.4%) en estadio III, 23 (24%) en estadio IV y 7 (7.3%) en estadio VI.

Tabla 3. Porcentaje de proteina (%Pr) presente en 11 contenidos estomacales de tilapia nilótica coleccionadas en el embalse de Betania, en 1991. LE: longitud estándar, P: peso total del pez, m: macho, h: hembra, i: inmaduro.

Fecha	LE (cm)	P (g)	% Pr	Sexo
Febrero	8.2 8.1	27.8 25.9	8.66 8.66	i i
Abril	28.5 22.0	937.0 442.2	4.33 8.66	m m
Mayo	22.5 21.5	480.0 400.0	4.33 8.66	h m
Julio	20.0	262.0	8.66	h
Octubre	21.5 25.5	344.5 624.0	8.66 8.66	m m
Diciembre	17.5 11.0	218.0 58.5	8.66 4.66	h m
Promedio	18.7	347.3	7.51	

En las hembras jóvenes los ovarios son similares a dos pequeñas bolsas color crema alargadas, pero de menor longitud que en los machos, y un poco más engrosadas en la parte media. Entre más avanzado sea su grado de desarrollo (estadio III en adelante) se observan con más claridad los oocitos que dan a la gónada un color amarillo quemado, aumentando visiblemente de tamaño y de peso, y por consiguiente ocupan mayor espacio en la cavidad abdominal. De las 106 hembras 7 (6.6%) estaban en estadio II, 55 (51.9%) en estadio III, 39 (36.8%) en estadio IV, 5 (4.7%) en estadio V. Durante todos los períodos de muestreo siempre se encontraron hembras en casi todos los estadios de desarrollo gonadal.

Las hembras en estadio IV se encontraron en mayor proporción (50%) en los meses de febrero y abril; en mayo y julio representaron el 40 y 37.8%, y en octubre y diciembre entre 21 y 25%. El estadio III predominó durante casi todo el año, excepto en febrero con el 25% de las capturas. La captura de hembras en estadio II no fué muy representativa pero siempre se coleccionaron por lo menos una o dos en cada muestreo. En el estadio V las hembras fueron escasas y sólo se coleccionó una en febrero, octubre y diciembre. El hecho de que a lo largo del año se hubieran encontrado hembras en los estadios III y IV, indica que la población se está reproduciendo en el embalse durante todo el año, tal como se ha indicado para esta especie.

En los machos no se observó un predominio importante en ninguno de los estadios gonadales durante el año. El estadio VI fue el menos representado y sólo se capturaron ejemplares en este estadio en abril con 46.2% y en diciembre

Tabla 4. Nivel de absorbancia (Abs-CHO), peso (mg-CHO) y porcentaje de carbohidratos (% CHO) encontrados en el contenido estomacal de tilapia nilótica coleccionadas en el embalse de Betania en 1991. ND: no detectado.

Fecha	Abs-CHO	mg-CHO	% CHO
Febrero	0.24	0.34	1.7
Abril	0.03	0.09	0.5
Mayo	ND	ND	ND
Octubre	0.02	0.08	0.4
Diciembre	0.09	0.16	0.8

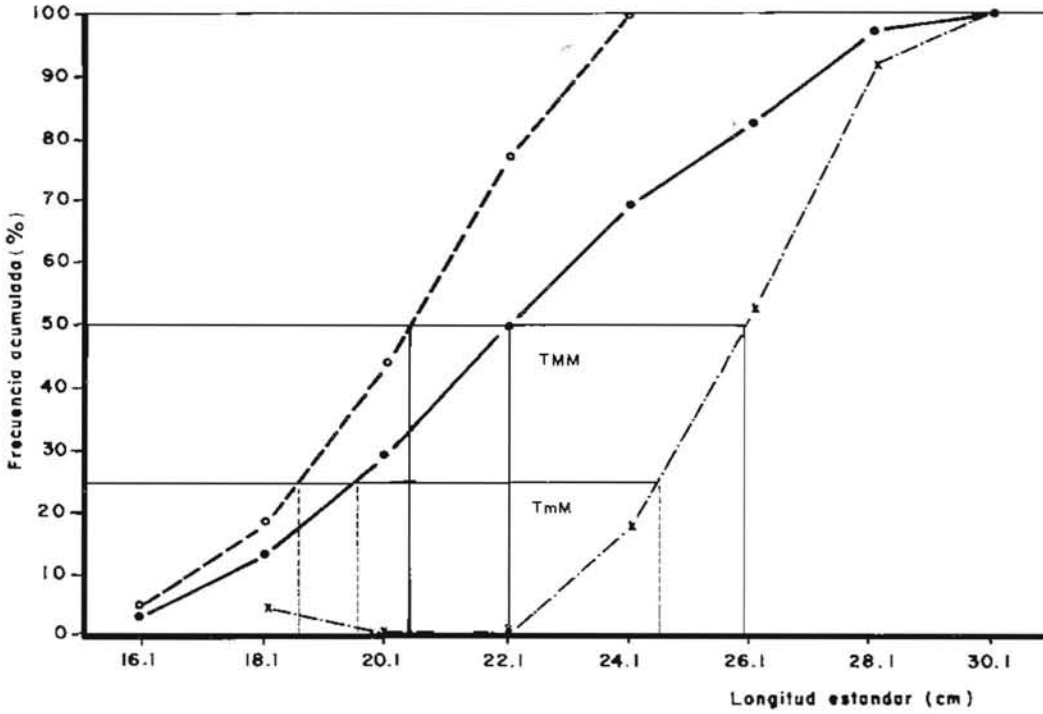

Figura 6. Tallas mínima (TmM) y máxima (TMM) de madurez sexual de O. niloticus en el embalse de Betania, 1991. --- o --- (hembras), —— • —— (sexos combinados), -.-.- x -.-.- (machos).

con el 7.7% de las capturas. El estadio IV en febrero fue del 16.7%, en abril no se capturó ningún ejemplar en este estadio, en mayo aumentó al 44.4% y de julio hasta diciembre no superó el 25%. El estadio III fue al igual que en las hembras el más representado, principalmente en el muestreo de abril que fue del 53.8%, en mayo y julio descendió al 30 y 25%, pero en octubre y diciembre vuelve a aumentar al 61.5% y 46.2%, respectivamente.

Los machos en estadio II obtuvieron en febrero el 66.7% representando el porcentaje más alto en este período; en abril no se obtuvo ejemplar alguno en este estadio y en mayo representaron el 26%; en julio aumentan nuevamente al 50% y en octubre y diciembre fueron el 23.1% de las capturas.

No se observó diferencia apreciable entre la longitud de las hembras de acuerdo a su estadio gonadal. En las hembras la menor talla correspondió a un ejemplar de 10.1 cm de longitud estándar eu estadio gonadal II. La máxima longitud fue registrada en cuatro ejemplares entre 26.1 y 28 cm, uno en estadio gonadal IV y tres en estadio III. En el estadio II se determinaron siete hembras con longitudes desde 10.1 a 24 cm. El estadio III fue el más representado con 55 especímenes con longitudes de 16.1 - 18 y 26.1 - 28 cm, un rango semejante al estadio IV con 39 especímenes de 16.1 a 26 cm. El estadio V fue el menos representado, con 5 hembras entre 20.1 y 26 cm. El intervalo de longitud que concentró mayor número de ejemplares fue entre 22.1 y 24 cm, con 36 hembras en todos los es-

tadios gonadales, seguido por el intervalo 20.1-22 cm con 25 individuos, también en todos los estadios gonadales.

En los machos, la menor talla registrada fue similar a la de las hembras: 5 ejemplares entre 10.1-12 cm en estadio gonadal II, y la mayor longitud (30.1-32 cm) con 7 ejemplares, 3 en estadio III, 2 en IV y 2 en VI. En total 31 machos en estadio II, con longitudes entre 10.1 a 12 y 28.1 a 30 cm. 35 en estadio III, entre 14.1 y 32 cm. 23 en estadio IV, de 18.1 a 20 y 24.1 a 32 cm. El estadio con menor número de individuos fue el IV con 7 ejemplares, uno de ellos en el intervalo 20.1-22 y 6 entre 28.1 y 32 cm. No se capturaron especímenes en estadio V. El mayor número de individuos (24) se encontró en el rango de longitud 28.1-30 cm, representados en todos los estadios gonadales.

Talla mínima (TmM) y media (TMM) de madurez sexual. Para este análisis se tabularon datos de 62 individuos, 39 hembras y 23 machos. Se determinó teóricamente la talla mínima para las hembras en 18.5 cm y para los machos en 24.4 cm, para la población total en 19.3 cm de longitud estándar (Figura 6).

La TMM en las hembras se calculó en 20.3 cm, en machos en 25.8 cm y para la población en general en 22.2 cm (Figura 6). Sin embargo, como estos datos dependen directamente del número de ejemplares analizados, es posible que alcancen la TnM y TMM a longitudes inferiores a las obtenidas según lo reporta la literatura (*e. g.* Lowe-McConell 1975, Goldstein 1978, Rubin 1979).

Fecundidad

Se investigaron 27 ovarios de tilapia nilótica en estadio gonadal IV (inmediatamente antes del desove). El promedio de huevos maduros fue de 1500, con un rango que osciló entre 872 y 3700. El diámetro promedio obtenido, al promediar los valores de los ejes vertical y horizontal, fue de 2.5 mm, con un rango entre 2.2 y 2.8 mm. La longitud estándar promedio en estas hembras fue de 22.8, con un rango entre 17.5 y 26 cm. El peso promedio fue de 474.8 g, con un rango entre 249 y 670 g. Al relacionar la longitud y el peso con el número de huevos, estadísticamente no hubo una correlación directa entre las variables ($r = 0.46$).

En los muestreos realizados en abril y mayo se capturaron 3 hembras con huevos embrionados y larvas en su boca. Una de ellas, con una longitud estándar de 20 cm y 308.5 g de peso, tenía en la boca 615 huevos embrionados. Otra de 25 cm y 702 g de peso total tenía 1090 embriones en su boca. La tercera hembra con una talla de 26.5 cm y 700 g, tenía en la boca 214 larvas con escamas presentes.

Es importante aclarar que las hembras que incuban sus huevos en la boca, al sentirsen atrapadas en la red y por el estrés causado, expulsan sus huevos o crías, y en algunas casos tragan parte de éstos, por lo tanto el dato reportado puede ser incompleto. Este hecho se comprobó al examinar el contenido estomacal de una hembra, en el que se encontraron 92 embriones. Aparte de los embriones no se observó ninguna otra estructura dentro del estómago, lo que respalda la teoría de que las hembras no se alimentan mientras incuban sus huevos.

Desarrollo ontogénico

A través de la colección de huevos embrionados y larvas en la boca de las hembras, se intentó ordenar secuencialmente por estadios, de acuerdo al grado de desarrollo ontogénico correspondiente, con el fin de establecer los diferentes grados y tiempos de desarrollo y calcular el tiempo total de cuidado parental que brinda la hembra a sus crías. Para ello se hicieron observaciones bajo el estereoscopio de luz detallando las estructuras y órganos diferenciados.

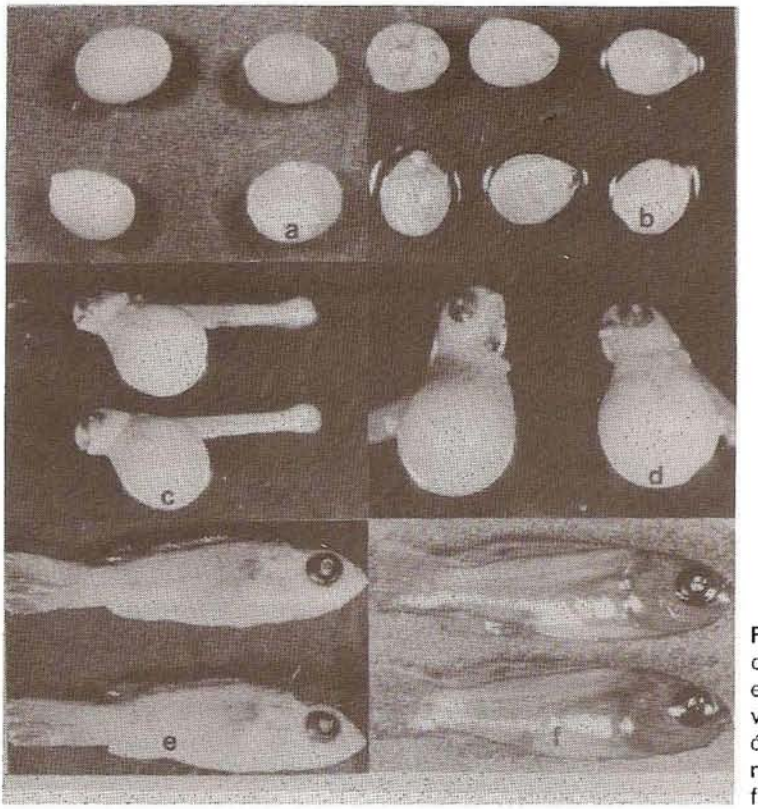

Figura 7. Primeros estadios ontogénicos de *O. niloticus* en la etapa embrionaria y larvaria. **a:** oocitos, **b:** vesículas ópticas, **c:** eclosión, **d:** formación de la boca, **e:** estadio final larvario, **f:** alevino.

Los estadios determinados se compararon con los resultados de Contreras McBeth & Díaz Pardo (1990), donde se diferencian los primeros estadios ontogénicos de *Cichlasoma istlanun*, mojarra criolla endémica de la cuenca del río Balsas en México.

En primer lugar se comparó el tamaño del huevo sin fecundar, en estadio IV o predesove, con el embrión menos desarrollado. El huevo embrionado tenía 0.5 mm más de diámetro (Figura 7a,b). El estadio de vesículas ópticas, corresponde a las primeras fases de diferenciación de estructuras cefálicas; también aparece un saco membranoso qne corresponde al esbozo del corazón y se observan entre 12 y 14 pares de somitas y se diferencia la región caudal.

En el siguiente estadio ha ocurrido la eclosión, las larvas son móviles y cuentan con la diferenciación de estructuras como la cabeza, el cuerpo y se observa un esbozo de la aleta caudal y de la boca (Figura 7c). Las larvas tienen cuerpo recto y sujeto en su porción anteroventral al saco vitelino; dicho saco abarca el 50% de la longitud total, extendiéndose desde el borde anterior de la cabeza hasta el ano.

En el estadio de formación de la boca (Figura 7d), las larvas tienen una longitud total de 7.2 mm, el volumen del saco vitelino ha disminuido en forma considerable y la larva es capaz de abrir y cerrar la boca. La bóveda craneal está bien diferenciada y aparecen los primordios de algunos huesos dérmicos cefálicos. El ojo es negro y con el cristalino dorado, los opérculos son apenas esbozos.

El estadio final larval (Figura 7e) de *O. niloticus*, cuando se ha reabsobido el saco vitelino, ha transcurrido aproximadamente ocho a diez días.

Los ojos han dejado de ser tan voluminosos, aunque han quedado abultadas las córneas, no se consideran alevinos ya que las espinas no han alcanzado el borde superior de la aletas. Aparece una mancha negra en la porción central de los flancos del cuerpo.

En el estadio denominado alevino, con una longitud total de 13.1 mm, aparecen las escamas y las vainas escamosas de la base de las aletas dorsal y anal y todas las estructuras óseas de las aletas alcanzan el borde distal de las mismas (Figura 7f). El pececillo ha completado alrededor de 12 a 15 días.

Pesca

La pesca de la tilapia nilótica se concentró durante 1991 principalmente en las aguas del brazo del río Yaguará. También es relativamente abundante en aguas del brazo del Magdalena pero en menor proporción.

Según Acosta (1992), en el embalse de Betania no existe un censo completo de los pescadores permanentes, se estima que en la actualidad unas 300 personas se dedican a esta actividad, con jornadas de trabajo que exceden las 40 horas por semana a lo largo del año.

El 85% de los pescadores reportan a la tilapia nilótica como la principal especie comercial, que junto con otras constituye la subsistencia del pescador y eventualmente con algún efecto sobre sus ingresos en efectivo. Existe el conceuso de que el principal beneficio que el embalse ha traído a los pescadores es la oferta abundante y relativamente continua de tilapia.

Durante las jornadas de pesca, generalmente realizadas en horas de la noche o al amanecer, opcionalmente los pescadores improvisan ranchos temporales a orillas del embalse con el fin de descansar o preparar un refrigerio. La faena de pesca la realizan en grupos de dos, uno de ellos se dedica específicamente al manejo y conducción de la canoa y el otro al lanzamiento de la atarraya.

Para la comercialización y venta del producto sólo el 7% vende el pescado directamente a consumidores (generalmente en las calles de Neiva). El 93% restante lo vende a intermediarios así: un 40% en Yaguará, un 30% en Neiva, un 7% a orillas del lago y otro tanto en la Plata.

Teniendo en cuenta el número de pescadores permanentes dedicados a la pesca de la tilapia y los datos reportados sobre captura diaria mínima, media y máxima, Acosta (1992) calculó los valores para el posible volumen total de capturas para esta especie así: Para una población de 200 pescadores se obtuvo un estimativo de captura anual mínima de 498 toneladas, la media anual de 960 toneladas, y la máxima anual se estimó en 1.422 toneladas. Si se toma un precio promedio de $1.000/kg, el valor estimado oscilaría entre 498 y 1.422 millones. En esta pesca queda incluida la tilapia herbívora, *Tilapia rendalli*, que aunque es bastante escasa tiene cierto significado en la biomasa total de tilapia extraída del embalse.

En la actualidad existen en el embalse de Betania 7 cultivos en jaulas del híbrido tilapia roja, con densidades de siembra hasta de 150 kg/m^3, y otros tantos proyectos se encuentran en proceso de factibilidades.

Discusión

La tilapia nilótica se encuentra distribuida en todo el embalse de Betania y ciénaga de Chilloa, y representa la población más abundante de peces en cuanto a distribución, ocupación y volumen de extracción.

No hay certeza de cuando y cómo se introdujeron las tilapias en el embalse luego de su llenado en junio de 1987. Posiblemente llegaron allí a través de escapes de especímenes de cultivos próximos al embalse o por persona alguna sin la mínima

responsabilidad en el cuidado de introducción de especies exóticas en medios ambientes naturales. De las dos especies de tilapias encontradas en el embalse durante el estudio, la población de *O. niloticus* es la dominante en más del 95% de la pesca, con respecto a *T. rendalli*. En la ciénaga de Chilloa, se implantó hacia 1988/89 por escape cuando aquí se introdujo un cultivo en jaulas.

La relación longitud-peso mostró, tanto en machos como en hembras, una alta asociación entre estas dos variables (r =0.99 y r =0.95, respectivamente). Según Lowe McConnell (1975), varios estudios han demostrado que cuando se presenta esta alta asociación la población se encuentra en buen estado y hay una madurez sexnal retardada, mientras que en el caso contrario la reproducción se inicia en tallas menores.

Los machos adultos superan a las hembras hasta en 10 cm de longitud y 500 g de peso, debido a que poseen mayor precocidad somática, razón por la cual en psicicultura se utilizan preferencialmente para el engorde.

En el embalse de Betania, mas adelante se podría causar estrés a las poblaciones ícticas con la variación del nivel del agua de acuerdo a la producción de energía eléctrica y por la pesca continua con atarraya durante las 24 horas/año. El estrés puede influir sobre el factor de condición de la población de peces, que se caracteriza por un bajo factor y una pequeña talla de madurez sexual (Lowe McConnell 1987, Adedire & Oduleyet 1984).

La tilapia nilótica basa principalmente su dieta alimenticia en el fitoplancton (94.5%) del sedimento (Cala 1995), material vegetal y restos de invertebrados (4.3%), zooplancton (I.2%) asociados con el sedimento o detritus engullido por el pez. Dentro del fitoplancton las categorías más representativas corresponden a las diatomeas, seguidas por las cianofíceas en su mayoría filamentos, y en tercer lugar cloroficeas. No se encontró diferencia en el tipo de alimento ingerido por las tilapias según rangos de longitud de los peces estudiados (6-32 cm LE).

Trewavas (1983) concluye que *O. niloticus* en Africa puede utilizar una amplia gama de materiales alimenticios. Los alevinos jóvenes son omnívoros, ampliamente persiguen copépodos, hidracarinos, diferentes insectos tanto larvas acuáticas como adultos terrestres que caen al agua. También picotean e ingieren *aufwuchs* (perifiton) y detritus, gradualmente estos peces toman mas fitoplancton, hasta que alcanzan los 6 cm de longitud total el fitoplancton constituye casi la totalidad de su dieta alimenticia. Pero desde los 5 cm de longitud la nilótica es casi completamente hevíbora.

Macbay (1971, en Pinzón Esplam 1990) la define como omnívora, con preferencia al microplancton, algas planctónicas, zooplancton e insectos. Villaneda & Popma (1977) la definen como una especie omnívora, con tendencia herbívora, que consume plantas superiores pero funciona ecológicamente más como "filtrador" del plancton. Pinzón Esplam (1990), describe los principales grupos dietarios de la nilótica como algas filamentosas, microalgas, moho, ostrácodos y copépodos. Rodríguez (1981) define sus hábitos de mayor a menor importancia: fitoplancton, detritos, zooplancton y limnos. Halver (1988), menciona que el género *Oreochromis* es considerado micrófago, alimento que se encuentra en detritos y bentos - ambos ricos en bacterias, protozoos y algún componente animal que proporcionan un alto poder nntritivo. Fryer & Iles (1972) afirman que los *Oreochromis* no son verdaderos filtradores del alimento y que pueden capturar del agua células algales tan pequeñas como 5 micrones de diámetro. Para la captura y retención del plancton, la tilapia nilótica secreta un mucus en la boca, además de la filtración.

Sin embargo, en el embalse de Betania aunque el 94.5% de su alimentación está conformada por fitoplancton, no puede considerarse a *O. niloticus* como filtradora, debido al alto porcentaje

de sedimento (detritus) encontrado en sus estómagos 98.6% de materia inorgánica. En este embalse la nilótica no está tomando su alimento directamente de la columna de agua, sino que prefiere ubicarse hacia la zona litoral, donde hay menor profundidad, mayor temperatura y así mismo mayor disponibilidad de materia orgánica acumulada en el fondo que al ingerirla va acompañada de sedimento. Por consiguiente, además del fitoplancton del sedimento o detritus, una buena parte del aporte nutricional puede estar representado por bacterias, hongos y protozoos, partículas orgánicas y agregados. Es decir, *O. niloticus* en el embalse puede considerarse como detrtívora en el sentido de Goulding et al. (1988: 60) de considerar el detritus encontrado en el estómago del pez estar formado generalmente de hongos, bacterias, protozoos, algas, materia inorgánica y orgánica. El sedimento es cousumido por la tilapia nilótica en primer lugar para tragarse los items alimentarios con los cuales está asociado. La parte de detritus utilizada como alimento por el pez no es clara sino se hace un test experimeutal para su determinación. Según Power (1984, citado por Goulding 1988), 15-22% de la energía que un loricárido de Panamá consume diariamente es empleada para la eliminación del sedimento o detritus sin alimento (material inorgánico). El comportamiento alimentario de la tilapia nilótica es semejante en la ciénaga de Chilloa.

En lo referente al poder nutricional del detrito, partículas inorgánicas y agregados, Baier (1935, en Odum 1969, y tomado de Osorio 1980) establece que su valor nutricional proviene de las bacterias y hongos que participan en la descomposición. Fue asi como la microscopía de fluorescencia con naranja de acridina reveló que estas categorias (detritos, partículas inorgánicas y agregados) estaban cubiertas con grandes cantidades de bacterias, hongos y protozoos, con gran poder nutritivo.

Al evaluar el poder nutricional del contenido estomacal de *O. niloticus* del embalse de Betania se encontró un porcentaje promedio de 7.5% de proteína y 0.85% de carbohidratos que, para un medio natural, se considera un porcentaje de proteína relativamente alto.

Se considera que el pico reproductivo de la especie en el embalse se realiza en mayo y junio. A lo largo del año siempre se capturaron ejemplares en todos los estadios gonadales en mayor o menor proporción. A partir de 16 cm de longitud estándar se encuentran hembras en todos los estadios gonadales y para tallas entre 10 y 16 cm sólo se reportaron hembras en estadio II. En los machos a partir de 18 cm se encontraron ejemplares en todos los estadios gonadales, aunque el estadio III se registró desde 14 cm LT. Algunos autores relacionan la época de reproducción de la tilapia con el inicio de períodos de lluvia en lagos africanos (e. g. Trewavas 1983).

La talla mínima de madurez sexual (estadio gonadal IV - oocitos maduros) en las hembras fue de 16.1 cm y en los machos de 18.1 cm LT. La talla mínima teórica de madurez sexual se estimó en 18.5 cm para las hembras y 24.4 cm para los machos. Plisner et al. (1988) reportan 18.7 cm LT para las hembras y 18.1 cm para los machos. Trewavas (1983) menciona una correlación entre el peso, la madurez sexual y la condición del pez, y cita datos de Lowe McConnell (1958) en lagos africanos para *O. niloticus* con tallas de madurez sexual desde 12 hasta 28 cm de longitud total.

La fecundidad de la tilaía nilótica se estableció en promedio en 1500 (872-3700) oocitos para una hembra de 22.8 cm de longitud estándar y 474.8 g. Este es un valor bastante alto, que aunado con la iucubación bucal y cuidado parental de las larvas asegura un alto nivel de producción en Betania, comparado con los datos de Lowe McConnell (1955, en Trewavas 1983) de 340 huevos en un pez de 17 cm de longitud total (ca. 14 cm LE) y 3706 a una longitud de 57 cm (ca. 50 cm·LE). En Betania el mínimo valor se calculó en 872 huevos para un ejemplar de 17.5 cm de LE y 3700 de una hembra de 26 cm.

El número de embriones registardos (1090) en la boca de una de las hembras capturadas en Betania se aproxima al valor promedio calculado para la fecundidad, lo que indica un alto índice de supervivencia. El cuidado parental, como el de todos los organismos evolucionados asegura la supervivencia de casi la totalidad de sus crías.

Se hizo una pesca con atarraya por cerca de 6 horas aguas arriba del embalse, tanto en el río Yaguará hasta la confluencia del río Pedernal, y en el río Magdalena hasta la confluencia del río Páez. Entre las diferentes especies típicas capturadas de los dos sistemas, solo se capturó una tilapia nilótica en el río Magdalena. Igualmente se pescó aguas abajo del embalse en el río Magdalena y allí la captura de tilapia nilótica y herbívora fue mas representativa, ya que las aguas inmediatamente abajo del dique son mas lénticas. Esto indica la poca viabilidad de estas dos especies en las corrientes de los ríos.

En cuanto a la adaptación y colonización de las tilapias, en los sistemas de aguas naturales en Colombia, se puede decir que la especie con mayor éxito aparente hasta la fecha es *O. niloticus,* principalmente en aguas lénticas cálidas (i. e. embalses, lagunas, ciénagas) donde llega a convertirse en la especie básica de la pesca, inclusive sobrepasar inicialmente a la de las especies nativas tradicionalmente dominantes en la pesca, como el bocachico en la ciénaga de Chilloa en El Banco, Magdalena; y en menor escala en aguas corrientes o lóticas.

Nuestras investigaciones en la cuenca del río Magdalena, sobre comunidades y ecología de cuerpos de agua lénticos o de tipo lacustre (i. e. embalse de Betania en el Huila, y ciénaga de Chilloa en El Banco, Magdalena), muestran que las ventajas a corto plazo con respecto al crecimiento y productividad poblacional de la tilapia nilótica, introducida en estas aguas hacia 1987/89, son muy buenas. También se ha notado que las tilapias son mucho más abundantes en las ciénagas y embalses de la cuenca del Magdalena que en el propio río y sus afluentes. Pero aún no se pueden predecir las consecuencias a nivel de comunidad cuando las poblaciones de tilapia nilótica alcancen su máximo crecimiento, referente a las interacciones con grupos ícticos funcionalmente cercanos. Posiblemente, también la pesca de la tilapia decrecerá, al igual que ha sucedido en todo el sistema del Magdalena con las espcies comerciales nativas, si no se hace un manejo adecuado de las pesquerías. Las tilapias se reproducen en estos sitios durante todo el año, con algunos meses pico, (mayo-julio).

Una introducción de una especie íctica con posibilidad de éxito en un nuevo medio natural no es lógica, máxime si se trata de un sistema que se va a rehabilitar como es el caso de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) - según proyecto de reabilitación Pro-Ciénaga que se desarrolla a través del Proyecto de Cooperación Colombo-Alemán - donde hay un flujo entre el mar y la ciénaga y ríos tributarios de especies nativas altamente comerciales, y que podrían reestablecer la pesca perdida si a éstas se les da el manejo pesquero sostenible correcto. Además, un cultivo intensivo en jaulas eutrofica más fácilmente un cuerpo de agua de poca profundidad como lo es la CGSM. Los beneficios potenciales del cultivo de las tilapias en cuerpos de aguas naturales colombianas deberían ser sopesados contra los riesgos que estas conllevan.

Generalidades sobre la introducción de especies exótica. La introducción de nuevas especies dentro de comunidades acuáticas, con frecuencia ha creado más problemas que soluciones, se puede ilustrar con el siguiente ejemplo: Barel (1985), menciona que en 1960 la perca del Nilo, *Lates niloticus,* encontró su propio camino en la parte norte del lago Victoria, aparentemente a partir de estanques donde había sido depositada en espera de una disputa acerca de su conveniencia o inconveniencia de su introducción en el lago Victoria. La pesca del Nilo se dispersó en el lago, pero solo a finales de los años setenta se notó un alarmante aumento de la perca y un concomitante descenso de los Haplochrominae, y de otros

peces en las aguas kenianas del lago. Aquí, estos cíclidos nativos virtualmente han desaparecido. Donde antes del establecimiento de la pesca del Nilo, varios cientos de miles de cíclidos de la subfamilia Haplocrominae eran capturados en una hora de pesca de arrastre. En 1984 solo dos especímenes fueron obtenidos con un esfuerzo de pesca similar, la captura consistió en esta ocasión principalmente de pesca del Nilo.

Los cíclidos de la subfamilia Haplochrominae del lago Victoria comprenden aproximadamente 300 especies. La mayoría de ellas han sido descubiertas y descritas recientemente. Evolutivamente, el lago Victoria es muy joven, pues se originó hace menos de un millón de años. Toda evidencia indicaba que con los haplocromines del lago Victoria se estaba observando una fase incipiente de evolución de vertebrados. Un gran número de especies endémicas de cíclidos del lago Victoria están en vía de extinción por una introducción indeseada, y un laboratorio viviente de evolución de vertebrados ha sido destruido.

De manera intencional o accidental, las tilapias mosámbica *(O. mossambicus)*, herbívora *(Tilapia rendalli)*, aurea *(O. aureus)*, hornorum *(O. hornorum)*, el híbrido tilapia roja, pero especialmente la tilapia nilótica *(Oreochromis niloticus)* se vienen introduciendo indiscriminadamente en los cuerpos de agua cenagoso/lacustrino del sistema del río Magdalena. Curiosamente, muchas veces estas introducciones son fomentadas por las mismas autoridades que deben velar por el buen manejo y protección de la biodiversidad, y por ende de la no introducción de especies exóticas en comunidades acuáticas naturales sin el debido estudio previo de probabilidades de que la introducción no será nociva. En estos cuerpos de agua de tipo léntico, la tilapia nilótica ha tenido un crecimiento poblacional inicial exponencial (e.g., embalses de El Guájaro en el Atlántico, Betania en el Huila, y la ciénaga de Chilloa en El Banco, Magdalena).

La justificación principal de la introducción ha sido el fomento de la pesca en estos cuerpos de agua donde la pesca de especies nativas ha declinado sustancialmente. Lo mismo sucede ahora con la tilapia nilótica introducida en el embalse de El Guájaro, donde el INPA sigue introduciendo periódicamente nilótica para incrementar la pesca al igual que en Betania. Pero el verdadero problema es de manejo de las pesquerías y la sobrepesca, ya sea de especies nativas o introducidas al disminuir cada vez más las tallas de los especímenes capturados muy por debajo de las tallas mínimas de madurez sexual o de captura, inclusive sin ninguna precaución o veda siquiera parcial en épocas de reproducción de los peces.

Li & Moyle (1981, en Nellbring 1989), sugieren un análisis de bucle *(loop analysis)* como herramienta útil en el estudio de sistemas acuáticos para predecir el comportamiento de estos una vez una introducción es hecha. Ellos también hacen las siguientes afirmaciones, modificadas para nuestro caso, que deben tenerse en cuenta en el manejo de las pesquerías:

1. Ninguna introducción deberá ser hecha en los pocos sistemas acuáticos que aún quedan y que muestran poca evidencia de perturbación humana.

2. Las introducciones deberán ser consideradas principalmente para sistemas que han sido tan alterados por la actividad humana que es necesario crear una nueva comunidad, y tomar ventaja de la productividad.

3. Las introducciones deberán ser principalmente consideradas para cuerpos de agua que estén suficientemente aislados, de modo que la dispersión incontrolada de la especie introducida sea improbable. Sí el cuerpo de agua no está aislado, las aguas contiguas deberán ser analizadas para efectos potenciales de la introducción de la misma manera que las aguas objeto de la introducción.

4. Cualquier sistema considerado para una introducción deberá ser inventariado exhaustivamente.

5. El inventario deberá ser organizado en listas de especies agrupadas funcionalmente por habitat y posición trófica: pelágicos piscívoros, detritívoros bentónicos, y así sucesivamente.

6. A partir de la información existente, se deben hacer estimativos para los grupos funcionales con los cuales la especie a introducir irá a interactuar. La señales de las posibles interacciones deberán ser determinadas, y usar el análisis de bucle para obtener un rango de posibles respuestas. Los estudios deberán conducir a llenar vacíos con datos revelados por el análisis, y determinar la intensidad de las posibles interacciones.

Además:

(a) La amplitud del nicho de la especie a introducir deberá ser estrecho, inclusive ser estenófaga.

(b) Debe tener una baja vagilidad, así que si se escapara del lugar original de la introducción, habría un buen chance de controlar su propagación.

(c) Deberá estar libre de enfermedades y parásitos exóticos al sistema.

Según uuestros estudios y experiencias, en Colombia no podemos decir que la tilapia nilótica haya sido una especie adecuada de introducir al país, de acuerdo a los literales (a) y (b). Y si a esto le sumamos el hecho de existir poca información definitiva sobre el impacto de las tilapias introducidas en sistemas naturales, y específicamente al no existir para todos las aguas naturales colombianas donde se han introducido las tilapias, así: se podría tildar de irresponsable esta introducción, al no realizarsen los estudios previos a las introducciones arriba mencionados. La justificación de tales introducciones muchas veces se basa solo en los beneficios económicos que traen y se olvidan los ambientales.

En general en nuestro medio, y para el caso, una y otra vez resalta la necesidad de personal entrenado, promosión del conocimiento, planificación y el buen manejo ambiental integral, y sobretodo de un buen matrimonio, con conocimiento de causa y efecto, entre los planificadores y usuarios.

Agradecimientos

El trabajo se llevó a cabo parcialmente dentro del Contrato 268/90 entre la Universidad Nacional de Colombia y la CHB. Al Departamento de Biología y a las directivas de la Facultad de Ciencias por su oportuno apoyo en la ejecución del proyecto. A la Bióloga Gema Horta por su desinteresada colaboración en el uso de los equipos de la Unidad de Manejo Ambiental de la CHB en Letrán (Yaguará). La profesora Sixta T. Martínez muy amablemente facilitó el Laboratorio de Bioquímica del Departamento de Química de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, para hacer los análisis de proteína y carbohidratos. Al biólogo Miller Cedeño y Angelino Ramos por su efectiva colaboración en la fase de campo.

Referencias

ACOSTA, J. 1992. Características económicas de la actividad pesquera en el embalse de Betania. En P. Cala, G. Guillot, J. Acosta & E. González (eds.) Estudio piscícola y plan de desarrollo pesquero en el embalse de Betania y sus ríos afluentes. Informe final, Santafé de Bogotá.

ADEDIRE, C. O. & S. O. ODULEYET. 1984. Stress-induced water permeability changes in the tropical cichlid. *Oreochromis niloticus* (Trewavas), Department of Biological Sciences, University of Horin, Nigeria. J. Fish Biol. 25 (4): 463-471.

BAGENAL, T. B. & F. TESCH. 1978. Age and growth. In T. BAGENAL (ed.) Methods for assessment of fish production in fresh waters Third edition. IBP Handbook No 3: 101-136.

BAREL, C. D. H. 1985. Cichlid species flock of Lake Victoria on the verge of extinction. Haplochromis Ecology Survey Team (HEST), Leiden, The Netherlands. 2 p.

CADWALLADER, P. L. 1975. Feeding relationships of galaxiids, bullies, els and trout in New Zeland River. Aust J. Mar. Freshw. Res. 26: 299-316.

CALA, P. 1971. Size and age at maturity, ripening and fecundity of the ide *Idus idus* (L.). Report Inst. Freshwat. Res., Drottningholm, 51: 31-46.

CALA, P. 1995. Trophic levels of the most abundant fishes of the Betania Reservoir, upper Río Magdalena, Colombia. Acta Biol. Venez. 16(1): 47-53.

CALA, P., C. PEREZ & I. RODRIGUEZ. 1996. Aspectos bioecológicos de la población de capaz, *Pimelodus grosskopfii* (Pisces: Pimelodidae), en el embalse de Betania y parte alta del río Magdalena, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 20(77): 319-330.

CONTRERAS McBEATH, T. & E. DIAZ-PARDO. 1990. Primeros estadios ontogénicos de *Cichlasoma istlanum* (Pisces : Cichlidae). An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 33:85-101.

ESPINOSA, V. 1972. La biología y la pesca de la corvina *Cynoscion maracaiboensis* del lago de Maracaibo. Serv. Rec. Explot. Pesq. 2 (3):132-140.

FERNANDEZ, A. 1982. Guía para el estudio de las algas. Dept. Cienc. Biol., Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

FRYER, G. & T. ILES, 1972. The cichild fishes of the great lakes of Africa. Their biology and evolution. Oliver Boyd, Edimburgh.

GOLDSTEIN, R. 1978. Cichlid of the world. T.F.H. Publ., Neptune City, N. J.

GONZALEZ, A. 1988. El plancton de las aguas continentales. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos (OEA). Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington. 130 p.

GONZALEZ, S. G. & B. C. AGUILAR. 1983. Comparación del método frecuencial con otros métodos de análisis del contenido estomacal en peces. Rev. Invest. Mar. Univ. Habana IV (3): 105-122.

GOULDING, M., M. L. CARVAHLO & E. G. FERREIRA. 1988. Río Negro, rich life in poor water. Amazonian diversity and foodchain ecology as seen through fish communities. SPB Academic Publ. bv. The Hague. 200 p.

HALVER, J. E. 1988. Fish nutrition. Second edition. Academic Press. 788 p.

HERNANDEZ, A. & R. PUENTES. 1988. Investigación sobre el estado de la acuicultura en Colombia. Proyecto FAO: Apoyo a las actividades regionales de acuicultura para América Latina y el Caribe. Bogotá.

HYNES, H. B. 1950. The food of fres-water sticklebacks, (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fish. J. Anim. Ecol. 19 (1): 36-58.

HYSLOP, E. J. 1980. Stomach contents analysis: a review of methods and their application. J. Fish. Biol. 17 (4): 411-430.

LOWE McCONELL, R. 1975. Fish communities in tropical freshwaters. Longman, New York. 337 p.

LOWE McCONELL, R. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press, Cambridge. 382 p.

MONTOYA VILLARREAL, S. P. & M. A. RAMOS QUITIAN. 1993. Productividad primaria y biomasa fitoplanctónica en el embalse de Betania. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

NELBRING, S. 1989. The ecology of smelts (genus *Osmerus*): a literature review. Nordic J. Freshw. Res. 65(1989): 116-145.

NIKOLSKY, G. V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press, London. 352 p.

ODUM, E. & E. J. HEALD. 1972. Trophic analysis of an estuarine mangrove community. Bull. Mar. Sci. 22 (3): 671-738.

OSORIO, D. 1980. Ecología trófica de *Mugil curema*, *Mugil incilis* y *Mugil lisa*, (Pisces: Mugilidae) en la ciénaga grande de Santa Marta. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

PENNAK, R. W. 1989. Fresh-water invertebrates of the United States: Protozoa to Mollusca. Third edition. John Wiley & Sons, New York. xvi+628 p.

PLISNER, P. D., J. C. MICHA & V. FRANK. 1988. Biologie et explotation des poissons du Lac Ihema (Bassin Akagera, Rwanda). Press Universitaires du Namur (Belgieque), pp. 24-34.

REYNOLDS, C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridges Studies in Ecology. Cambridge University Press, Cambridge. 383 p.

RODRIGUEZ, D. 1981. Declaración del efecto ambiental para el cultivo de tilapia nilótica en el sistema magdalénico. Centro de Investigación Piscícola de Repelón (Atlántico), INDERENA, Colombia.

RUBIN, R. 1979. Piscicultura rural. Segunda edición. Editores Mexicanos Unidos S.A., México. p. 116-119.

SMITH, G. 1950. The fresh-water algae of the United States. Second edition. McGraw Hill, New York.

STERBA, G. 1966. Freshwater fishes of the world. Studio Vista, London. 877 p.

STRICKLAND, J. D. H. & T. R. PARSONS. 1975. A practical handbook of seawater analisys. Second edition. Bull. Res. Canada. 310 p.

SYSOEV, A. F. 1967. Improvement of the Keldahl determination of total nitrogen. C. A. 67: 72476.

TREWAVAS, E. 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon, oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History).

VILLANEDA, A. & T. POPMA. 1977. Sustentación de la introducción de *Sarotherodon niloticus* (tilapia nilótica) en Colombia. INDERENA, Bogotá.

WARD, H. 1965. Fresh water biology. Second edition. W. F. Edmondson University of Washington. 1248 p.

Trabajos de grado realizados en Colombia sobre tilapia nilótica. (Es muy posible que se nos hayan escapado algunos trabajos, especialmente de fuera de Bogotá)

AJIACO MARTINEZ, R. E. & M. del P. DORADO LONGAS. 1984. Evaluación del potencial del híbrido *Sarotherodon niloticus* y *Sarotherodon mossambicus* para su cultivo en estanques. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

ARENAS GRANADOS, P. & H. RAMIREZ G. 1985. Comparación de crecimiento de machos y hembras de *Sarotherodon niloticus* (TREWAVAS, 1973) y dos tipos de fertilización orgánica con alimentación suplementaria. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

AVILA MARIÑO, M. J. 1991. Cultivo intensivo experimental de *Sarotherodon niloticus*, TREWAVAS 1973 en jaulas flotantes. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

BERNAL ROSAS, G. I. 1992. Estudio bioecológico de la tilapia nilótica, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1766) (Pisces: Cichlidae) en el embalse de Betania. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 131 p.

BOTERO JIMENEZ, F. I. & J. B. RAMIREZ ALZATE. 1985. Respuesta de rendimiento de *Sarotherodon niloticus* (TREWAVAS 1973) al ser sometido a una dieta enriquecida con harinas de algunas especies de macroalgas del Caribe Colombiano. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

CABALLERO ALMERIO, M. I. 1982. Relación óptima de sexos en *Tilapia nilotica* (LINNAEUS, 1767) para la producción de alevinos en jaulas flotantes y el ensayo de un método de sexaje mecánico. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

CAÑAS ZAPATA, L. F. & J. E. SANCHEZ RAMIREZ. 1985. cultivo de bebederos de ganado de *Sarotherodon niloticus* (TREWAVAS 1973) macho con alimentación suplementaria a base de desperdicios agropecuarios. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

CELIS MALDONADO, C. A. & H. A. MARTINEZ DIAZ. 1993. Análisis de crecimiento y viabilidad entre monocultivos de poblaciones diploides y triploides de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Trabajo de grado, Facultad de Medicina Veterinaria & Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 157 p.

CONTRERAS CASTRO, P. J. 1982. Cultivo en jaulas de *Tilapia nilotica* (LINNAEUS 1776) en estanques con tres dietas alimenticias. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

FADUL MEYER, E. M. 1982. Observación del crecimiento de *Tilapia nilotica* (LINNAEUS 1776) en jaulas flotantes en estanques con tres densidades de siembra. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

GOMEZ BERNAL, C. A. 1982. Control biológico de la sobrepoblación de los alevinos de *Tilapia nilotica* (LINNAEUS 1776) con la doncella *Ageneiosus caucanus* (STEINDACHNER 1880) como predador. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

GOMEZ, D. M. & S. RICO. 1990. Evaluación comparativa de tres densidades de siembra en un cultivo monosexo - machos de *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS, 1766), con alimentación suplementaria. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

LOZANO VARGAS, H. 1984. Cultivo intensivo monosexo (machos) de *Sarotherodon niloticus* (TREWAVAS 1973) en jaulas flotantes. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

MANCERA-RODRIGUEZ, N. J. 1996. Aspectos bioecológicos de la comunidad íctica asociada a un cultivo de peces en jaulas flotantes, en el embalse de Betania, Huila. Trabajo de grado, Dept. Biol., Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede de Santafé de Bogotá. Santafé de Bogotá. 140 pp.

MORENO JIMENEZ, J. G., F. WILMER & A. VELASQUEZ REY. 1990. Estudio comparativo de tres densidades de siembra de cultivo monosexo (machos) de *Oreochromis niloticus* con alimentación suplementaria. Facultad de Medicina Veterinaria & Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 106 p.

PEDRAZA ISAACS, F. 1988. Cultivo de la mojarra plateada *Sarotherodon niloticus* LINNAEUS). Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

PINZON ESPLAM, A. I. 1990. Hábitos alimentarios de tres especies ícticas de importancia comercial en el embalse del Guájaro, Atlántico. Arenca, pacora y tilapia con algunas anotaciones ecológicas. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

PULIDO GARZON, J. de J. F. & C. A. SANCHEZ CORREDOR. 1992. Estudio comparativo del crecimiento del cultivo monosexo (machos) de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) y el híbrido tilapia roja, en aguas de clima medio. Trabajo de grado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 103 p.

RUSSI KILBY, D. 1988. Policultivo del camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* (DE MAN) con machos híbridos de mojarra *Oreochromis hornorum* Trew (macho) y *O. niloticus* L 1776 (hembra) en estanques de tierra de la estación piscícola del INDERENA en Repelón (Atlántico-Colombia). Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.

VERGARA VARELA, HERNANDO. 19-- . Determinación de la concentración letal media LC50 del herbicida stam-100 sobre dos especies ícticas *Tilapia nilotica* LINNAEUS, 1776 (Tilapia) y *Mugil incilis*, HANCOCK 1830, (Lisa). Trabajo de grado, Universidad Javeriana, Bogotá.

ASPECTOS BIOECOLOGICOS DE LA COMUNIDAD ICTICA ASOCIADA A UN CULTIVO DE TILAPIA ROJA EN JAULAS FLOTANTES EN EL EMBALSE DE BETANIA, COLOMBIA

NÉSTOR JAVIER MANCERA - RODRÍGUEZ & PLUTARCO CALA
Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Santafé de Bogotá
A.A. 14 490, Santafé de Bogotá

Resumen

El presente estudio analiza los cambios en la preferencia alimentaria de los peces del embalse asociados a un cultivo intensivo de tilapia roja en jaulas flotantes.

Se determinó la presencia de 12 especies ícticas asociadas al cultivo, algunas de las cuales han presentado variaciones o adaptaciones en sus preferencias alimentarias. Los principales cambios los presentan las especies *A. fasciatus*, y *A. bimaculatus* (sardina colinegra), de las cuales una parte de la población del embalse se ha convertido en comensal del cultivo, ya que se encuentran consumiendo casi exclusivamente alimento concentrado residual en la zona de los cultivos de peces. Otras especies como *Ctenolucius hujeta* (aguja), *Hoplias malabaricus* (mocho o dentón) y *Roeboides magdalenae* (juanviejo), que no presentan cambios en sus preferencias alimentarias, están presentes asociadas en los cultivos aprovechando la buena disponibilidad de presas allí presentes. Otros peces han mantenido sus preferencias alimentarias y adicionalmente consumen alimento concentrado en los sitios de cultivo, e.g. *Caquetaia kraussii* (mojarra amarilla), *Oreochromis niloticus* (tilapia nilótica), *Geophagus steindachneri* (jacho), *Sternopygus macrurus* (caloche)

El análisis de los parámetros físico-químicos permite concluir que se presenta un deterioro de la calidad del agua, producido en los cultivos de peces en jaulas flotantes, por lo cual se debe empezar a investigar los verdaderos efectos causados en la columna de agua y sedimentos debajo de los cultivos de peces, desde el punto de vista físico-químico, de nutrientes y sedimentación.

Palabras claves: Cambios alimentarios, peces asociados, cultivo peces jaulas flotantes.

Abstract

The present investigation analizes the changes produced on the feeding preference of native fishes associated with an intensive cageculture of red tilapia. Members of 12 fish species were found in one of the fish cultures studied in the Betania reservoir. Some fishes commenced to feed exclusively on remais of commercial pelleted red tilapia diet used at the culture i. e. *Astyanax fasciatus* and *A. bimaculatus* that enter the cagecultures. Other, as *Ctenolucius hujeta*, find an easy way to capture their prey or take fish scales (i.e. *Roeboides magdalenae)* on concentrated fishes. Finally, there are fishes that only occasionally take comercial food (e. g. *Oreochromis niloticus*, *Caquetaia kraussii*, *Geophagus steindachneri*, *Sternopygus macrurus*. In general water quality in relation to the fish culture in the Betania reservoir stayed within acceptable limits for the time, but it closer studies, including the effect of nutrients and sedimentation process related with the cagecultures.

Key words: On feeding habits, Reservoir fishes, near red tilapia cageculture.

Introducción

La construcción de embalses se ha convertido en una solución inmediata a los problemas energéticos en Colombia, sin embargo los mismos generan en el ambiente un cambio drástico, ya que modifican radicalmente los sistemas de ríos. Con el represamiento de un río, ocurren cambios, tanto en los factores bióticos como abióticos, que pueden ser acelerados por acción antrópica alterando los ciclos biológicos naturales, afectando la dinámica del ecosistema acuático. Según Cala (1995), la construcción del embalse de Betania, separó la ictiofauna de la parte alta del río Magdalena: "poblaciones de varias especies de peces migratorios atrapados aguas arriba del embalse han desaparecido o decrecido (e.g. el bocachico - *Prochilodus magdalenae*, la dorada - *Brycon moorei*, el pataló - *Ichthyoelephas longirostris*, la picuda - *Salminus affinis*); otras parecen haberse establecido y son una parte básica de las pesquerías del embalse (i.e. el capaz - *Pimelodus grosskopfii*, el nicuro - *Pimelodus clarias*)". Especies exóticas han sido introducidas en el embalse tales como tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), tilapia herbívora (*Tilapia rendelli*), carpa común (*Cyprinus carpio*), carpa espejo (*Cyprinus carpio* var. *specularis*), y recientemente la carpa cabezona? (*Aristichthys nobilis*).

El área embalsada en Colombia alcanza las 63.238 ha, con una capacidad total de 8.684 millones de metros cúbicos. Estas cifras son casi el triple del área de los principales lagos o lagunas de Colombia, la cnal se estima en 19.031 ha. Estos reservorios se encuentran ubicados en los pisos térmicos fríos (23%), en los cálidos (47%) y en las altitudes medias (30%) (Valderrama 1995). En Colombia, la utilización de los embalses con actividades diferentes a la generación de energía eléctrica (e. g. piscicultura en jaulas) ha sido muy limitada.

Entre los principales embalses colombianos que se han catalogado con vocación pesqnera se encuentran Betania, Prado, Salvajina, El Guájaro, Peñol y Neusa, en los cuales son capturadas más de veinte especies de peces de interés comercial, entre ellas: tilapia nilótica (*O. niloticus*), tilapia roja, capaz (*P. grosskopfii*), nicuro (*P. clarias*), arenca (*Triportheus magdalenae*), sabaleta (*Brycon henni*), carpa común (*C. carpio*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

La piscicultura en jaulas flotantes en embalses, genera grandes ventajas, pero a la vez lleva consigo cambios en las condiciones biológicas y físico-químicas del cuerpo de agua, por lo tanto es necesario mantener un constante control del ecosistema acuícola, llevando a cabo monitoreos físico-químicos de las aguas, con el fin de detectar posibles síntomas de eutroficación o de deterioro de la calidad del agua. También es necesario efectuar un inventario de las especies de peces presentes en el embalse y los posibles cambios en la dinámica de estas poblaciones, y el seguimiento de los escapes de individuos cultivados, especialmente si se trata de una especie introducida.

En 1991 se efectuó el estudio piscícola y plan de desarrollo pesquero del embalse de Betania y sus ríos afluentes, estudios que revisten gran importancia ya que se realizó un análisis limnológico y biológico de las poblaciones ícticas presentes con anterioridad al desarrollo de los cultivos intensivos en jaulas flotantes de tilapia roja (Cala et al. 1992, Herrera 1993, Ramírez 1993, Cala 1995, Cala & Bernal 1997).

Las características ambientales favorables del embalse de Betania (Cala et al. 1992, Cala 1995), y los cultivos ya existentes, permiten desarrollar intensivamente el cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes, aprovechando la renovación permanente del agua y como resultado una elevada productividad a un bajo costo con referencia a la operación de estanqnes en tierra o cemento.

Con base en las recomendaciones de Cala et al. (1992), donde se sugieren incluso sitios para iniciar proyectos de cría de peces en jaulas en la represa, se firmó en 1993 el convenio No. 550 entre la CHB y la Sociedad Ramírez & Botero Ltda., que marcó el inicio del cultivo comercial

tecnificado de tilapia roja en el embalse de Betania. El proyecto piloto se inauguró el primero de abril de 1993, en el brazo del río Magdalena en el sitio denominado Lomas de Piedras Gordas, predio Seboruco, jurisdicción del municipio de Campoalegre.

A comienzos de 1995 Ramírez & Botero Ltda. implementan el sistema BVAD (Bajo Volumen Alta Densidad) utilizada en Asia, que permite una mejor circulación del agua entre las jaulas de aproximadamente un metro cúbico de capacidad (1m x 1m x 1m). Al disminuir el tamaño de las jaulas (antes usaban jaulas flotantes de 24 m^2 por 1.3 m de profundidad), subió la densidad de siembra y aumento la productividad de unos 30 - 50 kg a más de 100 kg/m^3. En ocasiones, en óptimas condiciones de manejo y de manera puramente experimental, se llegó a tener y engordar hasta 200 kg/m^3 de tilapia roja (Ramírez & Botero, com. pers. 1995), una de las más altas conocidas a nivel mundial.

El presente estudio busca detectar modificaciones biológicas de los peces nativos específicamente a nivel alimentario, y físico-químicas de las aguas aledañas a un cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes del embalse de Betania.

Area de estudio

El embalse de la Central Hidroeléctrica de Betania, se encuentra ubicado sobre la cuenca alta del río Magdalena en el departamento del Huila, (02° 42' Norte y 75° 26' Oeste), a 560 m de altitud, con un volumen de 2000 millones de metros cúbicos y un flujo de 473 m^3/s (Cala 1995), formado por el represamiento de los ríos Yaguará y Magdalena (Figura 1). El proceso de llenado se inició el 25 de noviembre de 1986 y se culminó a mediados de junio de 1987 (C.H.B. 1987). Además, el embalse tiene las siguientes características generales (U. Nal. Col. 1985): área de inundación 7400 hectáreas, profundidad máxima 90 m, profundidad media 28 m, caudal medio en el brazo del Yaguará 25 m^3/s, caudal medio en el del Magdalena 448 m^3/s, nivel máximo de operación 564 m.s.n.m., nivel mínimo de operación 548 m.s.n.m., total instalación 510 Mw, turbinas 3 unidades Tipo Francis (170 Mw c/u). El régimen de lluvias y distribución multianual lo analizan ampliamente Cala & Bernal (1997).

Desarrollo de la piscicultura en jaulas flotantes. El cultivo en jaulas, al igual que la mayoría de los demás tipos de acuicultura, procede del sudeste de Asia. Las primeras noticias del cultivo en jaulas proceden de Kampuchea, donde los pescadores de la región del Gran Lago criaban bagres del género *Clarias* y otros peces comerciales en jaulas y cestas de bambú o junco. Este cultivo se ha venido practicando desde finales del siglo pasado y hoy está extendido por toda la zona del bajo Mekong, desde donde se ha extendido a Viet Nam, Tailandia y otros países de Indochina (Ling 1977, Pantalu 1979, citados por Beveridge 1986).

En los últimos años, el cultivo en jaulas en aguas continentales y marinas se ha extendido a muchos países de Europa, Asia, Africa y América. Con excepción de pocas zonas, la madera y el bambú han sido sustituidos por materiales nuevos, como mallas de nylon, plástico, polietileuo y acero, que aunque resultan mucho más costosas tienen mayor duración y permiten un mayor flujo del agua. La mayor parte de los modelos hoy utilizados son de tipo flotante.

En Colombia el cultivo de peces en jaulas flotantes está subdesarrollado técnica e industrialmente, excepto la industria floreciente en el embalse de Betania donde existen ocho cultivos en jaulas con buenas perspectivas técnicas y económicas desde el establecimiento del primer cultivo en 1993 (Lomas Gordas) en el brazo del Magdalena. Además, hay proyectos para el establecimiento de cinco nuevos cultivos.

Con anterioridad se habían establecido cultivos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas en el lago de Tota y en la represa del Neusa. También se han hecho cultivos en jaulas

flotantes de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en los embalses de El Prado y Salvajina. Hacia los años de 1989/90 se organizó una cooperativa para el cultivo en jaulas flotantes de tilapia nilótica en la ciénaga de Chilloa en El Banco (Magdalena), cultivo que terminó destruido por una tormenta que trajo como consecuencia la introducción en Chilloa de esta tilapia, especie predominante en la pesca de la ciénaga en la actualidad. Así, se ha venido cultivando en jaulas la tilapia nilótica en diferentes ciénagas del sistema del bajo Magdalena. Este fomento de cultivo ha contribuido a la introducción indeseada, y en muchos casos fomentada por autoridades estatales como el INPA, de la tilapia nilótica prácticamente en todas las ciénagas del Magdalena medio y bajo.

Por sus dimensiones las jaulas son fáciles de manejar y pueden utilizarse no sólo para criar peces hasta que alcancen talla comercial, sino también para la reproducción y la cría de alevinos. Las jaulas ofrecen además, varias ventajas respecto a otros métodos de cultivo, dado que se colocan en masas de agua ya existentes y con inversiones de capital relativamente bajas y tecnología sencilla.

Por otro lado, aumenta la preocupación por el impacto que estos métodos de piscicultura tienen en el medio ambiente. Se estima que el cultivo intensivo acelera la eutroficación y sedimentación. Los efectos que la construcción de jaulas tienen en una masa de agua son principalmente tres: ocupan espacio, dando lugar así a una competencia potencial con otros usuarios; modifican el régimen del flujo de agua, del que depende el transporte de oxígeno, sedimentos, plancton y larvas de peces; y tienen repercusiones en el aspecto estético del lugar. Las jaulas deben de considerarse como subcomponentes de los sistemas acuáticos en que están instalados, dado que estas y el ambiente que las circundan están íntimamente relacionados. Los cambios que se produzcan en la masa de agua tendrán repercusiones en el ambiente de las jaulas y viceversa, a la vez que existe poca probabilidad de tratar los desechos provenientes de las jaulas.

Estudios de laboratorio (e. g. Murphy & Lipper 1970, Liao 1970, citados por Beveridge 1986), demostraron que el cultivo intensivo de peces producía grandes cantidades de desecho por unidad de peso vivo, mayor que en el caso de otros cultivos de animales como pollos, cerdos o vacunos. A medida que se ha ido desarrollando y aumentando la explotación piscícola en jaulas, crece también la preocupación por sus posibles efectos ambientales.

Balarin & Haller (1982, tomado de Beveridge 1986) mencionan 15 ventajas del cultivo de peces en jaulas: e. g. aprovechamiento al máximo de las aguas disponibles de la manera más económica; contribuye a reducir la presión sobre los recursos de tierras; intensificación de la producción de peces (altas densidades, mejora de las tasas de crecimiento, reproducción y del periodo de cría si se optimiza la alimentación); posibilidad de controlar fácilmente la reproducción de tilapia; la extracción de los peces es fácil y flexible, y puede ser completa y dar un producto uniforme; las inversiones iniciales son relativamente pequeñas.

Estos autores también citan 13 limitantes: e. g. difícil de utilizar cuando la superficie del agua esta muy agitada, por lo que sólo puede emplearse en zonas protegidas; necesidad de intercambio adecuado de agua para eliminar los metabolitos y mantener alto el nivel de oxígeno disuelto; la rapidez con que se obstruyen las paredes de las jaulas hace necesario proceder con frecuencia a su limpieza; a veces se producen interferencias importantes de las poblaciones naturales de peces (es decir, peces pequeños penetran en las jaulas y compiten por los alimentos); las poblaciones de peces naturales actúan como reserva potencial de enfermedades o parásitos y aumenta la probabilidad de difundir enfermedades con la

introducción de nuevas especies para cultivo; mayor dificultad para el tratamiento contra las enfermedades y parásitos.

Metodología

se realizaron cuatro visitas al cultivo, comprendidas entre abril y septiembre de 1996, con intervalos de mes y medio aproximadamente, con una duración de siete días en promedio. La primera sirvió para establecer la metodología a seguir, así como para definir directamente en el área el establecimiento de dos zonas de muestreo principales, las cuales permitieron detectar de manera comparativa el efecto que tiene el cultivo en jaulas flotantes sobre la comunidad íctica presente en el embalse, al igual que sobre los parámetros físico-químicos del agua. La primera zona corresponde al área de influencia directa del cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes Quebrada de Jesús, ubicada en el brazo del río Yaguará, y la segunda zona fuera de la influencia del cultivo y que a la vez sirvió de comparación, correspondiente a tres sitios: Santa Helena, la cola del embalse (en el brazo del Yaguará) y la zona de compuertas o vertederos (Figura 1).

La captura de peces se llevó a cabo en las dos áreas durante las 24 horas del día. Se utilizó una red con ojo de malla de 7 cm para especies de tamaños mediano y grande, atarrayas con un ojo de malla de 4 a 7 cm, al igual que pesca con anzuelos y la utilización de un chile con ojo de malla de 1.5 cm para capturar ejemplares pequeños, adicionalmente se utilizaron nasas con ojo de malla menor a 1 cm para capturar sardinas junto al cultivo. Los peces, inmediatamente después de la captura, se fijaron en formol al 10% inoculándolos a nivel ventral para luego depositarlos en una caneca con formol de la misma concentración. Posteriormente los estómagos se extrajeron por disección ventral de los especimenes. Los estómagos se fijaron individualmente en solución de formol al 5%, con su respectiva ficha de datos para su posterior análisis en el laboratorio.

Para el análisis de los parámetros físico-químicos (temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, dióxido de carbono, transparencia, pH, y amonio), se utilizaron los registros trimestrales de la Central Hidroeléctrica de Betania, en seis estaciones. Tres en el brazo del Yaguará en los sitios de Quebrada de Jesús, Santa Helena y la Presa, y otras tres en el brazo del Magdalena en Puerto Arturo, Vega del Herrero y la Presa por el lado del Magdalena (Figura 1). Adicionalmente se tomaron datos de temperatura, oxígeno y conductividad durante 24 horas el 7 de junio y el 6 de septiembre en dos estaciones: una en medio del cultivo de peces Quebrada de Jesús y otra fuera de su influencia directa en el sitio de compuertas, y así tener datos comparativos del comportamiento diario.

La determinación cualitativa de la frecuencia y porcentaje de ocurrencia de los contenidos estomacales se realizó siguiendo la metodología sugerida por Ricker (1971) y Hyslop (1980). Los estómagos fueron lavados en agua destilada por 24 horas, con el fin de extraer el formol utilizado para su preservación. Posteriormente se conservaron en una solución de alcohol al 70%. Para cada especie y para cada estación se sacó una muestra única consistente en la mezcla de estómagos de diferentes individuos, ya que se pretendía obtener información de la especie y no de un individuo o talla en particular.

Los contenidos se examinaron bajo un estereoscopio y/o microscopio, identificando y enumerando los organismos presentes. Complementariamente se estimó el coeficiente de vacuidad (V), o porcentaje de estómagos vacíos en relación con el número total de estómagos examinados. De igual forma se estimó el coeficiente de repleción (Rp) que expresa el grado de llenura y porcentaje de estómagos con alimento, asignando de forma subjetiva un porcentaje de aproximación del volumen que ocupa este alimento (Hyslop 1980). Se tuvieron en cuenta las siguientes categorías: estómago vacío, 1/3 del estómago con alimento, 2/3 del estómago con ali-

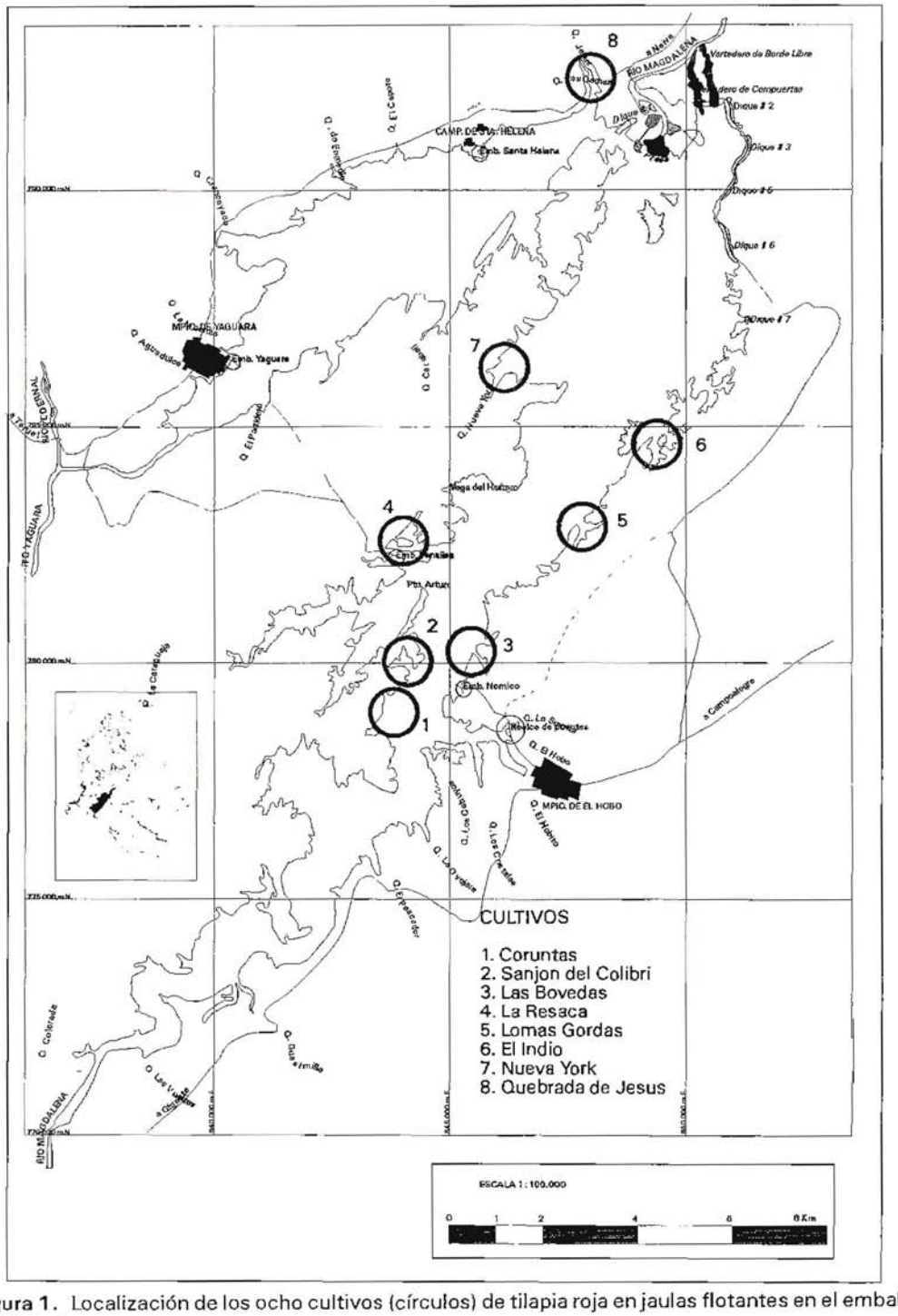

Figura 1. Localización de los ocho cultivos (círculos) de tilapia roja en jaulas flotantes en el embalse de Betania.

mento, y estómago completamente lleno. Para la identificación de los organismos en el contenido estomacal se usaron las claves de Smith (1950), Roldan (1988), Needham & Needham (1982), Fernández (1982), González (1988).

El estudio bioecológico se profundizó en la especie *Astyanax fasciatus* (sardina colirroja) por ser la más abundante y frecuente asociada al cultivo de tilapia roja en las jaulas flotantes en el embalse, especie muy abundante en el sistema del Magdalena. Al respecto, se incluyó un análisis del factor de condición (K), valor que cambia a través del tiempo y permite establecer el grado de bienestar del pez en un momento determinado de su desarrollo y registrar la influencia de los cambios ambientales sobre la condición de vida con respecto al sexo, estado gonadal y estado alimentario. Este factor se calculó siguiendo la formula generalizada de relacionar el porcentaje de peso con respecto a la longitud. $K = P/L^3 \times 100$. También, se estudió la relación longitud-peso, la cual es ampliamente utilizada como estimativo del crecimiento, dado que éste puede ser medido en cualquier dimensión. El procedimiento seguido fue el establecido, por ejemplo por Ricker (1971), Laevastu (1980), Pauly (1984). En peces, usualmente esta relación se representa por la ecuación. $P = aL^b$.

Resultados

Es importante resaltar que aunque los muestreos efectuados arrojan un bajo promedio de peces colectados para algunas especies, si brindan información importante que permite determinar los principales cambios en las preferencias alimentarias de las especies estudiadas asociadas con el cultivo. Es importante resaltar que durante los muestreos se realizó el mayor esfuerzo de pesca, y si el número de peces no es mayor se debe principalmente a factores tales como el no contar con las artes de pesca apropiadas. Algunas de las especies capturadas en bajo número de individuos son poco abundantes en el área de estudio, y los métodos de pesca fueron selectivos también para algunas de ellas, disminuyendo la probabilidad de obtener una mayor cantidad. Según lo anterior, y considerando que no se encontró variación en la frecuencia y contenido estomacal de los ejemplares de las especies presentes en los cuatro muestreos realizados, se determinó que no era significativo para el estudio realizar muestreos adicionales.

Ictiofauna asociada a los cultivos de tilapia roja en jaulas flotantes en el embalse de Betania

Astyanax bimaculatus - **sardina colinegra**. Esta especie no es muy numerosa en el embalse, aparentemente prefiere los caños y quebradas entre los bosques ricos en sombra. Alcanza ocasionalmente hasta unos 13 cm de longitud. Su distribución en la cuenca del río Magdalena corresponde al bajo Magdalena, bajo Cauca y río San Jorge (Dahl 1971). Es una de las especies de mayor distribución neotropical, pues va desde Buenos Aires a las cuencas del Orinoco y Magdalena, entre los 15 a 900 metros sobre el nivel del mar (Blanco & Cala 1974)

Esta especie se encnentra asociada al cultivo de tilapia roja en forma directa, ya que los individnos presentaron un consumo casi exclusivo de alimento concentrado suministrado a los peces. No es abundante en el área, pues a diferencia de la sardina *A. fasciatus* presente en forma muy abundante en una muestra de 500 sardinas solo 2 o 3 correspondían a *A. bimaculatus* y el resto a *A. fasciatus*. La longitud total de los 20 individuos colectados en el cultivo presentó un promedio de 12.1 cm, con una mínima de 11.1 cm y máxima de 13.6 cm. La longitud estándar registró un promedio de 10.0 cm, con una mínima de 9.0 cm y una máxima de 11.2 cm. El peso promedio fue de 27.0 g, con un mínimo de 18.0 g y un máximo de 38.3 g (Tabla 1). Blanco & Cala (1974), registraron un promedio de 9.3 cm entre una población de 164 ejemplares fijados en etanol al 80% para el alto río Meta.

Tabla 1. Principales categorías alimentarias de las especies ícticas asociadas a un cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes en el embalse de Betania (cultivo Quebrada de Jesús). Número de especímenes (N), longitud estándar promedio (LE), longitud total promedio (LT), peso (P), autóctono (Au), alóctono (Al).

Especie	N	LE (cm)	LT (cm)	P (g)	Principales categorías alimentarias
Astyanax bimaculatus	20	10.0 (9.0 - 11.2)	12.1 (11.1 - 13.6)	27.0 (18.0 - 38.3)	alimento concentrado escamas
Astyanax fasciatus	251	8.2 (2.1 - 12.1)	10.0 (2.6 - 14.6)	15.2 (0.48 - 42.2)	alimento concentrado fitoplancton (algas filamentosas)
Roeboides magdalenae	4	8.7 (8.0 - 9.2)	10.1 (9.5 - 10.5)	10.7 (8.4 - 12.2)	escamas
Ctenolucius hujeta	10	21.5 (18.1 - 23.6)	24.5 (20.8 - 26.8)	97.1 (37.8 - 154.7)	peces
Oreochromis niloticus	14	14.5 (8.9 - 16.8)	17.5 (10.9 - 20.1)	122.1 (20.2 - 220.4)	fitoplancton detrito, zooplancton alimento concentrado
Geophagus steindachneri	17	14.6 (10.8 - 16.2)	17.7 (12.9 - 19.9)	94.9 (41.7 - 118.1)	detrito fitoplancton alimento concentrado restos vegetales (Au, Al)
Tilapia rendalli	9	16.7 (10.5 - 25.1)	20.3 (13.2 - 30.5)	179.6 (48.3 - 450.0)	restos vegetales (An, Al) detrito, fitoplancton alimento concentrado
Caquetaia kraussii	4	20.4 (16.7 - 24.6)	24.7 (19.9 - 30.3)	312.1 (124.0 - 553.0)	peces restos de peces escamas
Tilapia roja (híbrido)	6	17.2 (13.7 - 24.5)	20.8 (16.2 - 30.1)	229.3 (117.9 - 585.0)	alimento concentrado
Sternopygus macrurus	17	45.7 (33.4 - 84.2)	45.7 (33.4 - 84.2)	157.2 (60.7 - 705.5)	peces Chironomidae (larvas) escamas detrito, fitoplancton alimento concentrado
Rhamdia quelen	1	15.4	19.5	30.0	escamas restos de insectos
Hoplias malabaricus	1	34.5	40.6	940.0	peces

Contenido estomacal. El análisis mostró que la principal categoría alimentaria la conforma el alimento concentrado suministrado a los peces del cultivo, presente en todos los estómagos estudiados (porcentaje de frecuencia de ocurrencia del 100%), encontrándose en la mayoría de los casos como pelletz completos. Adicional, se encontraron escamas de pequeño tamaño, con una frecuencia de ocurrencia del 35%. La presencia de escamas en el contenido estomacal se puede relacionar con los desperdicios del escamado en el procesamiento del pescado del cultivo. El coeficiente de vacuidad fue de 0%, y el volumen estomacal (llenura) más frecuente fue de 3/3 en el 85 % de los casos, 2/3 en el 10%, y 1/3 en el 5%.

Astyanax fasciatus - **sardina colirroja**. Especie abundante y de amplia distribución, presente en todas las partes del sistema del río Magdalena, salvo en las aguas torrenciales andinas. Está presente en aguas lóticas y/o lénticas, se considera una especie migratoria local. Según Dahl (1971), esta especie es muy variada especialmente en su colo-

ración; los ejemplares del río San Jorge tienen la aleta caudal intensamente roja, mientras que las del río Sinú y Pechelin la tienen amarilla pálida. Alcanza tamaños de 17 cm, y a veces se utiliza como alimento humano.

En el embalse de Betania se encuentra asociada en forma directa a los cultivos de tilapia roja en jaulas. Durante la fase de campo se seleccionó un total de 251 individuos, de los cuales sólo uno fue capturado fuera del cultivo. Se destaca que esta especie es muy abundante en el cultivo de peces, tanto que en el momento de alimentar la tilapia roja del cultivo, se puede coger fácilmente con las manos individuos de *A. fasciatus* que se conglomeran en las paredes de la jaula para alimentarse del concentrado que sale a través de las mallas. La longitud total promedio de la muestra fue de 10 cm, con una mínima de 2.6 cm y máxima de 14.6. La longitud estándar registró un promedio de 8.2 cm, con una mínima de 2.1 cm y una máxima de 12.1. El peso promedio fue de 15.2 g, con un mínimo de 0.5 g y un máximo de 42.2 g (Tabla 1).

Contenido estomacal. El análisis del contenido estomacal de los ejemplares colectados en el cultivo, mostró que la principal categoría alimentaria fue el concentrado suministrado a los peces del cultivo, presente en todos los estómagos estudiados, encontrándose en la mayoría de los casos como pelletz completos. Adicional a esta categoría alimentaria se encontraron algas filamentosas con un porcentaje de frecnencia de ocurrencia del 23.6. Es importantc aclarar quc no se presentó ninguna diferencia apreciable en el tipo de alimentación ingerida por los peces según los diferentes rangos de longitud. El coeficiente de vacuidad fue de 0%, y el volumen estomacal (llenura) más frecuente fue de 3/3 en un 78.4% de los casos, seguido de 2/3 con 18.4% y el restante 3.2% correspondiente al volumen 1/3. El individuo capturado fuera del cnltivo presentó, por el contrario en su contemido estomacal, algas filamentosas y fitoplancton, cuyos géneros más representativos fueron *Gonatozygon, Cosmarium, Stauroneis, Navicula*. En el estómago de este ejemplar totalmente lleno, no se evidenció alimento concentrado.

Relación longitud - peso. Debido a la necesidad de establecer una variable representativa de talla, con el fin de utilizarse como medida patrón en el análisis de la información, se inició por definir la relación entre la longitud total (LT) y la longitud estándar (LE). Al respecto, se halló una fuerte correlación entre las dos variables ($R^2 = 0.99$ en hembras y 0.96 en machos), obteniéndose las siguientes ecuaciones de ajuste: hembras LT = 0.782 + 1.122(LE), y machos LT= 1.093 + 1.09(LE). Como no se encontró diferencia significativa entre los sexos, y los modelos se pueden aplicar indistintamente para estimar una de las dos variables en función de la otra, se decidió utilizar la longitud estándar como base para determinar la relación longitud - peso.

Con los datos de longitud estándar y peso total, se efectuó un análisis de regresión potencial para cada sexo, encontrándose los siguientes valores: hembras $P = 0.022\ L^{3.034}$ ($R^2 = 0.904$), machos $P = 0.028\ L^{2.959}$ ($R^2 = 0.864$). Como las diferencias encontradas entre sexos no tienen un valor estadísticamente significativo, se determinó la relación matemática para machos y hembras conjuntamente, expresada por la ecuación $P = 0.026\ L^{2.973}$ ($R^2 = 0.874$) (Figura 2). Debido a que existen diferencias en la relación longitud - peso entre la población juvenil y adulta, estas se analizaron separadamente, obteniendo la siguiente ecuación para los juveniles $P = 0.152\ L^{1.396}$ ($R^2 = 0.908$) (Figura 2).

La relación longitud - peso, para los adultos *A. fasciatus* muestra una constante de alometría muy similar para ambos sexos, cercana a tres, la cual indica un crecimiento de tipo isométrico, es decir, los individuos crecen en la misma proporción en todos los sentidos. Se observa que las hembras presentan un incremento levemente mayor en peso que en longitud (b = 3.034), y los machos por el contrario menor de tres (2.959), esta pequeña diferencia puede indicar un creci-

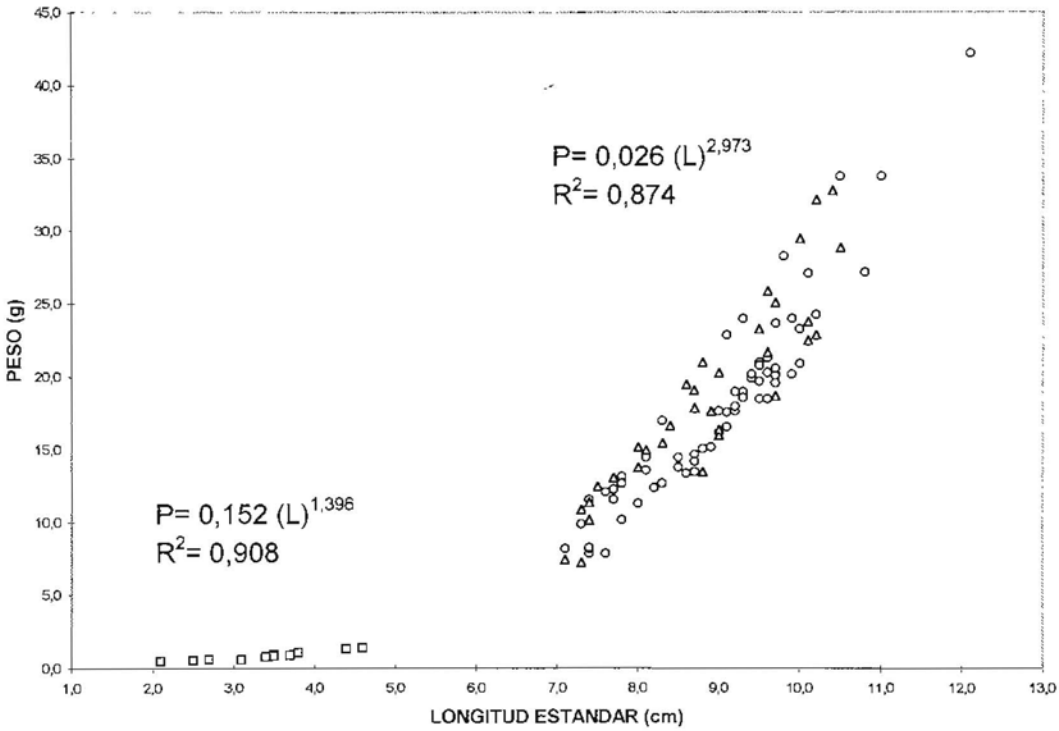

Figura 2. Relación longitud - peso de machos (Δ), hembras (O) y juveniles no determinados sexualmente (□) de *Astyanax fasciatus* en el embalse de Betania, 1996.

miento a favor de la longitud sobre el peso a través del tiempo. Respecto a la población juvenil, el valor del coeficiente de regresión (b = 1.396) por ser inferior de 2 indica que esta población presenta un crecimiento más acelerado en longitud que en peso, por lo tanto se presenta un crecimiento de tipo alométrico evidente.

Factor de condición (k). Los valores promedios del factor K para esta especie fueron en el periodo de fines de mayo a comienzos de junio 2.53; a finales de julio 2.54 y a comienzos de septiembre descendió levemente a 2.41. El valor promedio total fue 2.49.

El descenso en el factor de condición en el mes de septiembre se asocia con la época de desove, ya que en los meses de junio y julio se colectaron individuos en su mayoría sexualmente maduros en el estadio de predesove con gametos maduros; así mismo en el mes de septiembre gran parte de los individuos colectados se encontraban en periodo de reproducción concluida. Se puede establecer como época de reproducción de la especie el período comprendido entre los meses de junio y septiembre.

Proporción de sexos. Aunque la proporción varió entre muestreo, predominó una marcada dominancia de hembras con respecto a machos; la proporción general para el total de la población sexada 34 machos, 65 hembras, fue de 1:1.9.

Roeboides magdalenae - **juanviejo**. Según Dahl (1971) En el norte de Colombia esta especie se encuentra distribuida en las partes bajas de los

ríos Magdalena y Cauca. Este pez se presenta esporádicamente en el cultivo de peces. Se colectaron cnatro individuos en el cultivo en el primer muestreo junto con *A. fasciatus* y *A. bimaculatus*. Teniendo en cuenta que se colectó en cada salida una muestra total mayor de 500 peces, se establece que *R. magdalenae* no presenta asociación de población alguna al cultivo. La longitud total de los cuatro especímenes presentó un promedio de 10.1 cm, con una mínima de 9.5 cm y máxima de 10.5 cm. La longitud estándar registró un promedio de 8.7 cm, con una mínima de 8.0 cm y una máxima de 9.2 cm. El peso promedio fue de 10.7g, con un mínimo de 8.4 g y un máximo de 12.2 g (Tabla 1). Los ejemplares colectados presentaron estómagos de tamaño pequeño y gruesos, cuyo contenido mostró como principal categoría alimentaria las escamas de sardinas, y eventualmente la presencia de restos vegetales. El índice de llenura de los cuatro individuos fue de 3/3, un 100 % de repleción.

Ctenolucius hujeta - **aguja**. Especie común en las partes bajas de los ríos Magdalena y Cauca con sus tributarios. Es un pez predador, que se alimenta principalmente de peces pequeños (sardinas), llega a una longitud esqueletal de unos 30 cm, sobrepasando raras veces los 35 cm, y su peso llega a unos 250 g. Este pez se encuentra marcadamente asociada a los cultivos de peces en jaulas, apreciándose con facilidad en la superficie del agua durante el día, sin embargo sólo se colectaron 10 ejemplares debido a su rapidez de escape. Los ejemplares tenían una longitud total promedio de 24.5 cm, con una mínima de 20.8 cm y máxima de 26.8 cm; longitud estándar promedio de 21.5 cm, con una mínima de 18.1 cm y una máxima de 23.6 cm; peso promedio de 97.1 g, con un mínimo de 37.8 g y un máximo de 154.7 g (Tabla 1).

Aunque seis de los estómagos estudiados se hallaron vacíos, se logró determinar que la principal categoría alimentaria en esta especie son los peces, dentro de los cuales se destacan individuos juveniles de *A. fasciatus*. El coeficiente de vacuidad fue de 60%, presentándose los estómagos que contenían alimento con una llenura de 3/3.

Oreochromis niloticus - **tilapia nilótica**. Fue introducida en el embalse de Betania donde ha alcanzado gran adaptación y es la especie dominante en las pesquerías del embalse, especialmente en el brazo del Yaguará, lo que la hace frecuente en los cultivos de peces. Se capturaron 14 ejemplares, 10 en la zona del cultivo Quebrada de Jesús, los restantes cuatro fuera de éste. La longitud total presentó un promedio de 17.5 cm, con una mínima de 10.9 cm y máxima de 20.1 cm. La longitud estándar registró un promedio de 14.5 cm, con una mínima de 8.9 cm y una máxima de 16.8 cm. El peso promedio fue de 122.1 g, con un mínimo de 20.2 g y un máximo de 220.4 g (Tabla 1).

El estudio de contenidos estomacales evidenció principalmente el consumo de detrito (sedimento fino), y con este fitoplancton, predominando los géneros *Pediastrum, Scenedesmus, Cosmarium, Staurastrum, Staurodesmus, Coscinodiscus, Fragilaria, Synedra, Navicula, Peridinium,* con un porcentaje de frecuencia de ocurrencia del 100%. Adicionalmente, se evidenció la presencia de rastros de alimento concentrado, convirtiéndose en la segunda categoría alimentaria con un porcentaje de frecuencia de ocurrencia del 21.4. No se halló diferencias entre los ejemplares capturados en el cultivo y zonas de comparación fuera de éste, ya que en todos los ejemplares se observó presencia esporádica de concentrado. Por consiguiente, no se puede catalogar como asociada con el cultivo, ya que es muy común en el brazo del río Yaguará; solo es un comensal de paso por el cultivo.

El porcentaje de estómagos vacíos o coeficiente de vacuidad correspondió al 7.2%, y el coeficiente de repleción al 92.8%. En lo referente al volumen estomacal (llenura), se observa que el mayor porcentaje correspondió al volumen 3/3 con un 46.2%, seguido por el volumen 1/3 con el 38.5%, y por último el volumen 2/3 con el 15.3%.

Geophagus steindachneri - **jacho**. Especie más o menos común en las partes poco altas del sistema del Magdalena. Se encuentra presente en la mayoría de aguas lénticas cálidas, preferiblemente con abundante materia orgánica. Esta especie presenta una relativa abundancia en el embalse en el brazo del Yaguará, lo que la hace frecuente en el cultivo. Se colectó un total de 17 ejemplares, 12 de ellos en la zona del cultivo, y 5 hacia la cola del embalse por el brazo de Yaguará. La longitud total presentó un promedio de 17.7 cm, con una mínima de 12.9 cm y máxima de 19.9 cm. La longitud estándar registró un promedio de 14.6 cm, con una mínima de 10.8 cm y una máxima de 16.2 cm. El peso promedio fue de 94.9 g, con un mínimo de 41.7 g y un máximo de 118.1 g (Tabla 1).

Se evidenció como principal categoría alimentaria el consumo de detrito y fitoplancton (porcentaje de frecuencia de ocurrencia del 100% y esporádicamente zooplancton, así mismo se pudo observar la presencia de pequeñas partes de alimento concentrado en varios de los estómagos examinados. Referente a la llenura, se observó que el mayor porcentaje correspondió a 1/3 con 46.7%, 2/3 con un 35.3% y el volumen 1/3 con 11.8%. El coeficiente de repleción corresponde al 88.2%, y el de vacuidad al 11.8%.

Tilapia rendalli - **tilapia herbívora**. Otra tilapia exótica en el embalse y en ambientes naturales de Colombia, debido a la costumbre de obrar primero e informarse después. No es abundante en el embalse de Betania. Se capturaron nueve ejemplares, cuatro de ellos en la zona del cultivo de peces, cuatro en la zona de Santa Helena y uno en la cola del embalse por el brazo de Yaguará. Los nueve individuos presentaron una longitud total promedio de 20.3 cm, con una mínima de 13.2 cm y máxima de 30.5 cm. La longitud estándar registró un promedio de 16.7 cm, con una mínima de 10.5 cm y una máxima de 25.1 cm. El peso promedio fue de 179.6 g, con un mínimo de 48.3 g y un máximo de 450.0 g (Tabla 1).

Se evidenció como principal categoría alimentaria los restos vegetales (restos de ramas, hojas y tallos), tanto de origen alóctono como autóctono. También se encontró esporádicamente fitoplancton, con un porcentaje de ocurrencia del 44.4%. Se destaca que en los individuos coleccionados en el cultivo de peces y en uno de la zona de Santa Helena, se observó presencia de pequeñas partes de alimento concentrado. El coeficiente de vacuidad hallado para los ejemplares capturados correspondió al 33.3% y el coeficiente de repleción al 66.7%. Referente al volumen estomacal, se observa que el mayor porcentaje correspondió a 1/3 con 66.7%, y los volúmenes 2/3 y 3/3 cada uno con 16.7%. Es decir, esta tilapia no esta asociada directamente al cultivo, y su presencia es ocasional.

Caquetaia kraussii - **mojarra amarilla**. Especie presente en la mayoría de las aguas quietas de las tierras bajas del norte de Colombia, siempre y cuando estas sean dulces o de salinidad muy baja. Aunque en algunas ocasiones alcanza unos 30 cm de longitud, su tamaño es pequeño, su carne es muy fina y apetecida. Esta especie se presenta con frecuencia en el cultivo de peces, pero se pesca poco debido a que escapa con facilidad de la atarraya; la pesca se realiza principalmente con anzuelo, y esporádicamente caen cuando se colocan trasmallos. Se capturaron cuatro ejemplares en la zona del cultivo. La longitud total presentó un promedio de 24.7 cm, con una mínima de 19.9 cm y máxima de 30.3 cm. La longitud estándar registró un promedio de 20.4 cm, con una mínima de 16.7 cm y una máxima de 24.6 cm. El peso promedio fue de 312.1 g, con un mínimo de 124 g y máximo de 553 g (Tabla 1).

La principal categoría alimentaria fueron peces pequeños o restos de peces que los pescadores botan al agua, y de forma menor, aunque presente en los tres estómagos que contenían alimento, se encontraron escamas de tamaño variado, posiblemente de desechos de la pesca. El

valor del coeficiente de repleción fue de 75%, y el de vacuidad del 25%. El grado de repleción o llenura 3/3, con un 66.7%, y 1/3, con un 33.3%.

Tilapia roja. Este híbrido es cultivado en jaulas flotantes en el embalse de Betania. Aparentemente, los individuos que escapan de las jaulas permanecen en la misma zona del cultivo y siguen consumiendo alimento concentrado proveniente de las jaulas, ya que son observados alrededor de las mismas. Los pescadores de Yaguará, manifestaron que únicamente la pescan en zonas cercanas a los cultivos de tilapia roja.

Se capturaron seis ejemplares, todos ellos en la zona del cultivo. La longitud total presentó un promedio de 20.78 cm, con una mínima de 16.2 cm y una máxima de 30.1 cm. La longitud estándar registró un promedio de 17.2 cm, con una mínima de 13:7 cm y una máxima de 24.5 cm. El peso promedio fue de 229.3 g, con un mínimo de 117.9 g y un máximo de 585 g (Tabla 1). El contenido estomacal evidenció como única categoría alimentaria de la tilapia roja el consumo de concentrado. El valor del coeficiente de repleción fue de 100%. En lo refcrente al grado de repleción se observó que el volumen o categoría 3/3 tuvo un 83.3%, y la categoría 1/3 un porcentajes de 16.7%.

Sternopygus macrurus - **caloche**. Especie prácticamente presente en todo el sistema del Magdalena, con excepción de los torrentes andinos. Crece ocasionalmeute hasta un metro, su carne es comestible y fina, pero en muchas partes poco apetecida debido principalmente a la cantidad de pequeñas espinas que contiene y a la apariencia anguiliforme del pez. Se presenta con frecuencia en la zona del cultivo. Se capturaron 17 ejemplares, de los cuales 11 corresponden a la zona del cultivo de tilapia. La longitud estándar corresponde a la misma longitud total (no existe aleta caudal), la cual registró un promedio de 45.7 cm, con una mínima de 33.4 cm y una máxima de 84.2 cm. El peso promedio fue de 157.2 g, con un mínimo de 60.7 g y un máximo de 705.5 g (Tabla 1).

El estudio de contenidos estomacales evidenció que esta especie muestra variados hábitos alimentarios, tales como consumo de detrito, fitoplancton, larvas de insectos, escamas, peces como sardinas e individuos pequeños de mojarra roja, siendo estos dos últimos los más representativos. La única diferencia apreciable entre los individuos capturados en el cultivo y fuera de éste es que adicional a las categorías mencionadas, los primeros también se han habituado a consumir alimento concentrado. El valor del coeficiente de repleción fue de 100%. Referente al grado de repleción se observó que los volúmenes o categorías 3/3 y 1/3 representan el 41.2% cada una, y el restante 17.6% corresponde a la categoría 2/3.

Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard) - **guabina**. Este pez es poco abundante en el embalse, se pesca principalmente con anzuelo y su carne es muy apetecida. Su determinación taxonómica ha presentado problemas. Cala (1992) reporta el género *Rhamdia* para el embalse de Betania, pero se deja abierta la posibilidad de confrontación para verificar si se trata de *Rhamdia wagneri* o de *R. sebae*. Cala (1995) la reporta para el área como *R.* cf. *wagneri*. A propósito, para Colombia se han registrado cinco (5) especies nominales del género *Rhamdia*: *R. Sebae* para el sistema del río Magdalena y *R wagneri* para el río Sinú (*e.g.* Dahl 1971); *R. humilis*, *R. lehmanni*, *R. quelen*, *R. sebae* y *R. wagneri* para la Orinoquia Colombiana (*e.g.* Eigenmann 1922, Dahl 1961, Cala 1977). En reciente revisión del género *Rhamdia* hecha por Silfvergrip (1996), se reconocen las especies *R. wagneri*, *R. sebae* y *R. lehmanni* sinónimas de *R. quelen*, y *R. humilis* sólo se la reconoce para los ríos cercanos a Caracas, a lo largo de la costa Caribe venezolana.

Silfvergrip (1996) menciona para Colombia *R. quelen* en los sistemas de los ríos Magdalena, Sinú y Atrato de la vertiente del Caribe; San Juan, Baudó, Saija, Patía y Mira en la vertiente del pacífico; Metica y Guayabero en el departamento del Meta. También *R. laukidi* en caños del sistema del río Metica, cerca a Puerto López,

en la Orinoquia Colombiana. *R. quelen* tiene una amplia distribución desde el sur de México hasta el centro de Argentina.

Se capturó solamente un ejemplar con anzuelo en el cultivo de peces, con una longitud total de 19.5 cm, longitud estándar de 15.4 cm, y un peso de 30.0 g (Tabla 1). En el contenido estomacal se encontró como principal categoría alimentaria escamas de pequeño tamaño, así mismo se detectó en el intestino restos de insectos. El volumen de llenura estomacal del ejemplar fue de 1/3.

Hoplias malabaricus - **mocho**. Especie común en casi todo el sistema del Magdalena, excepto en el alto Cauca y en las aguas torrenciales andinas. Es un pez carnívoro muy voraz y pica con avidez los anzuelos con carnada natural. Es muy resistente a la contaminación de las aguas y alta salinidad, y se encuentra en lagunas y caños casi hasta la orilla del mar. Según los trabajadores del cultivo, esporádicamente se pescan individuos de buen tamaño en el sitio, siu embargo durante los muestreos solo se capturó un ejemplar en el cultivo con una longitud total de 40.6 cm, longitud estándar de 34.5 cm, y un peso total de 940.5 g (Tabla 1). El contenido estomacal consistió principalmente de peces pequeños (sardinas), y con un grado de repleción de 2/3.

Parámetros físico-químicos

Temperatura del agua. En la estación del cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes Quebrada de Jesús se observó que el comportamiento de la temperatura del agua durante 24 horas, muestra valores muy homogéneos durante el ciclo día-noche, tanto en la superficie como a uno y tres metros de profundidad. La temperatura superficial (5 cm) del agua en el cultivo presenta una diferencia pequeña entre los valores registrados de 0.4°C, presentándose el valor más alto a las 19:30 con 26.4°C, momento cuando se ha acumulado la radiación solar de todo el día. El valor mínimo de 26.0°C se registró a las 06:30 y a las 10:30 horas debido al enfriamiento leve que se ha presentado durante las horas de la noche. La temperatura del agua a uno y tres metros de profundidad presentó un comportamiento similar al de la temperatura superficial, únicamente se presenta una leve diferencia de temperaturas a las 19:30 ya que la temperatura superficial fue de 26.4°C, a un metro de profundidad 26.2°C y a tres metros 26.1°C.

De igual forma, durante la noche del seis de septiembre en el cultivo se pudo observar una estratificación marcada a partir de los tres metros de profundidad. A las 22:00 horas, la temperatura superficial fue de 27.8°C, al igual que a un metro de profundidad, a los tres metros ya se presenta una diferencia de 1.4°C respecto a la superficie, y a los seis metros de profundidad la diferencia fue de 2.7°C. A las 02:30 del día siguiente la temperatura ha descendido a 27.3°C, así mismo se puede observar que a esta hora permanece una diferencia en el descenso de la temperatura a tres metros de profundidad de 0.5°C con respecto a superficie y a los seis metros de profundidad de 1.8°C respecto a la superficie. Por último, a las 07:20 horas se ve cómo esta estratificación es menos evidente y sólo a los seis metros de profundidad se detecta uua diferencia de 1.5°C con respecto a la superficie.

El 30 de septiembre de 1994 (Tabla 2) se observa cómo la temperatura desciende a medida que aumenta la profundidad, a cinco metros de profundidad las estaciones del brazo del río Yaguará presentan una disminución de 1°C y 2°C en la estación del cultivo, a partir de esta profundidad se evidencia un descenso leve de la temperatura llegando a diferencias de 3 y 4°C a los treinta metros de profundidad. En el brazo del Magdalena empieza a manifestarse la diferencia de 1 y 2°C a los diez metros, profundidad a partir de la cual empieza a presentarse estratificación térmica, y a los treinta metros la diferencia con la superficie ya es de 5°C. En general se puede hablar de una estratificación vertical de la temperatura del agua del embalse de Betania que marca una "termoclina" entre los 5 y 10 m (Tabla 2).

Tabla 2. Temperatura (°C) en seis estaciones del embalse de Betania, incluyendo el cultivo de tilapia roja en estudio, a diferentes profundidades entre 1994 y 1996 (datos de la Central Hidroeléctrica de Betania - Unidad de Manejo Ambiental).

Fecha	Brazo	Estación	Superf.	1 m	3 m	5 m	10 m	15 m	20 m	30 m	40 m	45 m	50 m	58 m	68 m
sep. 30/94	Yaguará	Cultivo Q. Jesús	27.0	27.0	26.5	25.0		24.0							
		Santa Helena	28.0	28.0	28.0	27.0			27.0	25.0					24.0
		Presa	27.0	26.0		26.0	25.0		24.0	23.0	22.0			20.0	
	Magdalena	Vega del herrero	26.0		25.5	26.0	25.0			21.0					
		Puerto Arturo	22.0	22.0	21.5	21.5	21.0			20.0					
		Presa	25.0			25.0	23.0		21.0	20.0			20.0		20.0
feb. 17/95	Yaguará	Cultivo Q. Jesús	29.0	29.0		28.0	27.0		24.0		22.0				
		Santa Helena	28.0	28.0	28.0	28.0	27.0	24.0				20.0			
		Presa	28.0	28.0	28.0	28.0	26.0		24.0	22.0	21.0				
	Magdalena	Vega del herrero	28.0	28.0	27.0	27.0	26.0				20.0				
		Puerto Arturo	26.0	26.0	26.0	26.0	25.0		25.0	25.0	24.0				
		Presa	29.0	29.0	28.0	28.0	27.0		24.0	22.0	21.0		20.0		
dic. 01/95	Yaguará	Cultivo Q. Jesús	30.2			29.5	28.0		26.7	27.2	26.3				
		Santa Helena	30.2	30.1	29.9	29.1	26.4		25.5	25.2	24.4		24.1		
		Presa	29.5		28.9	27.8	24.7		25.2	22.9	22.3		22.5		
	Magdalena	Vega del herrero	27.5		27.5	27.1	25.5			22.3					
		Puerto Arturo	28.0		27.9		25.7		24.7		23.1				
		Presa	29.0		27.7	27.5	27.1		25.0	23.6	22.6		22.4		
mar. 28/96	Yaguará	Cultivo Q. Jesús	28.5	28.1		26.5	25.6	25.6							
		Santa Helena	30.1	30.0	29.0	29.5	26.4	24.7				23.6			
		Presa	29.9	29.8	29.1	28.2	25.9		25.4	23.6	24.4				
	Magdalena	Vega del herrero	28.7	27.3	27.1	26.2	25.2			23.7					
		Puerto Arturo	28.1	27.1	26.8	26.3		26.6							
		Presa	28.6	28.5	28.2	27.5	25.2		24.6	24.5	24.6				
jul. 04/96	Yaguará	Cultivo Q. Jesús	29.2	26.1	25.5	23.8	22.8		21.9						
		Santa Helena	25.9	25.6	24.8	24.8	24.7	23.3					21.3		
		Presa	28.8	26.1	24.9	24.7	23.8		21.6	21.0	21.9		21.9		
	Magdalena	Vega del herrero	25.6	23.1	22.8	22.7	22.2			21.8	21.5				
		Puerto Arturo	24.7	22.6	22.3	22.2	21.9								
		Presa	26.6	25.2	24.9	24.1	22.9		21.4	20.7	20.6	21.0			

Oxígeno Disuelto. Los niveles de oxígeno disuelto en el agua del embalse de Betania presentan un comportamiento similar al de la temperatura, observándose una estratificación vertical en ambos, brazos aunque más marcada en el brazo del río Yaguará (Tabla 3).

En el cultivo de tilapia roja Quebrada de Jesús se siguió el comportamiento día-noche del oxígeno el día 7 de junio de 1996, encontrándose que en horas de la mañana cuando el sol es más fuerte el nivel de oxígeno aumenta encontrándose un valor de 8.37 mg/l en la superficie y de 9.51 a tres metros, con un porcentaje de saturación de 108.7% y 133.9%, respectivamente. A medida que transcurre el día el oxígeno va disminuyendo, y a las 19:30 horas el valor en la superficie es de 7.30 mg/l y a tres metros de 6.80 mg/l, con porcentajes de saturación del 96.5% y 90.5%, respectivamente. Por último el nivel mínimo de oxígeno disuelto se presentó a las 02:30 horas con 6.22 mg/l en la superficie y 5.9 mg/l a tres metros de profundidad, con 81.1% y 78.8% de saturación, respectivamente. Es de resaltar que en el muestreo de las 10:30 horas el nivel de oxígeno a tres metros de profundidad era superior, lo cual permite suponer que en ese nivel por debajo de las jaulas se acumula una buena porción de fitoplancton.

Conductividad. En el cultivo estudiado el comportamiento de la conductividad del agua del ciclo día-noche del 7 de junio de 1996, a las 10:30 horas se presentó el máximo valor superficial de 117.6 %s/cm, evidenciándose un descenso con el mínimo valor de 101.2 %s/cm a las 14:30 horas, y luego una nivelación en las otras mediciones con valores entre 109.3 y 112.9 %s/cm. A un metro de profundidad los valores mantuvieron el mismo comportamiento que en superficie, con valores levemente inferiores a los de la superficie.

Las medidas de conductividad en seis estaciones en el embalse, inclusive el cultivo Quebrada de Jesús, muestran que las tres estaciones ubicadas en el brazo del embalse del río Yaguará varían entre 106.4 en Santa Helena y 148 %s/cm en la presa, y en las estaciones ubicadas en el brazo del Magdalena entre 114 %s/cm en Puerto Arturo y 152 %s/cm en la Vega del Herrero a nivel superficial. De igual forma se observa que a medida que se desciende en profundidad en la columna de agua los valores tienden a disminuir, y cuando se acerca al fondo se aumenta fuertemente hasta alcanzar valores de 372 %s/cm a los 58 m de profundidad en la presa donde posiblemente es uno de los sitios donde se ha acumulado mayor cantidad de sedimentos.

Dióxido de carbono (CO_2). Los niveles de CO_2 en el embalse de Betania presentan un comportamiento contrario al presentado por el oxígeno disuelto. El CO_2 aumenta con la profundidad. En las seis estaciones donde se determinó el CO_2, este varió a partir de un metro de profundidad entre 1.1 y 15.4 p.p.m. a los 68 m de profundidad. En la superficie solo se detectó el 4 de julio de 1996 niveles de 3.52 p.p.m. en el cultivo Quebrada de Jesús y Puerto Arturo, 2.64 p.p.m. en la Vega del Herrero y 1.76 en Santa Helena y la presa.

pH. En las seis estaciones, inclusive el cultivo de peces en estudio, presentó valores superficiales por encima de siete pero cercanos a la neutralidad a excepción del 21 de diciembre de 1995 cuando se presentaron valores en las seis estaciones entre 7.8 y 8.6. A medida que se desciende en la columna de agua, los valores del pH van disminuyendo y por debajo de los diez metros de profundidad los valores son menores de 7, pero no inferiores a 6.5, y por debajo de los 40 m el pH en todas las estaciones fue cercano a 6.

Amonio. En las seis estaciones, no mostró tendencia alguna con la profundidad en la columna de agua. El valor más alto fue de 0.97 mg/l a 50 m de profundidad en la presa, y en algunas estaciones no se detectó.

Transparencia. La transparencia del agua es moderada a baja en ambos brazos que forman el embalse, se mantiene cercana al metro, con un mínimo de 15 cm y un máximo de 200 cm.

Tabla 3. Oxígeno disuelto (mg/l) en seis estaciones del embalse de Betania incluyendo el cultivo de tilpaia roja en estudio, a diferentes profundidades entre 1994 y 1996 (datos de la Central Hidroeléctrica de Betania - Unidad de Manejo Ambiental).

Fecha	Brazo	Estación	Superf.	1 m	3 m	5 m	10 m	15 m	20 m	30 m	40 m	45 m	50 m	58 m	68 m
sep. 30/94	Yaguará	Cultivo Q. Jesús	8.0	7.8	7.0	4.0		3.4							
		Santa Helena	8.0	7.4	7.4	7.2			7.0	4.6					1.0
		Presa	7.8	7.8		7.8	6.8		6.0	5.6	4.0			2.0	
	Magdalena	Vega del herrero	8.2	8.0		7.0	7.2			1.8					
		Puerto Arturo	7.2	6.8	6.4	6.4	6.0			6.2					
		Presa	7.2			7.8	6.2		4.4	3.6			1.6		
feb. 17/95	Yaguará	Cultivo Q. Jesús	8.0	8.0		6.0	4.0		0.4		0.2				
		Santa Helena	8.0	8.0	6.0	2.0	1.4	0.2				0.4			
		Presa	8.6	8.0	8.0	1.0	1.4		0.6	0.4	0.2				
	Magdalena	Vega del herrero	7.0	7.0	6.8	7.2	7.0				0.2				
		Puerto Arturo	6.2	6.0	5.8	5.8	4.8		3.0		0.4				
		Presa	8.4	8.0	8.1	6.2	5.8		1.2	0.4	0.4		0.0		
dic. 01/95	Yaguará	Cultivo Q. Jesús	8.3			7.3	5.3		2.0	2.3	1.3				
		Santa Helena	7.0	7.5	7.6	7.5	1.6		1.4	1.9	1.6	1.2			
		Presa	6.7		7.0	5.8	2.3		2.5	1.5	1.4		1.3		
	Magdalena	Vega del herrero	6.8		6.3	5.0	4.4			1.6					
		Puerto Arturo	7.3		6.3		4.6		2.5		1.5				
		Presa	7.8		6.1	5.9	5.3		3.5	2.8	2.0		1.4		
mar. 28/96	Yaguará	Cultivo Q. Jesús	7.8	8.1		2.0	1.8	1.3							
		Santa Helena	9.1	9.1	7.3	8.6	1.6	1.8				1.4			
		Presa	9.1	8.8	7.7	8.4	2.8		3.7	1.3	1.2				
	Magdalena	Vega del herrero	8.4	8.3	8.3	5.5	5.0			2.1					
		Puerto Arturo	9.5	6.9	6.1	5.4		5.4							
		Presa	8.6	8.4	7.9	6.7	4.6		3.2	2.2	1.2				
jul. 04/96	Yaguará	Cultivo Q. Jesús	8.0	7.6	4.3	2.6	0.0		0.0						
		Santa Helena	8.2	8.1	7.4	7.2	6.8	2.3					1.6		
		Presa	9.5	9.6	8.0	6.9	2.7		0.0						
	Magdalena	Vega del herrero	9.6	7.6	7.1	7.3	6.8			6.4	6.6				
		Puerto Arturo	7.8	7.0	7.0	6.8	6.6								
		Presa	8.6	8.7	8.1	6.3	6.2		5.3	4.8	4.7		4.3		

Discusión

La instalación de cultivos de peces en jaulas flotantes (para el caso estudiado el híbrido tilapia roja, y en menor escala el híbrido carpa roja), genera adiciones a las poblaciones de peces existentes, debido a que por escape pasan a formar parte dinámica del medio acuático.

El presente estudio demuestra que ciertas poblaciones de peces existentes en el embalse se han adaptado con facilidad a los cultivos de peces en jaulas flotantes en el área y presentan una modificación marcada en sus hábitos alimentarios convirtiendo el alimento concentrado en una de las principales categorías alimentarias, llegando incluso a ser casi exclusivo como el caso de *Astyanax fasciatus*. Algunas especies encuentran en el alimento concentrado un complemento alimentario significante, o simplemente lo toman de paso por el área (*e.g.* la tilapia nilótica). Otras, como *Ctenolucius hujeta* sin modificar su hábito depredador encuentran en este sitio una fácil consecución de alimento por la acumulación en el sitio de gran cantidad de peces pequeños como las sardinas.

En el estudio realizado en el embalse de Betania por Cala (1995), se estableció que *Astyanax bimaculatus* era más abuudante en las quebradas afluentes del embalse y se observó que las principales categorías alimentarias eran restos vegetales de origen tanto autóctono como alóctono, larvas de Chironomidae y restos auimales de origen autóctono. Dieta semejante de *A. bimaculatus* reportaron Blanco y Cala (1974) en una población del caño Pachiaquirito, alto río Meta.

Los hábitos alimentarios naturales de *A. fasciatus* dentro y en cercanías a los cultivos de tilapia roja presentaron un cambio en su preferencia con respecto a lo establecido por Cala (1995), donde se reportaron como principales categorías alimentarias los restos vegetales de origen autóctono y alóctono, las larvas de Chironomidae y las escamas. Por el contrario el presente estudio estableció que la población en la zona del cultivo se alimenta casi exclusivamente de alimento concentrado, y en menor proporción de fitoplancton, que puede ser ingerido ocasionalmente.

Los parámetros físico-químicos fundamentales, medidos permiten observar una estratificación térmica en la columna de agua. En el brazo del Yaguará, principalmente en los períodos de niveles altos empieza la estratificación térmica casi a partir de la misma superficie, mientras que en el Magdalena la estratificación se empieza a evidenciar a partir de los cinco o diez metros de profundidad.

Lo anterior concuerda con lo establecido por Guillot (1992) y Montoya & Ramos (1993), cuando mencionan que existen diferencias en la estructura térmica de los dos embalses, proceso que se ha observado desde la misma época de llenado en 1987. El embalse menor (brazo del Yaguará) tiende a ser más cálido y estratificado que el mayor (brazo del Magdalena), lo cual se debe principalmente a que la relación de superficie-volumen en el Magdalena tiene un desarrollo longitudinal muy pronunciado y de mayor profundidad contrario al brazo del Yaguará (Tabla 2 & Figura 3). Además se presenta un desbalance de masa hídrica entre los caudales del río Magdalena y los del Yaguará, lo que permite que se presenten comportamientos diferentes en un mismo período.

Los niveles de oxígeno disuelto en el embalse presentan un comportamiento similar al de la temperatura. Existe estratificación en ambos brazos, pero más marcada en el brazo del Yaguará (Tabla 3 & Figura 4). A medida que se desciende en profundidad se llega a niveles inferiores menores de 3 mg/l a 10 m de profundidad en el brazo del Yaguará y menores de 5 mg/l en el brazo del Magdalena. En profundidades mayores se detectó la formación de una zona de anoxia.

Según Guillot (1992) y Montoya & Ramos (1993), el oxígeno disuelto en el embalse de Betania suele presentar una estratificación marcada a través de la columna de agua y en ocasiones se

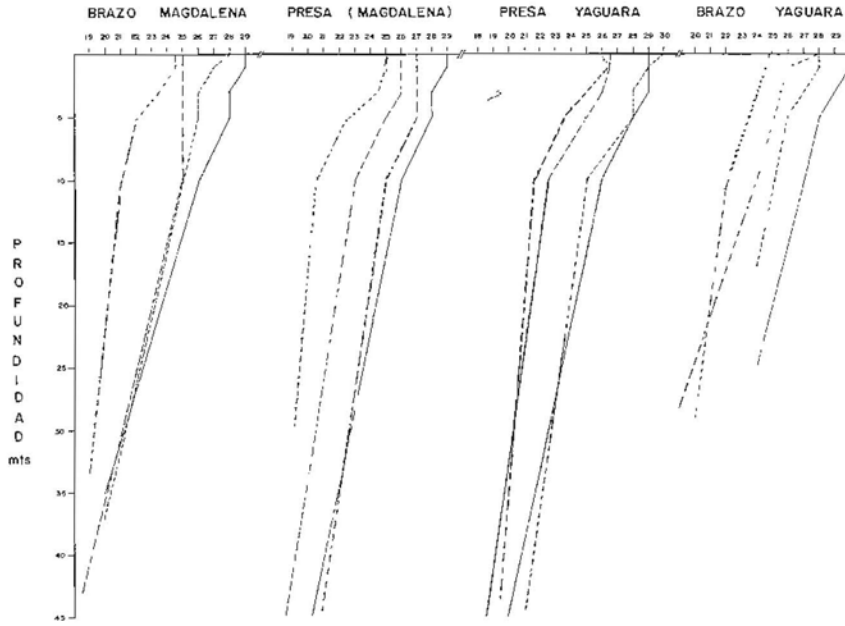

Figura 3. Perfiles de temperatura en el agua del embalse de Betania a diferentes profundidades en 1991. Febrero (—), abril (---), agosto (– –), octubre (....). (Tomado de Montoya & Ramos 1993).

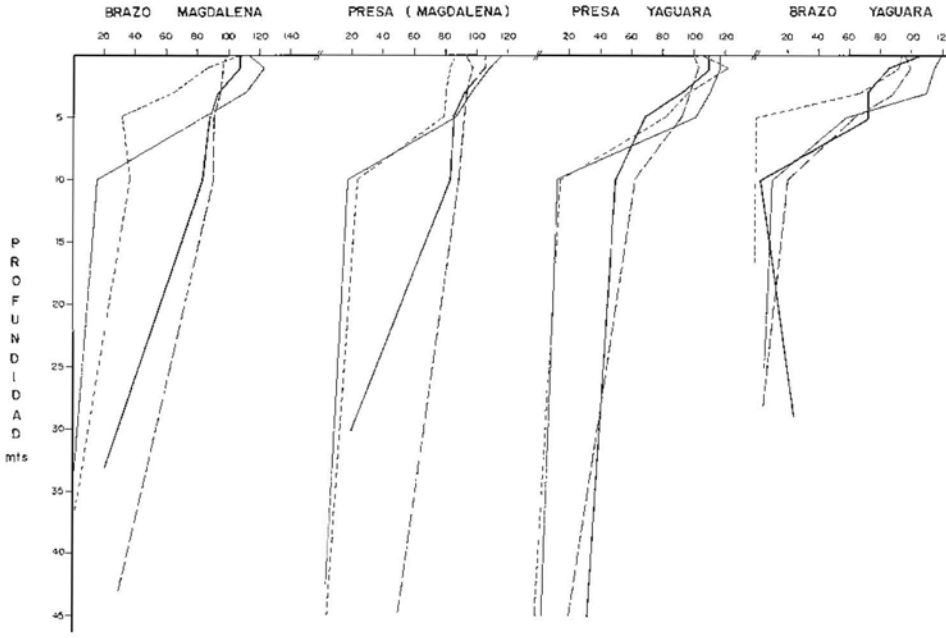

Figura 4. Porcentajes de saturación de oxígeno disuelto en el agua del embalse de Betania a diferentes produndidades en 1991. Febrero (—), abril (---), agosto (—), octubre (– –). (Tomado de Montoya & Ramos 1993).

llega a conformar una oxiclina muy acusada entre los 10 y 20 metros, una masa intermedia de condiciones hipóxicas y localmente anóxicas, y en los sitios donde se conserva identidad de la masa de agua fluvial se puede presentar algún aumento en la concentración. Se presenta relativa amplitud de la difusión de oxígeno en profundidad, principalmente en el mes de agosto, asociado al régimen de vientos y el aumento en los caudales afluentes con aguas más oxigenadas. La turbidez constante, los sólidos en suspención y otras sustancias que llegan al embalse en la época de lluvia pueden afectar los niveles de oxígeno, caso resultante de la avalancha del río Paez en 1993 que puede traer consecuencias nocivas a los cultivos de peces por disminución del oxígeno disuelto y alto grado de sólidos en suspensión.

En los cultivos de peces en jaulas flotantes se observaron valores de oxígeno inferiores a los presentes en las estaciones de referencia fuera de los cultivos, presentándose una estratificación marcada con valores menores de 2 mg/l de oxígeno a diez metros de profundidad, bajas que afectan directamente la población íctica y reducen la producción de los cultivos, ya que las densidades de peces son altas y resultan estresadas.

Es claro que el cultivo produce una cantidad de sólidos ya sea por residuos de comida, o por desechos orgánicos de los mismos peces, que quedan en suspensión en el agua disminuyendo la penetración de la luz. Todas las actividades humanas ejercen una influencia sobre el medio ambiente circundante. El cultivo de organismos en estanques, lagos, ríos y áreas costeras naturalmente no son la excepción al respecto. La magnitud de la alteración sobre los ecosistemas naturales depende, entre otras cosas, de si el método de cultivo es extensivo o intensivo. En cultivos intensivos el metabolismo de los organismos produce un incremento en la cantidad de desechos y productos secundarios en el medio. En tipos de cultivo extensivo el metabolismo de productos es más nivelado.

Las zonas de cultivos en jaulas deben estar localizadas en zonas con buena profundidad y las técnicas de acuicultura en el futuro deben adaptarse a las demandas ambientales e integrarse con otros métodos de utilización del recurso acuático.

El cultivo de peces en jaulas flotantes en el embalse de Betania se ha convertido en uno de los principales beneficios luego de la generación de energía eléctrica, al ser uno de los factores más importantes en el aumento de la producción pesquera del embalse. Tres años después de la implementación de este tipo de cultivos en el embalse, y en momentos en que se piensa ampliar el número y tamaño de estos proyectos, se ve la necesidad de establecer los efectos directos e indirectos que sobre el ambiente producen estos cultivos de tipo intensivo.

Los efectos en el medio ambiente constituyen un limitante para la explotación de cuerpos de agua para la acuicultura, por esto se requieren métodos que permitan decrecer los efectos ambientales nocivos, que incluyen modificación en la composición de la comida, la colección y reciclaje de desechos, la combinación de diferentes formas de cultivos y el uso de recipientes alimentadores que eviten pérdidas de comida (mejor conversión de comida). Cultivos eficientes proveen de alimento bien adaptado a la talla y apetito de los peces, para reducir la liberación de sobrantes (Ackefors 1983).

Es importante resaltar que los principales efectos que pueden ser generados sobre la calidad del agua se manifiestan primero en las zonas profundas, por lo cual son menos fáciles de detectar. Para este fin se requiere un estudio que establezca los niveles de nitratos, nitritos, fosfatos y sedimentos en toda la columna de agua, comparando en zonas cercanas al cultivo, ya que en las mismas debe presentarse un importante aumento de sedimentación, no sólo de partículas de alimento no consumido, sino principalmente de los residuos o excrementos orgánicos de la gran cantidad de peces y por sedimentos provenientes de los afluentes que alimentan al embalse.

El fósforo hasta ahora liberado es responsable de los grandes efectos en aguas interiores, al tiempo que el nitrógeno es el más importante en aguas costeras. La cantidad de desechos depende del volumen de producción y las medidas de tratamiento de estos. Los nutrientes son liberados desde los sitios de cultivo. El fósforo y nitrógeno son considerados como la causa de grandes efectos ambientales, aunque es muy poca la información basada en medidas directas de descargas cuantitativas desde sitios de cultivo. Los materiales que son liberados desde los cultivos consisten principalmente en materia orgánica que fácilmente se degrada si existe oxígeno disponible en el medio.

Las jaulas, las cuales son cuerpos extraños para el medio acuático en general, provocan interferencias en el flujo de agua, generadas por las estructuras metálicas y redes, lo cual puede depender de la intensidad de la corriente, el número, las dimensiones y forma de las jaulas, tipo y material de la red, así como por la acumulación de materiales en la malla y la densidad de siembra. Las jaulas pueden provocar importantes repercusiones sobre las corrientes locales, produciendo una reducción de éstas en el sitio, favoreciendo la sedimentación de partículas mayores y más densas en las inmediaciones de los cultivos. Lo anterior, acompañado con la cantidad de desechos orgánicos producidos por los peces y el hombre ocasiona un aumento del índice de sedimentación en el área del cultivo, trastornando a las comunidades acuáticas preseutes y acelerando el envejecimiento del cuerpo de agua.

El cultivo en jaulas produce una acumulación de desechos sobrantes de comida, excrementos y alimento en el área del cultivo, igualmente que varias medicinas y otras sustancias foráneas pueden ocasionalmente ser liberadas hacia las zonas aledañas, todo esto conduce a que la formación de sedimentos se incremente debajo de los cultivos, dependiendo de las condiciones hidrológicas en el área. Los cultivos en jaulas pueden incrementar la capacidad productiva de un ecosistema acuático e inducir directa e indirectamente cambios en el medio ambiente. Las entradas de fósforo y nitrógeno fertilizan el agua y conducen a incrementar la producción de plantas y animales.

La descarga de nitrógeno desde el cultivo de peces puede periódicamente incrementar la producción primaria. El incremento en cantidad, juntando algas, fitoplancton y macrófitas producen el consumo de una gran cantidad de oxígeno. La disminución de oxígeno puede ser considerada una condición desfavorable y conducir a un déficit de éste en el agua. Una apreciable alteración en los ecosistemas acuáticos se produce cuando el fósforo se excede de ciertos límites, ocasionando que la utilidad de las aguas sea generalmente reducida. La adición de materia orgánica es considerada como un efecto secundario de las descargas de fósforo, la materia es obtenida en forma de excrementos y comida desde los sitios de cultivo, estos residuos bajan al foudo y forman un sedimento rico en nutrientes. A largo plazo, el resultado es una aceleración del proceso de envejecimiento del lago, ya que la descomposición de materia orgánica requiere oxígeno. La tasa de disminución de oxígeno y el conteuido de nutrientes de los sedimentos y la interface sedimento-agua produce un número de cambios en las condiciones biológicas y químicas cerca al fondo (Ackefors 1983).

En países desarrollados las legislaciones ambientales consideran la acuicultura como una industria generadora de graves efectos sobre el medio acuático, como el caso de Suecia, donde según la Legislación de Protección del Medio Ambiente la acuicultura es considerada como una industria perjudicial para el ambiente (Ackefors 1983). Esto uo quiere decir que no se puede realizar, sino que se debe legislar con racionalidad, como en cualquier otra explotación agricola e industrial. La legislación ambiental de un país debe considerar la acuicultura como una industria perjudicial para el medio ambiente, por lo tanto en Colombia se debe empezar a trabajar

en el establecimiento de normas que minimicen los efectos ambientales y controlen la calidad del agua resultante de la acuicultura en general.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Central Hidroeléctrica de Betania por el apoyo logístico brindado en la fase de campo, al Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia donde se efectuó la fase de laboratorio y análisis, así como al Ingeniero Jaime Leyva por permitir la realización del estudio en las instalaciones del cultivo de peces Quebrada de Jesús, y a los trabajadores del cultivo por la disposición y colaboración en la captura de los peces.

Referencias

ACKEFORS, H. 1983. The environmental impact of aquaculture. Report from the working group on environmental effects to the Steering Committee on Aquaculture. Report 83:5. Forskningsradsnämnden (Swedish Council for Planning and Coordination of Research). Temdahls Tryckeri AB, Östervala, Sweden. 74 p.

BEVERIDGE, M. C. M. 1986. Piscicultura en jaulas y corrales. Modelos para calcular la capacidad de carga y las repercusiones en el ambiente. FAO. Doc. Téc. Pesca 255:1-100. Roma.

BLANCO, M. C. & P. CALA. 1974. Contribución al conocimiento de la sardina, *Astyanax bimaculatus* (L) 1758 (Characidae: Pisces), del caño Pachaquiarito, Meta, Colombia. Ecología Tropical 1(2): 1-44.

CALA, P. 1977. Los peces de la Orinoquia Colombiana: lista preliminar anotada. Lozania (Acta Zool. Col) 24: 1-21 + 1 fig.

CALA, P. 1992. Ictiofauna y bioecología de las especies más abundantes en la pesca en el embalse de Betania y aguas proximales de sus tributarios. pp. 2.1 - 2.108. En P. Cala, G. Guillot, J. Acosta & E. González. Estudio piscícola y plan de desarrollo pesquero del embalse de Betania y sus ríos afluentes. Informe Final. Contrato 268/90 U. Nal. - CHB. Santafé de Bogotá.

CALA, P. 1995. Trophic levels of the most abundant fishes of the Betania reservoir, upper río Magdalena, Colombia. Acta Biol. Venez., Vol. 16: 47-53.

CALA, P., G. GUILLOT, J. ACOSTA & E. GONZALEZ. 1992. Estudio piscícola y plan de desarrollo pesquero del embalse de Betania y sus ríos afluentes. Informe final. Contrato 268/90 U. Nal. CHB. Santafé de Bogotá.

CALA, P. & G. I. BERNAL. 1997. Ecología y adaptaciones de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en ambientes naturales - caso embalse de Betania y ciénaga de Chilloa, sistema del río Magdalena, Colombia. Dahlia - Rev. Asoc. Colomb. Ictiol. 2:3-29.

C.H.B. (Central Hidroeléctrica de Betania). 1987. Informe de llenado del embalse. Bogotá. 80 p.

DAHL, G. 1961. Nematognathous fishes collected during the Macarena expedition, 1959. Part II: Pimelodidae, Callophysidae. Novedades Colombianas 1 (6): 484-514.

DAHL, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. INDERENA, Bogotá. 391 p.

EIGENMANN, C. 1922. The fishes of Northwestern South America, Part I. The fresh-water fishes of Northwestern South America, including Colombia, Panamá, and the Pacific slopes of Ecuador and Perú, together with an appendix upon the fishes of the río Meta in Colombia. Memoirs Carnegie Museum IX (1): 1 - 346, 38 plts.

FERNANDEZ, A. 1982. Guía para el estudio de las algas. Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

GONZALEZ, A. 1988. El plancton de las aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (O.E.A.). Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington. 130 p.

GUILLOT, G. 1992. El medio acuático. pp. 1.1 - 1.17. En P. Cala, G. Guillot, J. Acosta & E. González (eds.). Estudio piscícola y plan de desarrollo pesquero del embalse de Betania y sus ríos afluentes. Informe Final Contrato 268/90 U. Nal. - CHB. Santafé de Bogotá.

HERRERA, Y. 1993. Estudio del zooplancton del embalse de Betania, Huila Trabajo de grado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.

HYSLOP, E. J. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their applications. J. Fish, Biol. 17: 411-429.

LAEVASTU, T. 1980. Manual de métodos de biología pesquera. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 243 pp.

MONTOYA, S. & A. RAMOS. 1993. Productividad primaria y biomasa fitoplanctónica en el embalse de Betania. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.

NEEDHAM, G. & R. NEEDHAM. 1982. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Editorial Reverté S.A., Barcelona, España.

PAULY, D. 1984. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO. Doc. Téc. Pesca. 243: 1-49 p.

RAMIREZ, M. E. 1993. Contribución al estudio del fitoplancton en el embalse de Betania, Huila. Trabajo de grado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.

RICKER, W. E. 1971. Methods for assessment of fish production in fresh waters. 2 ed. I.B.P. Handbook No. 3. Blackwell Sci Publ., Oxford. 348 pp.

ROLDAN, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquía. F.E.N. & Colciencias. Bogotá. 217 p.

SILFVERGRIP, A. M. C. 1996. A systematic revision of the Neotropical catfish genus *Rhamdia* (Teleostei, Pimelodidae). Swedish Museum of Natural History, Stockholm. 156 p + 8 plts.

SMITH, G. 1950. The fresh water algae of the United States. Mc-Graw-Hill. Second edition. New York.

U. NAL. COL. (Universidad Nacional de Colombia). 1985. Departamento de Planificación Urbana. Proyecto de Betania. Volumen 1. Diagnóstico del impacto ambiental del proyecto eléctrico de Betania. Bogotá.

VALDERRAMA, M. 1995. La pesca en embalses de Colombia: Estado actual y lineamientos de ordenamiento. Taller sobre aprovechamiento y ordenamiento pesquero y acuícola de embalses. Memorias. INPA-CENIACUA-CHB. Agosto 30-31 y septiembre 1 de 1995. Neiva, Colombia. pp.10-11.

DESARROLLO LARVAL DEL COPORO, *PROCHILODUS MARIAE*, EN ESTANQUES ABONADOS Y CON SUPLEMENTO ALIMENTICIO

LUIS FERNANDO BUSTAMANTE, LUIS GABRIEL QUINTERO & NHORA MARTÍNEZ
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Sede Santafé de Bogotá A.A. 14 490, Santafé de Bogotá

Resumen

En este trabajo se describe la larvicultura del coporo *Prochilodus mariae*, en estanques en tierra abonados y con suplemento alimenticio. Las larvas se obtuvieron por reproducción inducida, luego de absorber el saco vitelino, se alimentaron con *Artemia salina* por dos días. Se sembraron 700 larvas al azar por estanque, en un total de 12 estanques, dividiéndose en cuatro tratamientos, con tres réplicas cada uno. Tratamiento 1: sin abono ni suplemento alimenticio, tratamiento 2: sin abono y con suplemento alimenticio, tratamiento 3: con abono y sin suplemento alimenticio, tratamiento 4: con abono y con suplemento alimenticio. Se realizaron muestreos cada tercer día por un tiempo total de treinta días para registrar la longitud, peso, contenido estomacal y organismos zooplanctonicos presentes en los estanques.

El tratamiento 4 presentó una supervivencia del 46.6%, el tres 42.5%, el dos 18.1%, y el uno 16.5%. El tratamiento dos mostró el mejor crecimiento promedio 62.3 mm, el tres 61 mm, el cuatro 60,7 mm a pesar de tener la mayor densidad, y el uno 39 mm. El tratamiento tres presentó un peso promedio de 3.7 g, el dos 3.7 g, el cuatro 3.5 g y el uno un peso de 0.8 g. El tratamiento cuatro presentó los mejores resultados desde el punto de vista de aumento de peso, longitud y sobrevivencia.

Palabras claves: Coporo, *Prochilodus mariae*, larvicultura.

Abstract

The main purpose of this research was to study the growth of fry *Prochilodus mariae*. The larvae were obtained by induced reproduction, and were fed with *Artemia salina* for two days. 700 larvae were raised in each pool and there was a total of 12 pools. The pools were divided in four treatments: treatment 1 without fertlizer and supplementary commercial food, treatment 2 without fertilizer and with supplementary food, treatment 3 with fertilizer and without supplementary food, and treatment 4 with fertilizer and with supplementary food. Subsamples were taken for measuring length and weight, analysis of stomach content and zooplancton.

The treatment 4 showed a survival of 46.6%, the 3rd 42.5%, the 2nd 18.1%, and the 1st 16.5%. The 2nd treatment showed the best mean growth rate 62.3 mm, the 3rd 61 mm, the 4th, with the highest density, showed 60.7 mm, and the 1st 39 mm. The mean weight of the 3rd was 3.7 g, the 2nd 3.7 g, the 4th 3.5 g, and the 1st 0.9 g. The best results were obtained in the treatment 4.

Introducción

El coporo *Prochilodus mariae* (Eigenmann, 1922), es una especie de bocachico propia de la cuenca del río Orinoco y se encuentra distribuido por toda la Orinoquia. Este pez tiene una gran aceptación entre los habitantes de la región tanto por aspectos económicos como por razones alimenticias. Revisando las estadísticas pesqueras para la Orinoquia colombiana, se observa que el coporo aportó el 28% para 1993, en 1994 el aporte fue del 47.9% y para el año 1995 su aporte fue del 51% de la captura del medio natural. La producción de coporo en acuicultura no es de gran relevancia puesto que sólo aportó un 0.06% del total de la región (INPA 1994, 1995, 1996).

Las investigaciones relacionadas con el cultivo de especies nativas se ven afectadas principalmente por la dificultad de adquirir semilla. El motivo de este inconveniente podría ser que los treinta primeros días de cría de estas especies son muy críticos dada la baja tasa de sobrevivencia que presentan (Woynarovich 1985, Cantelmo & Senhorine 1989, De Fex & Espinosa 1992).

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el Centro Nacional de Investigaciones Acuícolas La Terraza del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura - INPA, en Villavicencio. Se utilizaron 8400 larvas, obtenidas mediante reproducción inducida, según Camargo (1995), las cuales fueron distribuidas al azar en 12 estanques de aproximadamente 8 m^2 cada uno a razón de 700 larvas por estanque. Se estudiaron cuatro tratamientos con tres réplicas cada uno, así: **Tratamiento 1** - Sin abono y sin suplemento. **Tratamiento 2** - Sin abono y con suplemento. **Tratamiento 3** - Con abono y sin suplemento. **Tratamiento 4** - Con abono y con suplemento.

Los estanques se prepararon y abonaron cuatro ó cinco días antes de la siembra. El suplemento alimenticio que se ofreció a las larvas fue un alimento concentrado que contenía 45% de proteína, el cual fue suministrado tres veces al día. En cada estanque se mantuvo un control diario de los parámetros físico-químicos del agua.

Se efectuaron muestreos cada tercer día del zooplancton en los estanques en la superficie, mitad y fondo de la columna de agua; se sacaron tres larvas de coporo por estanque y muestreo para efectuar el análisis de contenido estomacal e intestinal. Las muestras de agua fueron congeladas para su conservación. Para efectuar los análisis se descongelaron a temperatura ambiente y se promediaron los conteos para estimar el contenido de zooplancton por litro de agua (Sàndor 1990). Las larvas se disectaron con agujas para inyectología calibre 30, retirándose el estómago y el intestino. El contenido estomacal se colocó en láminas porta-objeto para su análisis microscópico. Los contenidos de las tres larvas fueron promediados para facilitar el trabajo. Se valoraron por medio de porcentajes de ocurrencia de los tipos de alimentación consumidos por los alevinos.

A los resultados se les efectuó análisis estadístico para determinar las diferencias entre tratamientos y dentro de tratamientos por medio del análisis de varianza (ANAVA), con un diseño experimental al azar convertido a logarítmo, y con un nivel de significancia del 10 % para la primera hipótesis y del 20 % para las hipótesis 2 y 3, así:

Hipótesis 1. Ho: No existe relación logarítmica entre la variable, los tratamientos y los estanques anidados dentro de los tratamientos. **Hi:** Existe relación logarítmica entre la variable, los tratamientos y los estanques anidados dentro de los tratamientos.

Hipótesis 2. Ho: La variable promedio es igual en los cuatro tratamientos. **Hi:** La variable promedio es diferente entre los cuatro tratamientos.

Hipótesis 3. Ho: La variable promedio es igual en los estanques dentro de los tratamientos. **Hi:** La variable promedio es diferente en los estanques dentro de los tratamientos.

En caso de no encontrar diferencias se utilizó una prueba de independencia de CHI cuadrado (χ^2) (Steel & Torrie 1985).

Resultados y discusión

Parámetros físico-químicos. Los resultados promedio de los parámetros físico-químicos hallados en los estanques (pH 6.3, temperatura 26.4°C, oxígeno disuelto 6 ppm, dureza 2.6) se encuentran dentro de los rangos aceptables para la cría de especies nativas, especialmente para los de la familia Characidae (Woynarivich 1985, 1986, Senhorine 1995).

Manejo de larvas. Se observó que es muy importante alimentar las larvas con *Artemia salina*, una vez reabsorbido el saco vitelino pues gracias a esto la sobrevivencia aumenta al ser llevados a temprana edad a estanques de tierra, debido a que llegan al estanque con el estómago lleno y con el condicionamiento para capturar alimento (Woynarovich 1985, 1986, Giraldo 1988, Cantelmo & Senhorine 1989, Castro & Santamaria 1993). Debido al punto de no retorno, la alimentación de larvas de peces es un tema de particular importancia, por lo que se requiere de la utilización de alimento vivo, *Artemia salina* o productividad natural controlada (INPA 1996).

En el experimento se observó que los animales reciben bien el concentrado desde el primer día en los estanques, presentan una buena aceptación del zooplancton y consumen algunos tipos de algas, pero a partir de la segunda semana muestran gran preferencia por las algas combinadas con el concentrado (Antoniutti et al. 1995).

Talla. Los tratamientos presentan diferencias significativas. En cuanto a las tallas, los tratamientos que presentaron mejor comportamiento fueron el 2 con un promedio de 62.34 mm, el 3 con un promedio de 61 mm y el 4 con 60,67 mm, siendo el mejor el tratamiento 4, debido tal vez al aporte de la dieta alta en proteína complementada con lo que los animales obtuvieron del medio, puesto que fue el tratamiento que mostró el más alto porcentaje de organismos zooplanctónicos en el agua, especialmente cladóceros. Las larvas que presentaron un crecimiento muy por debajo del promedio fueron las del tratamiento 1 con un crecimiento medio de 39 mm, lo cual demuestra que los animales necesitan tener una alimentación adecuada para así poder crecer normalmente.

Peso. El tratamiento tres presentó un peso promedio de 3.71 g, el dos 3.69 g, el cuatro 3.49 g y el uno un peso de 0.83 g. Los tratamientos 3, 2 y 4 son grupos muy parecidos en cuanto a la ganancia promedio de peso de los animales, la mejor ganancia de peso se presentó en el tratamiento 3, luego en el 2 y 4, y el que presentó menor ganancia fue el 1. Lo cual de nuevo demuestra que los animales necesitan tener una alimentación balanceada para poder tener una ganancia de peso deseable. En general, el tratamiento cuatro presentó los mejores resultados desde el punto de vista de aumento de peso, talla y sobrevivencia.

Zooplancton en los estanques

Rotíferos. En cuanto a la producción promedio de rotíferos, se observó diferencia entre los cuatro tratamientos. En el tratamiento 4 se presentó el mayor número de individuos, esto puede deberse al abonamiento que se llevó a cabo en los estanques antes de sembrar las larvas, y posteriores reabonamientos que se efectuaron. En el tratamiento 1, el conteo de estos organismos fue muy bajo, probablemente debido a que los estanques no tenían una productividad alta, además los alevinos de este tratamiento realizaron una alta predación de estos organismos como se aprecia en los promedios de contenido estomacal.

Nauplios. Para el caso del tratamiento 1, estos organismos se encuentran en un número reducido probablemente debido al no abonamiento de los estanques. En el grupo de estanques del tratamien-

to 4 se presenta un número reducido de nauplios, a pesar que solamente los individuos del estanque 1 fueron los que consumieron nauplios.

Cladóceros. Los resultados que presenta el grupo de estanques del tratamiento 1 son muy bajos en comparación con los otros tratamientos, posiblemente por no haber abonado estos estanques. El tratamiento 4 presentó una densa población de cladóceros.

Copépodos. Se observó que el tratamiento 1 presentó una producción más o menos alta para haber sido el tratamiento blanco. Es posible que esto se presentara porque la predación de estos organismos fue casi nula. Además, la mayor producción se presentó en el estanque donde la unidad experimental se perdió. Para el tratamiento 4 el número fue bajo, muy parecido a la cantidad del 1, tal vez la producción se vio disminuida porque los peces comenzaron a consumirlos desde el quinto día hasta el día veintitrés, día en el cual también disminuyó el número de individuos en los estanques.

Sobrevivencia final. El tratamiento 4 presentó una supervivencia del 46.6%, el 3 del 42.5%, el 2 del 18.1%, y el uno 16.5%. Se aprecia que en cuanto a este parámetro los tratamientos que recibieron abono muestran un comportamiento más favorable y se concluye que los animales necesitan tener alimento natural adecuado en abundancia para tener una alta supervivencia.

En la prueba de χ^2 con un nivel de significancia del 95% (P = 0.05%), se plantearon las hipótesis: **Ho**: $\mu T1 = \mu T2 = \mu T3 = \mu T4$, **Hi**: $\mu T1 \neq \mu T2 \neq \mu T3 \neq \mu T4$. La **Ho** fue rechazada, lo cual comprueba que la sobrevivencia final que se presentó en este trabajo sí dependió del tipo de tratamiento, como lo han demostrado otros trabajos (Woynarovich 1985, 1986, Giraldo 1988, Cantelmo & Senhorime 1989, Sàndor 1990, De Fex & Espinosa 1992, Castro & Santamaría 1993, Antoniutti et al. 1995, Senhorine 1995).

En el trabajo se observó que posiblemente una buena densidad de siembra de coporo está en el rango de 80 a 100 larvas por m^2, dado que al hacer la cosecha final los estanques presentaron una más o menos alta sobrevivencia, y como se esperaba, en los estanques del tratamiento 4 fue donde se encontró la más alta tasa de sobrevivencia (De Fex y Espinosa 1992, Senhorime 1995).

En relación con el cultivo de larvas, se puede comprobar una clara dependencia de la densidad de siembra con la sobrevivencia final y el crecimiento. Esto es debido a la conducta alimentaria de las larvas, aproximadamente a partir del octavo día. Después de la eclosión cuando eran sembradas en los estanques en tierra hasta el día 15, las larvas consumen zooplancton; a partir del séptimo día, empiezan a consumir materia orgánica. Estos regímenes alimentarios son dependientes de la cantidad de alimento disponible y la densidad de larvas en el estanque (Antoniutti et al. 1995, Senhorime 1995). Por otra parte, el punto de biomasa máximo sustentable se relaciona directamente con la supervivencia y la talla.

Conclusiones

El alevinaje del coporo puede tener una densidad de siembra en estanques en tierra de 80 - 100 animales/m^2.

Los alevinos presentan mayor preferencia a los cladóceros desde temprana edad, y reciben el alimento concentrado desde los primeros días de vida.

Se observó que las larvas de coporo en sus primeros días de desarrollo deben consumir zooplancton.

Los coporos en la primera semana de vida (7 días) consumen rotíferos, a mediados de la segunda semana (día 12) consumen cladóceros, en la tercera semana (día 20) consumen copépodos.

Los coporos de los estanques que recibieron algún tipo de tratamiento, a partir de la segunda semana de vida consumieron microalgas junto con el concentrado.

Los animales responden mejor cuando se les ofrece una dieta variada entre alimento natural y suplemento alimenticio de buena calidad.

Es necesario continuar haciendo las investigaciones necesarias acerca de larvicultura y alevinaje del coporo, además de las investigaciones relacionadas con densidades de siembra, crecimiento y engorde en mono y policultivo, y establecer parámetros para los diversos sistemas de producción en los diferentes estados de desarrollo de esta especie.

Referencias

ANTONIUTTI, D., M. NARAHARA & E. ROMAGOSA. 1995. Reprodução induzida e custo operacional de produção de alevinos de curimbatá, *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881) São Paulo, Brasil. B. Inst. Pesca 22 (1): 41 - 47.

CAMARGO, A. 1995. Inducción a la reproducción del coporo, *Prochilodus mariae* (Eigenmann, 1922) utilizando extracto de hipófisis de carpa (EPC). Trabajo de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá.

CANTELMO, O. & J. SENHORINE. 1989. Alimentação artificial de larvas e alevinos de peixes. Red. Acuíc. Bol. Red Regional de Acuicultura 3 (3): 3-6.

CASTRO, D. M. & C. SANTAMARIA. 1993. Algunos aspectos sobre la reproducción inducida del bocachico amazónico *Prochilodus nigricans* en condiciones de la Amazonia. Colombia Amazónica 6(2): 73-84.

DE FEX, R. & R ESPINOSA. 1992. Experiencias obtenidas con bocachico *Prochilodus magdalenae* en la Estación Piscícola de Loriíca. Seminario Taller del bocachico Prochilodus magdalenae. Mayo 28-29. Barrancabermeja. INPA, Colombia. p. 29-40.

GIRALDO, M. 1988. Producción masiva de larvas de bocachico *Prochilodus reticulatus*. Red. Acuic. Bol. Red Regional de Acuicultura 1(2): 15-16.

INPA (Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura) 1994, 1995, 1996. Boletín estadístico pesquero. Santafé de Bogotá.

INPA (Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura) 1996. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Santafé de Bogotá.

SANDOR, N. 1990. A importancia do hábito alimentar dos alevinos de curimatã pacu *Prochilodus marggravii*, (Walbaum, 1792) na sua produção em escala comercial. Red. Acuic. Bol. Red Regional de Acuicultura 4(2): 13-16.

SENHORINE, J. 1995. A desenvolmimento larval do pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) en viveiros. Dissertaçao de Mestrado, Inst. de Biociencias, Campus de Botucatu Universidade Estadual Paulista. São Paulo, Brasil. 112 p.

STELL, R. & J. TORRIE. 1985. Bioestadística, principios y procedimientos. Segunda edición. Editorial Mc Graw-Hill. Bogotá, Colombia.

WOYNAROVICH, E. 1985. Manual de piscicultura. Companhia de desenvolvimento do Vale do São Francisco, Ministerio do interior, Brasilia. p. 69.

WOYNAROVICH, E. 1986. Tambaqui e pirapitinga. Propagaçao artificial e criaçao de alevinos. Companhia de desenvolvimento do Vale do São Francisco, Ministerio do interior. Tercera ediçao, Brasilia. p. 68.

ENSAYOS SOBRE PESCA ELECTRICA EN COLOMBIA

JÜRGEN GUERRERO-KOMMRITZ
Asociación Sie. Santafé de Bogotá, Apartado Aéreo 84810

Resumen

Este trabajo presenta una breve recopilación de la historia de la pesca eléctrica en el mundo y en Colombia. Se presenta el funcionamiento básico de este método de pesca y las experiencias del autor con este método durante el año de 1995, en la Sabana de Bogotá y en el Caño Bocón en el departamento del Guainía.

Palabras claves: Electropesca.

Abstract

This investigation discusses the history of electrofishing in the world, including the experience of the author with this method during 1995 in the Sabana of Bogotá, and caño Bocón (Guainía) in Colombia.

Key words: Electrofishing.

Antecedentes

Entre las artes de pesca, la pesca eléctrica es una técnica relativamente reciente y novedosa en comparación con otros que llevan varios miles de años de uso. Tiene aproximadamente 150 años de existencia.

En 1843 Unger observó que varios microorganismos, especialmente el protozoo *Stentor niger*, eran atraídos por el polo negativo al ser sometidos a una corriente eléctrica continua (Denzer 1955). La primera patente, la número 2644, de un sistema de pesca eléctrica fue otorgada a Mr. Ishan Baggs de Islington en Londres hacia 1863 (Vibert 1967). El sistema funcionaba por medio de baterías y el voltaje obtenido era elevado por medio de un inducido de carbón, aparato que permitía atraer a los peces para su captura (Hartley 1990). Posteriormente se efectuaron varios estudios principalmente en Alemania sobre el comportamiento de peces sometidos a una corriente eléctrica. Ernst Mach en 1875 observó como peces eran atraídos y atontados ("se desmayaban") al acercarse al polo positivo. Hermann en 1885 observó que renacuajos y larvas de peces se concentraban alrededor del ánodo al someterlos a una corriente continua. Von Blasius y Schweizer en 1893 introdujeron el término de Galvanonarcosis para definir el efecto narcótico que produce el campo eléctrico sobre los peces. Hermann y Mathias (1894) definieron la unidad de densidad de flujo de corriente (mA por mm^2 de corte transversal de fluido sometido al flujo eléctrico = 10^{-6}A), la cual es una unidad importante para los estudios electrofisiológicos que se hicieron desde ese momento (Denzer 1955). En 1895 le fueron otorgadas dos patentes de pesca eléctrica al señor Takahashi, estas fueron la número 2551 y 2555 (Vibert 1967).

Leduc en 1900 publicó una investigación sobre el efecto de la corriente eléctrica discontinua sobre animales y humanos. En esta se basó el neurólogo alemán Engelen para describir la anestesia subacuática inducida eléctricamente, la cuál se basaba en las corrientes o impulsos usados por Leduc (Denzer 1955). En los años de 1920/30, F. y Fr. Scheminsky observaron el comportamiento de varios peces sometidos a corriente alterna, describieron su efecto narcótico sobre muchos organismos acuáticos y la relación

de efecto con el tamaño corporal y la sensibilidad eléctrica de los organismos; además introdujeron el término de oscilotaxis y oscilotropismo para describir el comportamiento de los organismos acuáticos en un campo de corriente alterna (Denzer 1955). Hacia 1925 Alfred Schönfelder publicó un artículo titulado "Fishfang mit Electrizität" (Pesca con electricidad) en el cual hace un resumen de la experiencias hasta ese entonces en Europa y exalta la potencialidad de esta técnica, es por esto que se le puede considerar como el padre de la pesca eléctrica. Holzer (1933, tomado de Denzer 1955) encuentra que cada especie presenta respuestas diferentes a los estímulos eléctricos siendo atraídas y afectadas a diferentes voltajes. En la década de 1940 se realizaron diversos estudios sobre las posibles aplicaciones de la pesca eléctrica. Después de la segunda guerra mundial, debido a problemas en la piscicultura y el manejo de los recursos pesqueros en Europa central, la pesca eléctrica tuvo un gran auge. Denzer y Kreutzer experimentaron con esta técnica en aguas marinas pero tuvieron poco éxito debido a las exigencias del equipo que demandaba mucha energía (Denzer 1955). En la década de 1950 se avanzó en el desarrollo práctico de este método de pesca principalmente en Enropa.

En 1957 la FAO organiza el primer congreso sobre métodos de pesca durante el cuál se recopiló y se sintetizó todo el trabajo efectnado a nivel mundial sobre la pesca eléctrica (Vibert 1967). En 1966 se efectuó el primer simposio sobre pesca eléctrica en Belgrado; la FAO recopiló toda la información y bajo la coordinación de R. Vibert se publicó al año signiente el libro clásico de la pesca eléctrica intitulado "Fishing with electricity" (Vibert 1967). A partir de la década de 1960 se ha generalizado el nso de la pesca eléctrica para el estudio y el manejo de poblaciones de peces tanto cautivas como naturales y ha sido una herramienta muy útil en innumerables proyectos de acuicultura. En la actualidad se la usa regularmente en varios países como Alemania, Australia, Austria, Inglaterra, los países escandinavos, Nueva Zelandia, la antigua Unión Soviética y los Estados Unidos de América.

En Colombia la pesca eléctrica no ha tenido mucho desarrollo; parece ser que en 1959 fue la primera vez que se usó este método de captura en el país por parte de George Dahl y Ricardo Lozano, pero por la muerte de este último, cayó este método en el olvido. Hacia 1968 Plutarco Cala reinició con esta línea de investigación con el equipo existente y en 1973 los profesores Plutarco Cala y Fabio Florez del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia importaron dos equipos SACHS-STATO 96 (Tipo EL 62, 4 HP, 1.75 Kw, 0 -600 V de salida y 1.5 Amp.) de la República Federal de Alemania (Cala 1974), pero hacia 1975 debido a la baja conductividad de las aguas de estudio no se obtuvieron los resultados esperados con estos equipos y se abandonó esta modalidad de pesca. El principal problema radicó en que los equipos fueron diseñados para trabajar bajo otras condiciones ambientales (Cala 1994, com. pers.).

Cómo funciona la pesca eléctrica. La pesca eléctrica se basa en la generación de un campo eléctrico entre dos electrodos al introducirlos en el agua, estando conectados a una fuente de poder. El flnjo de electrones tiende a pasar por donde encuentre una menor resistencia y por lo tanto una mayor conductividad. Al entrar un pez en el campo eléctrico pneden suceder dos cosas: sí la conductividad del agua es baja, la corriente eléctrica pasará a través del cnerpo del pez qne es un mejor conductor eléctrico; pero si la conductividad del agua es alta, la corriente pasará alrededor del pez. En el primer caso el pez será afectado y se aturdirá, y en el segundo caso el pez no será afectado (Brandt 1972). Este tipo de pesca está determinada principalmente por factores biológicos y físicos.

Factores biológicos. La pesca eléctrica se basa en que los organismos acuáticos se inmovilizan cuando se logra crear nna diferencia en el voltaje de los cordones nerviosos entre la cabeza y la

cola, y este debe ser entre 1.5 y 2 V (Hösl 1955, Bohlin et al. 1989). Es por esto que el principal efecto buscado en la pesca eléctrica sea lograr la galvanonarcosis y/o el tétano o inmovilización muscular del organismo para su posterior captura (Lamarque 1990).

Varias formas de corriente eléctrica son usadas para la pesca eléctrica, pero las más frecuentes son la corriente continua y la corriente alterna. Estas dos formas de corriente provocan reacciones muy diferentes. Bajo la influencia de un campo eléctrico de corriente continua, el pez presenta una reacción denominada electrotaxis positiva o negativa según se dirija hacia el polo positivo o se aleje del campo eléctrico. Bajo el efecto de un campo eléctrico de corriente alterna, el pez presenta una reacción denominada oscilotaxis, al no existir polo positivo ni polo negativo se presenta una condición de contracción muscnlar o encalambramiento de los músculos de todo el individuo. El radio de acción de la corriente alterna es mucho mayor que el de la corriente continua, así mismo los efectos de la misma son más notorios y duraderos, pero este tipo de corriente presenta un mayor riesgo para el operario y los individuos a capturar son lesionados más fácilmente (Denzer 1955, Bohlin et al. 1989, Lamarque 1990). La corriente alterna con fines de pesca se utiliza mucho en U.S.A. (Aadland & Cook 1992), pero en Europa no se aconseja su uso debido a los riesgos que implica para el operario (Bohlin et al. 1989, Lamarque 1990).

La talla o tamaño del pez son de gran importancia a la hora de la captura; los peces de gran tamaño por su gran superficie de captación de las líneas de fuerza eléctrica son muy sensibles al campo eléctrico, pero por su gran tamaño su radio de escape es mny grande y pneden salir y hnir fácilmente del campo eléctrico, es por esto que los peces grandes requieren de un menor voltaje para su captura, que los de tallas menores. Los voltajes requeridos para la pesca también varían mncho de una especie a otra por lo que el tamaño, el estado de desarrollo y el comportamiento parecen ser decisivos para la captura (Bohlin et al. 1989, Lamarque 1990).

Al usar corriente continua se crean dos zonas alrededor del ánodo, una zona de inmovilización que se encuentra muy próxima a este, y alrededor de esta zona se forma la zona de atracción. El radio de estas zonas varia según el tamaño del ánodo y de las condiciones fisicoquímicas del agua (Bohlin et al. 1989).

La posición del pez al entrar en el campo eléctrico es de gran importancia ya que según esta las reacciones del pez serán diferentes y factor decisivo para la eficiencia de la pesca. Al usar corriente continua, si el pez está de cara al ánodo al entrar en la zona de atracción este presentará un nado inhibido; al penetrar más en ella manifestará lo que se denomina como el primer nado hacia el ánodo. A continuación se presenta la galvanonarcosis donde el pez se narcotiza, e inmediatamente después se presenta el segundo nado hacia el ánodo y al entrar en la zona de inmovilización se produce el tétano anódico el cuál es causado por la excitación directa del músculo del pez por parte del campo eléctrico y no del tejido nervioso como ocurre en las reacciones anteriores (Lamarque 1990). Si el pez esta de cara al cátodo al entrar en el campo eléctrico este tiende a huir del mismo pero sí el campo eléctrico es lo suficientemente fuerte el pez dará media vuelta, encarará el ánodo y presentará la galvanotaxis anódica con las reacciones anteriormente descritas (Lamarque 1990). Si el pez se encuentra oblicuo o en ángulo recto al campo eléctrico este presentará una curvatura anódica con la subsecuente galvanotaxis anódica ya descrita (Lamarque 1990).

Cuando se usa corriente alterna al no haber ni cátodo ni áuodo, ya que estos se alternan, se presenta la oscilotaxis, en la cuál el pez se inmoviliza por medio de contracciones o calambres muscnlares pero no se narcotiza y mantiene todas sus capacidades de percepción (Denzer 1955, Lamarque 1990).

Al usar corriente continua pulsátil el efecto es intermedio entre la corriente continua y la alterna, pero el efecto es más parecido al de la corriente continua, pero solo se presentan el nado inhibido, la galvanonarcosis y el segundo nado hacia el ánodo (Lamarque 1990).

La corriente eléctrica influencia principalmente el cordóu nervioso medular. La corriente continua actúa sobre los somas de las neuronas y sobre las fibras musculares, pero no actúa sobre las fibras nerviosas o axones (Lamarque 1990). La corriente continua pulsátil actúa sobre las fibras nerviosas o axones y toda la masa muscular (Lamarque 1990).

El pez al ser atraído por el campo eléctrico seguirá las líneas de fuerza y se acercará al ánodo para luego nadar directamente hacia él. Esto es válido dentro del cuerpo de agua pero al llegar a las zonas de transición ya sean de agua-aire o de agua-fondo o sedimento las líneas de fuerza se distorsionan debido a la mayor o menor conductividad del fondo o el aire provocando que el pez se sumerja en el sedimento o salte fuera del agua (Denzer 1955, Bohlin et al. 1989).

Factores físicos. Los factores físicos más importantes que afectan la pesca con electricidad son la conductividad del agua y su temperatura. La conductividad del agua está determinada por la cantidad de iones disueltos en el agua (APHA et al., 1955) y ésta influye en la eficiencia de la pesca. Si la conductividad es alta la potencia requerida para obtener capturas también será alta y si la conductividad es baja la potencia requerida será baja, pero el voltaje deberá ser alto para obtener resultados. A conductividades alrededor de 5 %S los equipos de pesca eléctrica no son confiables y las capturas dependen de la conductividad del cuerpo del pez y de su comportamiento (Bohlin et al. 1989).

La conductividad depende de la temperatura y se afirma que con temperaturas inferiores a los 4°C o superiores a los 25°C la eficiencia de la pesca eléctrica disminuye, pero se debe tener en cuenta que estos datos son para regiones templadas y los hábitos de los peces son muy importantes; estos reaccionarán favorablemente en las temperaturas en las que vivan (Lamarque 1990, Zalewski 1985).

Cuando se presentan escasas repuestas debidas a la baja condnctividad eléctrica en caños o arroyos se puede utilizar sal (NaCl) disolviéndola corriente arriba de la zona de pesca (Cowx & Lamarque 1990) con lo cual se logra aumentar la conductividad del agua por cortos períodos y además los peces de corriente arriba se desplazaran hacia el sitio de pesca huyendo del cambio brusco de la salinidad y conductividad del agua.

La captura o extracción de los ejemplares se efectúa por medio de jamas o redes, o también por medio de bombas de succión, o modificar el ánodo en forma de nasa (Denzer 1955, Anónimo 1987).

Usos de la pesca eléctrica

El gran desarrollo de la pesca eléctrica en los años cincuentas y sesentas abrió un nuevo abanico de posibilidades para los biólogos pesqueros. Investigaciones cuantitativas de las poblaciones de peces pudieron llevarse a cabo especialmente en ambientes lóticos, lo cuál era prácticamente imposible antes del desarrollo de esta técnica de captura (Bohlin et al. 1989). La posibilidad de capturar los peces sin lastimarlos para luego ser usados en actividades de repoblamiento, crianza o en estudios de poblaciones usando el método de captura marcaje y recaptura es un gran logro que permite la pesca eléctrica (Bohlin et al. 1989). En lugares de difícil acceso o en situaciones de emergencia la pesca eléctrica permite la movilización de poblaciones enteras de peces en corto tiempo (Brand 1972). Esta última posibilidad es de gran interés para el manejo de poblaciones cautivas en acuicultura, ya que permite la cosecha, muestreo o remoción de ejemplares indeseables dc los cuerpos de agua destinados a la acuicultura (Denzer 1955). En ríos destinados a la pesca deportiva en Inglaterra, el

manejo de las poblaciones de trucha y la remoción de especies no deseables se efectúa usando la pesca eléctrica (Cowx & Lamarque 1990).

Actividades con pesca eléctrica en Colombia en 1995

Para el desarrollo de este trabajo se debió diseñar un equipo de pesca eléctrica que pudiera usarse en los hábitats a muestrear. Este equipo debía cumplir con varios requisitos y llenar el mayor numero posible: Ser liviano, de fácil manejo, portátil, dar descargas de corriente continua y corriente pulsátil, trabajar con baterías, económico, de fácil mantenimiento y expansible o modificable. En ocho meses de trabajo continuo buscando eumplir con el mayor numero de requisitos posibles se crearon cuatro prototipos; tres electrónicos y uno electromecánico.

El primer prototipo se basó en un equipo desarrollado por Kreutzer denominado Salmo super (Denzer 1955), el cual funcionaba con una batería de 12 V para automóvil , con una potencia de 500W y una salida de 0 a 600V de corriente pulsátil. Este primer prototipo fue diseñado por un estudiante de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana, tenía como fuente de poder una batería de marca Segura modelo BHS-30HB de 12V y 50Ah la potencia teórica del equipo era de 500W. Este consistía en la fuente de poder, un oscilador, un amplificador, un transformador elevador (de 10 -500V), un rectificador, unos condensadores de potencia que almacenan la carga y un GTO que dispara los choques eléctricos.

Como cátodo se usó una malla metálica de 1.2 m^2, como ánodo se usó un anillo de aluminio de 60 cm de diámetro fijo a un mango de PVC de 1.5 m de largo; además se usaron dos nasas, una triangular y otra redonda con sus mangos de PVC de 1.5 m de largo. Este equipo fue probado en cercanías de Puerto López en el departamento del Meta. Las pruebas dieron como resultado un colapso del oscilador con lo cual las descargas al agua fueron casi nulas y se obtuvieron dos respuestas de huida al usar un ánodo de 60 cm de diámetro.

Con base en esta experiencia se rediseñó el equipo y se amplió la unidad de control. La unidad de amplificación fue cambiada, el oscilador se optimizó usando una fuente de energía independiente de la principal. Este equipo (prototipo 2) se probó bajo condiciones controladas en laboratorio y como ejemplares de prueba se usaron 20 juveniles de *Corydora sp.* con una longitud promedio de 2 cm. La descarga en el agua, con conductividad de 150 µS, fue de 45 V con lo cual se logró obtener electronarcosis alrededor del ánodo. Los electrodos usados fueron un ánodo en forma de anillo de 15 cm de diámetro y como cátodo se usó una rejilla metálica de 20 x15 cm. Con este equipo se viajó al Guainía a la cuenca del caño Bocón, donde se efectuaron pruebas en el caño Pescado, un afluente del Bocón que surca las sabanas del Mavicure. Los electrodos usados fueron: como cátodo una malla de angeo de aluminio de 2 m^2 y un ánodo en forma de anillo de 60 cm de diámetro de aluminio. Los resultados fueron poco esperanzadores ya que la conductividad del agua era inferior a 10 µS con lo cual se colapso la unidad de potencia y las descargas fueron nulas. Las condiciones climáticas no fueron muy apropiadas para este tipo de aparatos ya que la humedad y las termitas hicieron mella en la caja de transporte y un condensador de potencia quedó inservible. Por consiguiente no se observaron respuestas por parte de los peces de ningún tipo.

Con estos resultados se volvió a diseñar la unidad de potencia y se probó el equipo (prototipo 3) en un estanque de la Sabana de Bogotá cuya conductividad es de alrededor de 300 µS. La unidad de potencia y el amplifieador se saturaron con lo cual no se produjeron descargas. Debido a que la unidad de potencia no pudo ser mejorada y el oscilador no soportaba la carga, se optó por explorar una alternativa electrónica y otra electromecánica. La alternativa electrónica se basa

en un carrete de inducción controlado por un transistor y un diodo, el cual podría producir las descargas requeridas. Este diseño tiene la ventaja de su simplicidad y bajo peso al igual que es relativamente económico. Esta alternativa sigue en etapa de diseño y experimentación.

La alternativa electromecánica (prototipo 4) se basa eu un arreglo de baterías conectadas en serie. Este sistema ha tenido mucho éxito a nivel mundial por su sencillez, fácil manejo y mantenimiento. Este prototipo consta de 35 baterías para motocicleta marca Yacht de 6V y 4 Ah, conectadas en serie con lo cual se obtienen 218V y 4 A de corriente continua, un fusible de 5 A, un interruptor de emergencia, y un tambor giratorio con el cual se logra obtener corriente continua pulsátil y variación en la duración de los pulsos. Con este equipo se hicieron pruebas el 20 de agosto de 1995 en la Sabana de Bogotá en las cercanías del municipio de Madrid (Cundinamarca), en un estanque con una conductividad de alrededor de 300 µS con una población de *Grundulus bogotensis* o aguapuchas.

Las pruebas fueron satisfactorias con una descarga de 218 V y un ánodo en forma de anillo de 40 cm de diámetro, el cual fue acondicionado como nasa de captura, se capturaron 27 individuos de *Grundulus bogotensis*. De esta experiencia se pudo observar una electrotaxis positiva muy fuerte con un nado hacia el ánodo y un nado inhibido y galvanonarcosis. Después de cinco a siete minutos de suspenderse el estimnlo eléctrico los peces recobraban su movilidad y no presentaban síntomas de lesión o daño causado por el estimulo eléctrico.

Con esta unidad se viajó al Guainía a la cuenca del caño Bocón. En el rebalse o bosque inundado, que se puede considerar como un ambiente léntico debido a la escasa corriente, la condnctividad del agna es muy baja inferior a 10 µS. En este tipo de ambiente se efectuaron varias pruebas, una en Barranco de tigre con un ánodo de 80 cm de diámetro y nna descarga de 217 V se obtuvieron 2 respuestas de huida lo cual indica que el campo eléctrico no era lo suficientemente fuerte; otra en el caño Guamal, donde se intentó aumentar la conductividad por medio de sal de cocina (NaCl) disolviendo 2 Kg en nn área de 10 m^2 pero solo se obtuvieron respuestas de huida por parte de un pequeño cardumen de peces (sardinas). En el raudal del Bocón, que es un ambiente lótico se hizo una prueba en la parte baja del raudal. Debido a la baja conductividad (menor de 10 µS) se utilizó sal de cocina puesta en el torrente, con solo 300 g se logro obtener capturas ya que la corriente resuspendía la sal aumentando temporalmente la conductividad. Se capturaron 3 peces de la familia Characidae, y 11 camarones, un *Macrobrachium carcinus* y 10 *Macrobrachium sp.*, además de cantidad de renacuajos.

Solo se observó electrotaxis en el *Macrobrachium carcinus*. Los demás individuos capturados presentaron galvanonarcosis muy fuerte, especialmente entre los camarones. En otra salida se efectuaron varias pruebas con un ánodo modificado como nasa de captura de 70 cm de diámetro pero no se lograron obtener capturas y no se pudo lograr obtener ningún punto donde se resuspendiera la sal para aumentar la conductividad.

Debido al gran riesgo que representa el uso de la electricidad en el agua el material de seguridad usado consta de materiales aislantes protectores para el operario como son guantes de caucho y botas de caucho, además un botiquín especializado en quemaduras de tipo eléctrico.

Conclusiones

En ambientes lénticos de baja conductividad como los muestreados y con el equipo disponible no es posible por el momento obtener una aproximación a la composición y estructura de una comunidad de peces a través de la pesca eléctrica.

Para evaluar mejor la técnica de la pesca eléctrica en aguas de baja conductividad como las del Guainía en un futuro, sería conveniente explorar las capturas con voltajes mayores principiando con 400 V luego 1000 V e ir subiendo el voltaje hasta 1600 o 1800 V como lo reportado para la Amazonia (Lamarque 1990). Para esto se requiere personal entrenado en el manejo de equipos a estos voltajes.

Usar mejor la disolución de sal para aumentar la couductividad buscando caños más angostos y torrentosos, en zonas de piedemonte o afloramientos rocosos.

Referencias

AADLAND, L. P. & C. M. COOK. 1992. An electric trawl for sampling bottom-dwelling fishes in deep turbid streams. North American Journal Fisheries Management 12: 652-656.

ANONIMO. 1987. Pesca con electricidad. Enciclopedia general del mar. Editorial Garriga, Barcelona, 6: 1037-1045.

APHA-AWWA-FSIWA. 1955. Métodos normales para los exámenes de aguas, aguas negras y desechos industriales. Editorial Helio-México S.A., México. pp. 114-117.

BOHLIN, T., S. HAMRIN, T. HEGGBERT, G. RASMUSSEN & S. J. SALTVEIL.1989. Electrofishing-theory and practice with special emphasis on salmonids. Hydrobiologia 173: 9-43.

BRANDT, A. VON. 1972. Fish catching methods of the world. Fishing News Books Ltd. London. pp. 24-26.

CALA, P. 1974. La pesca con electricidad en Colombia. Ecología Tropical 1(2): 80-90.

COWX, I. G. & P. LAMARQUE. 1990. Fishing with electricity. Fishing News Books. Alden Press, Oxford. 248 pp.

DENZER, H.W. 1955. Die Electrofisherei, Handbuch der Binnenfisherei Mitteleuropas 5(3): 141-234.

HARTLEY, W.G. 1990. The history of electric fishing. In: I. G. Cowx & P Lamarque. (ed.) pp. 1-4.

HÖLS, A. 1955. Die electrotechnischen grundlagen des electrofishfanges. Der Fishwirt 5:235-244.

LAMARQUE, P. 1990. Electrophysiology of fish in electric fields. In: I. G. Cowx & P. Lamarque (eds.) pp. 4-33.

VIBERT, R. 1967. Fishing with electricity - its aplications to biology and management. FAO-EIFAC-, Fishing News LTD, London 275 pp.

ZALEWSKY, M. 1985. The estimation of fish density and biomass in rivers on the basis of relationship between specimen size and efficiency of electrofishing. Fisheries Research 3:147-155.

ASPECTOS BIOLOGICO - PESQUEROS DE DOS ESPECIES DE *CYNOSCION* CON ANOTACIONES SOBRE LA ICTIOFAUNA ACOMPAÑANTE EN LA PESCA DEL CAMARON DE AGUAS SOMERAS EN LA ENSENADA DE TUMACO, PACIFICO COLOMBIANO

JAVIER A. DÍAZ-OCHOA
Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Regional Pacífico, Buenaventura, Colombia

Resumen

El estudio se realizó entre junio de 1994 y junio de1995, en la ensenada de Tumaco. De la captura total el 27 % correspondió a la ictiofauna acompañante. Las familias predominantes fueron Sciaenidae, Ariidae, Carangidae, Centropomidae, Lutjanidae y Sphyraenidae.

En la población de *Cynoscion squamipinnis* y *C. phoxocephalus*, los machos son ligeramente más pequeños que las hembras (machos 28.4 cm LT y hembras 31.1 cm LT; machos: 29.2 cm LT y hembras 30.1 cm LT respectivamente). Con respecto a los estadíos de madurez sexual, para las hembras de *C. squamipinnis* se determinó una talla media de madurez de 29.5 cm y una mínima de 17.5 cm. En *C. phoxocephalus* la media fue de 28.5 cm y la mínima de 17.5 cm. Los desoves ocurren en noviembre para la primera especie, y diciembre-enero y julio en la segunda.

Palabras claves: Biología pesquera de dos especies de *Cynoscion*, Pacífico Colombiano.

Abstract

This study was carried out throughout June 1994 to June 1995 in Tumaco bay, Colombian Pacific. The most abundant fishes captured belonged to the families Sciaenidae, Ariidae, Carangidae; Centropomidae, Lutjanidae y Sphyraenidae, respectively.

Cynoscion squamipinnis and *C. phoxocephalus* were analysed in detail. It was observed that males of both species are slightly shorter than females (*C. squamipinnis* males: 28.4 cm and females 31.1 cm TL; *C. phoxocephalus males: 29.2 cm and females 30.1 cm TL).*

The available material showed that all females *C. squamipinnis* larger than 17.5 cm TL, and *C. phoxocephalus* larger than 17.5 cm were matured. The spawning season for *C. squamipinnis* was in november; while *C. phoxocephalus* have two peaks, one in December-Junuary and other in July.

Key words: Fisheries of *Cynoscion*, Colombian Pacific.

Introducción

La fauna íctica que es capturada por la Flota Industrial Camaronera del Pacífico Colombiano ha sido objeto de investigaciones ocasionales. Pueden mencionarse los estudios de Alvarez y Bernal (1983) quienes revisaron a nivel taxonómico e ilustraron un buen número de las especies recolectadas en cruceros del proyecto INDERENA - FAO. Posteriormente, Trujillo (1986) hace un análisis para el área de Tumaco en los barcos de arrastre, y más recientemente Rubio (1988) se ha basado en muchas muestras procedentes de barcos y trasmallos para elaborar una sinopsis de los peces del Pacífico Colombiano.

Con respecto a las peladas del género *Cynoscion*, no se cuenta con mayores datos a nivel biológico o pesquero en la zona de estudio, salvo el trabajo de Terán (1976) sobre la pelada yanca (*C. pho-*

xocephalus). En otros países, como el Perú, Samamé (1971) describió la reproducción y contenidos estomacales de la cachema *C. analis*.

Materiales y métodos

La ensenada de Tumaco, ubicada entre 1° 45- y 2° latitud norte, y 78° 30-- 78° 45- de longitud oeste. Es un sistema estuárino en el cual desembocan numerosos ríos, su área medida es de 350 km^2 y su profundidad promedio está entre dos y diez metros (Mosquera 1992, Peña 1995).

La investigación se realizó en forma paralela a la evaluación de las pesquerías de la ensenada de Tumaco, proyecto ejecutado por el INPA entre enero de 1994 y junio de 1995 (Borda et al. 1995). El plan de muestreo consistió en un diseño estratificado teniendo en cuenta la abundancia de embarcaciones de pescadores (canoas y potrillos), en cada una de las cuatro zonas: Trujillo (I), Chajal (II), Chorrera (III) y Gallo - Viudo (IV).

Se utilizó un sistema de encnesta directa al pescador para adquirir información sobre las características del aparejo y el número y duración de los lances; también se contó las embarcaciones pescando por zona para extrapolar la captura y composición mensual de la fauna acompañante.

En cada una de las encuestas se pesó la captura y se agrupó a los peces por familias y géneros. También se registraron separadameute las capturas de la pelada (*Cynoscion spp.*) midiendo a cada individuo la longitud total.

En las especies de *Cynoscion* se construyeron distribuciones de frecuencias a intervalos de clase de 2 cm, calculándose los estadísticos básicos para ambos sexos entre las cuatro zonas. Se probó la diferencia de tallas entre zonas mediante el t-student.

Las épocas de desove de las especies de pelada fueron determiuadas con la ayuda de una escala macroscópica de campo basada en Holden & Raitt (1975), se determinó el porcentaje de hembras maduras y se graficaron la talla media y mínima de primera madurez sexual (Vazzoler 1981), además se determinaron las tallas mínimas de madurez sexual de las hembras.

Resultados y discusión

Las mayores capturas de *Cynoscion* se obtuvieron con el trasmallo riflillo de 2 1/8" de ojo de malla (55%), y con el electrónico (40%) trasmallo de 2 3/4", siendo estas redes las más significativas para su captura (Tabla 1).

Composición taxonómica de la ictiofauna acompañante del camarón. Durante el tiempo de estudio la cantidad de individuos y de especies presentan máximos entre octubre y enero. Esta comportamiento podría estar relacionado con eventos como las temporadas de reclutamiento y reproducción de las especies del camarón de aguas someras reportados por Borda et al. (1995), Velasco & Ramírez (com. pers.).

Eu el período estudiado se identificaron 46 géneros, agrupados en 29 familias, para un total de 5872 ejemplares distribuidos en las cuatro zonas. Predomimaron las familias Sciaenidae (18.61%), Ariidae (17.06%), Carangidae (7.77%), Polidactylidae (7.12%), Mugilidae (6.57%), estando el resto represeutado por familias menos abundantes (Figura 1). Esta distribución corresponde a las características de las pesquerías tropicales que son más diversas que las de latitudes templadas (Caddy & Sharp 1988).

Al analizar la abundancia de géneros por zona y ponderando su frecuencia (número de individuos contados) y su persistencia en el tiempo (número de meses con presencia), se encontró que en la zona I abundan los géneros *Arius, Bagre, Paralonchurus, Mugil* y *Scomberomorus;* en la zona II predominaron *Arius, Paralonchurus, Polydactylus, Centropomus* y *Larimus;* en la zona III, abundan *Centropomus, Polydactylus* por encima de *Paralonchurus, Mugily Larimus;* aunque en

Tabla 1. Composición de las capturas de la pesca artesanal en la ensenada de Tumaco entre 1994 y 1995, según el arte de pesca utilizado. Tn: toneladas.

ARTE	CAMARONES (Tn)	PECES (Tn)	OTROS (Tn)
Riflillo	35.05	44.91	8.40
Electrónico	11.38	32.22	10.89
Changa	238.97	10.6	15.86
Espinel (anzuelos)	0	4.16	7.87
Volantín (anzuelos)	0	29.74	3.16
Chinchorro pejero	0	0.52	0
Trasmallo pejero	0.02	1.41	2.15
Boliche	0	0.6	0
Chinchorro camaronero	5.06	0.7	0
Cabo (para captura de jaibas)	0	0	0.08
Total	290	124.9	48.4

la zona IV el predominio de los géneros no es tan relevante se destacan *Lutjanus, Polydactylus, Sphyraena* y *Paralonchurus*.

En toda la ensenada de Tumaco son comunes las especies formadoras de cardúmenes como carangidos, gerreidos y polidactílidos; la carduma *Cetengraulis mysticetus* se destaca porque es objeto de una pesca significativa con redes cerqueras de barcos en las zonas I y II, y es una especie muy importante en la red trófica de la bahía (fue encontrada en los estómagos de ciánidos y centropómidos.

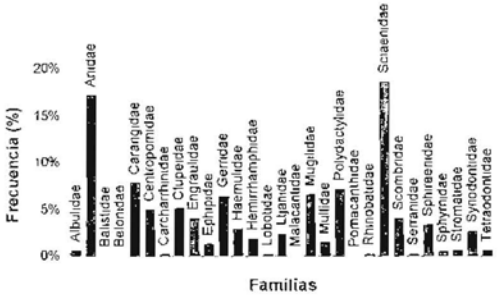

Figura 1. Frecuencia (%) de familias de peces, en la pesca artesanal de la ensenada de Tumaco, 1994-1995.

Análisis de la presencia de *Cynoscion* en la fauna acompañante del camarón. Dos especies son las más abundantes, la pelada roncona *C. squamipinnis* y la pelada yanca *C. phoxocephalus*. *C. squamipinnis* tuvo longitudes significativamente mayores en las zonas III y IV ($P = 0.05$); el mismo patrón fue observado por *C. phoxocephalus* en la zona IV (Tabla 2). Por tipo de artes, se determinó que la media de captura de la pelada roncona fue de 27.4 cm en el trasmallo riflillo y de 30.9 cm en el electrónico; el de la pelada yanca la media de captura fue de 24.3 cm en el riflillo y 31.1 cm en el electrónico. Puede afirmarse que los juveniles de la pelada se concentran en las áreas con mayor influencia estuarina, donde se alimentan y protegen. Más tarde los adultos prefieren las zonas con mayor influjo de aguas saladas (zonas III y IV); para entonces han alcanzado al menos los 30 cm de longitud total en ambas especies. Esta distribución espacial también guarda relación estrecha con el proceso de madurez sexual, pues se encontró que los individuos con sexo indeterminado macroscópicamente se concentraron en las zonas I y II, nunca en la IV.

Al observar las tallas en cada sexo, en general se pudo establecer que existe una diferencia entre 1 y 2 cm de longitud total, siempre favorable en ambas

Tabla 2. Estadígrafos básicos correspondientes a los muestreos de *C. squamipinnis* y *C. phoxocephalus*, en la pesca artesanal en la ensenada de Tumaco, 1994-1995.

ESPECIE	ZONA	LT (cm)	S^2	n
C. squamipinnis	I	27.5	16.568	186
	II	27.1	14.623	257
	III	31.8	72.092	61
	IV	40.4	79.506	19
C. phoxocephalus	I	27.8	31.805	92
	II	29.6	19.990	41
	III	27.4	20.086	35
	IV	32.7	26.175	30

especies a las hembras; en *C. squamipinnis* la longitud total promedio de las hembras fue de 31.1 cm y en los machos de 28.4 cm, en *C. phoxocephalus* la talla promedio para las hembras fue de 30.1 cm y para los machos de 29.2 cm.

Los individuos más grandes de ambas especies fueron encontrados en la zona IV (*C. squamipinnis*, hembras: 42 cm y machos 36.8 cm; *C. phoxocephalus*, hembras: 33.6 cm y machos 27.6 cm). La proporción de sexos es aproximadamente de 2 hembras por 1 macho en las dos especies.

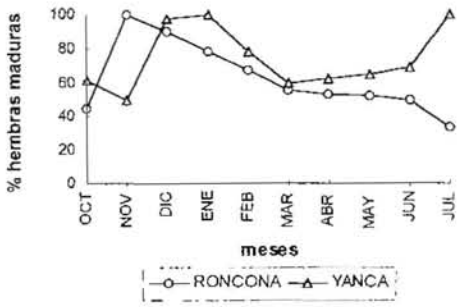

Figura 2. Epocas de madurez sexual para *Cynoscion squamipinnis* y *C. phoxocephalus*, ensenada de Tumaco, 1994-1995.

Epocas de maduración. En la figura 2 se presenta el comportamiento de las hembras maduras para las dos especies. En casi todos los muestreos se encontró una proporción cercana al 50% de hembras maduras, lo cual puede considerarse

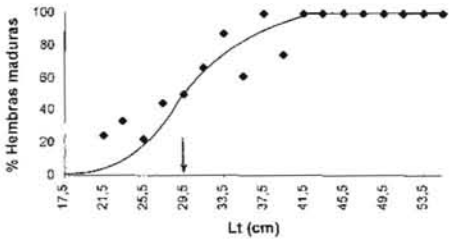

Figura 3. Talla media de madurez de *Cynoscion squamipinnis*, octubre de 1994 a julio de 1995, en la ensenada de Tumaco.

como indicativo de varios desoves anuales, además es evidente que este porcentaje tiende a hacerse máximo alrededor de noviembre para *C. squamipinnis* y entre diciembre y enero para *C. phoxocephalus*. Se nota que en la última especie se presenta otro pico en julio. Samamé (1971), encontró para *C. analis* que en el Perú la mayor frecuencia de desove se presenta entre octubre y diciembre, con algunos picos menores a mitad del año, comportamiento muy similar al encontrado aquí.

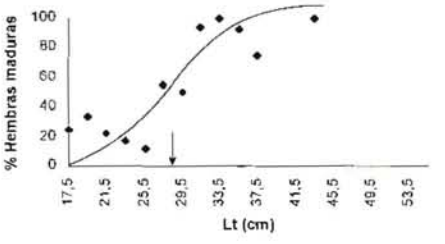

Figura 4. Talla media de madurez de *Cynoscion phoxocephalus*, octubre de 1994 a julio de 1995, en la ensenada de Tumaco.

En las figuras 3 y 4 se observan los porcentajes de hembras maduras según la longitud total para las dos especies. En *C. squamipinnis* a partir de los 29.5 cm el 50% o más de las hembras se encuentran maduras, siendo la talla mínima de madurez 21.5 cm. En tallas mayores de 41.5 cm,

no se presentaron individuos inmaduros, por lo tanto en la pelada roncona cuando LT está por encima de 41.5 cm se ha presentado por lo menos un desove; Samamé (1971) en *C. analis* reporta un valor extremadamente similar de 41 cm con el 100% de hembras maduras. En *C. Phoxocephalus* la talla media de madurez fue de 27.5 cm, con la mínima alrededor de 17.5 cm, y no se encontraron hembras inmaduras a partir de 30.5 cm.

Agradecimientos

A Mauricio Valderrama B. por su apoyo en la ejecución del trabajo. A Carlos Borda R. y Edgar Portilla M. por su colaboración en el trabajo de campo.

Referencias

ALVAREZ, R. & O. BERNAL. 19B3. Ictiofauna acompañante del camarón de aguas someras del Pacífico Colombiano. Boletín Museo Mar 11: 49 - 99.

BORDA, C., J. A. DIAZ & E. PORTILLA. 1995. Evaluación de las pesquerías artesanal e industrial en la ensenada de Tumaco. Informe técnico final, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, División de Investigaciones Pesqueras y Acuícolas. Tumaco, Colombia. 42 p.

CADDY, J. E. & G. D. SHARP. 19B8. Un marco ecológico para la investigación pesquera. FAO Doc. Técn. Pesca 283: 1 - 155.

HOLDEN, M. J. & D. F. S. RAITT. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO Documentos Técnicos de Pesca, revisión 1 (115). 221 p.

MOSQUERA, A. 1992. La contaminación orgánica un posible precursor de la eutroficación en la ensenada de Tumaco. Boletín Científico CCCP 3: 31 - 49.

PEÑA, J. 1995. Un modelo de caja aplicado al transporte de partículas y tiempo de residencia de las aguas del sector "El Pindo" (ensenada de Tumaco). Boletín Científico CCCP 5: 5 - 35.

RUBIO, E. 1988 Peces de importancia comercial para el pacífico Colombiano. Contribución Científica, Universidad del Valle, CIME 1: 1 - 499.

SAMAME, M. 1971. Observaciones de la madurez sexual y desove de la cachema *Cynoscion analis* (Jenyns) de Paita. Instituto del Mar del Perú, Serie Informes Especiales. 43 p.

TERAN, M. 1976. Contribución a la biología de la pelada yanca *Cynoscion phoxocephalus* (Jordan y Gilbert, 1881), en el Pacífico Colombiano. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 73 p.

TRUJILLO, O. 1986. Estudio sobre las capturas incidentales de la pesca del camarón en la ensenada de Tumaco. Trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.

VAZZOLER, A. 1981. Manual de métodos para estudos biológicos de populaçoes de peixes; Reproduçao e crescimento. Brasilia CNPQ Programa Nacional de Zoología. 85 p.

ANATOMIA DESCRIPTIVA DEL SISTEMA ESQUELETICO DE *TRICHOMYCTERUS BOGOTENSE* (PISCES: TRICHOMYCTERIDAE)

JOHN E. ROJAS, JORGE E. FORERO & LEONARDO JARAMILLO
Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Seccional Bogotá, A.A. 14490, Santafé de Bogotá

Resumen

En el presente trabajo se describe el sistema esquelético del *Trichomycterus bogotense*, una de las pocas especies endémicas del altiplano cundiboyacense. Para el estudio se agrupó el sistema esquelético en esqueleto axial, apendicular y visceral; así mismo se presenta una descripción de las estructuras óseas que componen cada una de las subdivisiones hechas.

Palabras claves: Anatomía, esqueleto, *Trichomycterus bogotense*.

Abstract

Herein is presented a description of the esqueletal system of the catfish *Trichomycterus bogotense*, a trichomycteride inhabiting in the plateau of Bogotá in Colombia.

Key words: Anatomy, *Trichomycterus bogotense*.

Introducción

Trichomycterus bogotense es una de las pocas especies nativas del altiplano cundiboyacense de Colombia, generalmente de ríos y quebradas de cauce pedregoso y fangoso con corrientes relativamente rápidas. Presenta como características relevantes en su morfología externa, la presencia de espinas operculares y preoperculares. La vejiga natatoria, atrofiada, está incluida en una cápsula ósea, formada por la fusión de las primeras cuatro vértebras cervicales. Carece de aleta adiposa, el cuerpo está cubierto de manchas irregularmente distribuidas en franjas longitudinales, con coloración de oscura a claro amarillenta. En Colombia se han registrado 11 especies para el género *Trichomycterus*, de las 88 descritas (Burgess 1989). En este trabajo se presenta la anatomía descriptiva del sistema esquelético de *T. bogotense*.

Entre algunos trabajos realizados sobre la familia en general, el género y la especie están los de Eigenmann (1890, 1922), en los cuales escribió las primeras monografías de los Siluriformes, además propuso las características morfológicas y taxonómicas de la familia, así mismo dio a conocer las características taxonómicas para la subfamilia y el género *Trichomycterus*, describió la especie y propuso la clave basada en caracteres morfométricos para la misma. Estudios modernos sobre tricomicteridos comprenden los de Arratia & Chang (1975), osteología de la especie *Pygidium aerolatum*, Arratía (1976) variaciones de las hipurapófisis de algunos peces de la familia Trichomycteridae de la América Austral. Arratía & Menú (1984, 1991) revisión de las especies de la familia Trichomycteridae y del género *Trichomycterus* de Suramérica austral, en el cual describen nuevas especies del género para los Andes. Chirivi y León (1982) describen una posible nueva especie de *Trichomycterus*, mediante el análisis de algunos caracteres morfométricos y morfológicos, que comparan con *T. bogotense*, llegando a la conclusión de que se trata de una nueva especie *(T. stygicola)*; Fernández (1994) propone una clave para la identificación de varias especies de la familia Trichomycteridae en la provincia de Tucumán, Argentina.

Materiales y métodos

Los especímenes de *Trichomycterus bogotense* se colectaron en los caños del páramo de Guasca, vereda la Concepción entre los municipios de Guasca, Junín y Gachetá. La zona está ubicada geográficamente entre los 4° 48' y 4° 49' de latitud norte y 73° 45' y 73° 47' de longitud oeste (IGAC 1989), en el departamento de Cundinamaca entre los 2800 y 3200 m de altitud. Los peces se capturaron con redes, nasas y jamás, previo desvío del curso del agua del caño para disminuir el cauce y facilitar la captura. Los ejemplares se transportaron en bolsas y recipientes plásticos con agua de la zona a los laboratorios del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia en Santafé de Bogotá.

Se estudiaron 20 ejemplares, 10 adultos y 10 juveniles. Los especímenes se anestesiaron con hidrato de cloral inyectado en la región ventral en dosis de 0.5 ml y se sacrificaron por saturación con CO_2. Luego se retiraron las viceras, sin romper las estructuras óseas o cartilaginosas. Posteriormente se dejaron secar al aire, con ayuda de una lámpara para agilizar el secado, por espacio de 48 a 72 horas dependiendo del tamaño del individuo, una vez secos, el tejido muscular se removió con larvas de dermestes, fijando los peces en una base de cartulina por medio de nylon para evitar la pérdida de piezas. Esta fase duró de 24 a 48 horas haciendo revisiones periódicas para impedir la ingestión de estructuras frágiles o cartilaginosas por los dermestes, especialmente por ser peces de tamaño reducido y de estructura ósea relativamente frágil.

Los esqueletos se colorearon con rojo de alizarina y azul de Alcian, modificando la metodología y las técnicas empleadas por Griolley (1967). La técnica utilizada consiste en dos fases básicas; la primera es la preparación de las soluciones respectivas y la segunda corresponde propiamente al proceso de tinción en el cual se necesitó especial cuidado con las concentraciones y tiempos de exposición en cada uno de los pasos correspondientes. Los esqueletos obtenidos se describieron identificando las estructuras óseas respectivas, utilizando microscopio estereoscopio y cámara lúcida; se realizaron los respectivos dibujos y se obtuvo el registro fotográfico correspondiente.

Resultados

En los teleósteos se observa una variación bastante amplia, a diferencia con los demás vertebrados, pues poseen numerosos huesos membranosos, siendo lo característico la presencia de varios huesos cartilaginosos formados a partir de centros de osificación que aparecen en el condrocráneo primitivo, el cual persiste en algunos casos. El esqueleto como estructura de sostén y armazón del cuerpo comprende gran variedad de elementos cuya forma, función y posición, hacen difícil establecer una clasificación única para su estudio. Para efectos del presente trabajo se siguen los sistemas de clasificación ósea propuestos por Malcom (1962), Romer (1981), Arratía & Menu (1984, 1991) y Rojo (1988).

El sistema esquelético se divide en esqueleto axial que comprende el cráneo, la columna vertebral y las costillas, conjunto que se conoce también como esqueleto somático; esqueleto apendicular compuesto por el armazón de sostén de los miembros apendiculares, es decir las cinturas pectoral y pélvica, la aleta dorsal, anal y caudal; finalmente el esqueleto visceral comprende los huesos o cartílagos que se encuentran en las branquias (esqueleto branquial), además estàn incluidos los elementos esqueléticos que provienen de ellos como son el conjunto de los huesos suspensores de la mandíbula y el arco hioideo.

Esqueleto axial

El cráneo de *T. bogotense* está formado por elementos óseos centrales ubicados medialmente y los dispuestos lateralmente desde la región dorsal hasta la ventral. La bóveda craneana formada por el mesetmoides (M), el par de frontales (F)

y el supraoccipital (Soc) dorsalmente (Figura 1), ventralmente la conforman el vomer (V), basicsfenoides (B) y el complejo basiexoccipital (Bex) (Figura 3). Los elementos laterales, nombrados en dirección anteroposterior, corresponden dorsalmente al palatino (Pa), orbitoesfenoides (Oe), pleuroesfenoides (Pe), esfenoides (Esf) y el hueso compuesto pterotico-supracleitro-postemporal (Ptsc),y ventralmente el proótico (Pro) y el pterótico (Pt) (Figuras 1 & 2).

Mesetmoides. Es un hueso compacto de forma alargada, su parte anterior tiene aspecto de T un tanto oblicua hacia los extremos, que descansa sobre el par de huesos premaxilares; en esta zona anterior también se une con el palatino para dar origen a los orificios nasales; hacia la región media, lateralmente se une con el par de orbitoesfenoides para formar la cavidad ocular, posteriormente el mesetmoides termina en una serie de prolongaciones a manera de dientes mediante los cuales se une con el par frontal; en juveniles aparece esta unión como una pequeña fisura, casi imperceptible, en tanto que para adultos las proyecciones son muy evidentes y encajan perfectamente con las del par frontal. Ventralmente presenta un proceso corto el cual se traslapa con la punta del vomer, el que a su vez hace contacto con la unión en posición medial del par orbitoesfenoides (Figura 1).

Frontales. Tienen una forma triangular alargada siendo más anchos en la zona posterior, se separan en la zona media por la fontanela, en juveniles se encuentran tres orificios, dos de tamaño pequeño ubicados anteriormente separados uno del otro por un pequeño tabique y el último orificio de tamaño más grande que corresponde propiamente a la fontanela de forma alargada ensanchada hacia los extremos y angosta hacia la zona media, comprende desde los frontales hasta la mitad del supraoccipital; en adultos la fontanela varía, se divide quedando para los frontales un orificio de forma ovalada que va desde la unión con el mesetmoides hasta las prolongaciones que dividen a los frontales con el

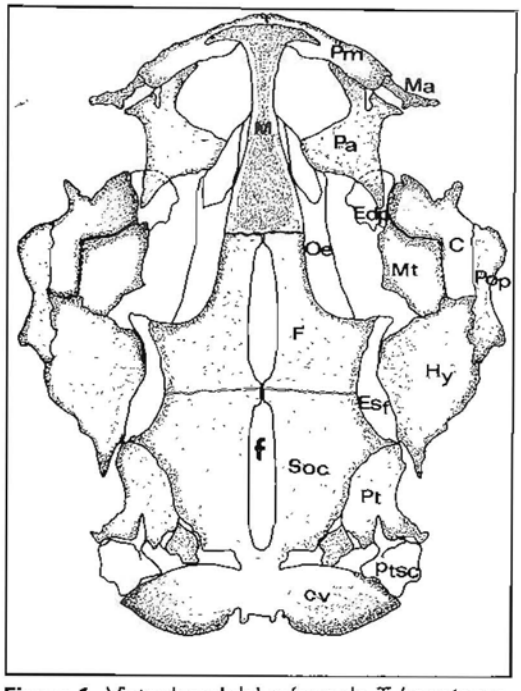

Figura 1. Vista dorsal del cráneo de *T. bogotense*. (Pm) premaxila, (Ma) maxila, (M) mesetmoides, (F) frontales, (Soc) supraoccipital, (Pa) palatino, (Oe) orbitoesfenoides, (Esf) esfenoides, (Pt) Pterótico, (Ptsc) postemporasupracleitro, (Edpt) endopterigoides, (Pop) preopercular, (Met) metapterigoides, (c) cuadrado, (Hy) hiomandibular, (Cv) cápsulas de la vejiga.

supraoccipital, la otra parte de la fontanela se convierte en el orificio que se encuentra en la zona media del supraoccipital. A nivel de conductos se aprecia el canal sensorial cefálico que se prolonga desde el palatino hasta el complejo posttemporasupracleithrum continuando en la línea lateral (Figura 1).

Supraoccipital. Conforma la mayor parte del neurocráneo, está delimitado anteriormente con los frontales mediante una pequeña fisura casi imperceptible en los individuos jóvenes, evidente en adultos, como se mencionó, apreciándose las proyecciones que encajan perfectamente con las provenientes del par frontal, se aprecia la fontanela de forma ovalada; anterolateralmente el supraoccipital se une con el proceso posterior

del esfenótico; hacia la zona media lateral hace contacto con el pterótico. En la región posterior presenta ondulaciones simétricas a cada lado del basioccipital y tiene unión con el hueso compuesto pterotico-postemporasupracleitro, además lateralmente se une con las vértebras modificadas que forman las cápsulas de la vejiga natatoria (Figura 1).

Vomer. Tiene una forma típica de flecha, presenta anteriormente una forma de punta de lanza mediante la cual se une al proceso ventral del mesetmoides, en esta misma región recibe las prolongaciones del basiesfenoides, así mismo hace contacto con el palatino y con el orbitoesfenoides (Figura 2).

Basiesfenoides. Se ubica centralmente y presenta en su parte media un abombamiento, hacia la zona anterior tiene sendos procesos que forman una V mediante los cuales se une firmemente con el vomer y lateralmente con el orbitoesfenoides y el pleuroesfenoides, hacia la zona media donde se encuentra el ensanchamieuto mencionado se une con el proótico; termina en uu proceso con forma de punta alargada que se introduce en el complejo basiexoccipital (Figura 2).

Basiexoccipital. Está conformado por la fusión del basioccipital y los exooccipitales, se aprecia como una estructura completa delimitada por un arco de coloración blanquecina de apariencia cartilaginosa; anteriormente se une firmemente con el proceso posterior del basiesfeuoides, el proótico y lateralmente con el pterótico (Figura 2).

Orbitoesfenoides. Tiene forma rectangular, se ubica lateralmente al par frontal, en su porción anterior presenta una forma ovalada alargada que tiene el orificio de la cavidad orbital, en esta zona se une con el palatino por medio de un proceso triangular, y dorsalmente lo hace con el mesetmoides; lateralmente sirve de junta entre el mesetmoides y el vomer, posteriormente, a la altura de la sutura existente con los frontales y el mesetmoides se une con el pleuroesfenoides, superior a el orbitoesfenoides se eucuentra el supraorbital que corresponde a un hueso de forma tubular alargada que se une de manera sincondral, es difícil su apreciación ya que es fácilmente removible. Ventralmente en la región anterior tiene contacto directo con la punta del vomer y con los procesos del basiesfenoides; hacia la región posterior se une dorsalmente con el pleuroesfenoides (Figura 2).

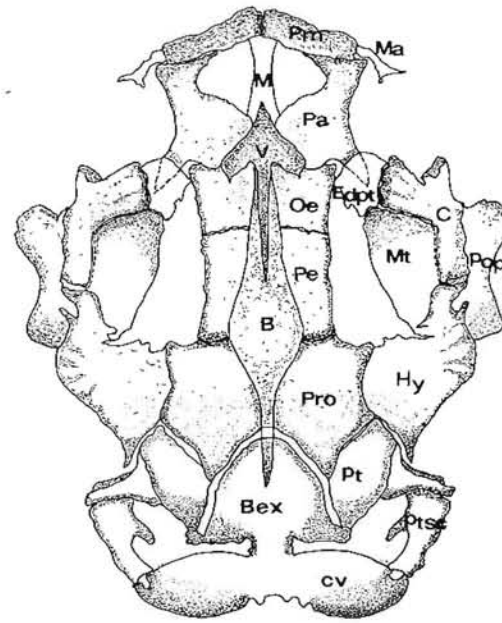

Figura 2. Vista ventral del cráneo de T. bogotense. (Pm) premaxilar, (Ma) maxila, (M) mesetmoides, (V) vomer, (Oe) orbitoesfenoides, (Pe) pleuroesfenoides, (B) Basiesfenoides, (Pro) proótico, (Bex) basiexoccipital, (Pt) pterótico, (Ptsc) postemporasupracleitro, (Pa) palatino, (Edpt) endopterigoides, (c) cuadrado, (Pop) preopercular, (Met) metapterigoides, (Hy) hiomandibular, (cv) cápsulas de la vejiga.

Pleuroesfenoides. Al igual que el orbitoesfenoides presenta una forma rectangular pero más alargada, se une anteriormente con el orbitoesfenoides, dorsalmente tiene contacto con los frontales en forma sutural, ventralmente se une con el basiesfenoides y en la región posterior con el proótico (Figura 2).

Esfenoides. Es de forma rectangular alargada, anteriormente presenta un proceso en forma de saliente producto de una reducción y alargamiento mediante el cual se une con la prolongación proveniente del orbitoesfenoides, lateralmente està firmemente unido en su porción media anterior al par frontal, en la media posterior con el supraoccipital; en la zona posterior hace contacto con el pterótico descansando ventralmente sobre el proótico (Figura 1).

Pterótico. Este elemento esquelético se ubica hacia la esquina posterior del neurocráneo, tiene forma discoidal, lateralmente presenta un proceso triangular con el que se une al hiomandibular, a través del proceso terminal se une anteriormente con el esfenoides; lateralmente tiene contacto con el supraoccipital por la región dorsal; ventralmente tiene unión firme con el proótico y con el complejo basiexoccipital; se une posteriormente con el hueso compuesto postemporasupracleitro mediante el proceso de èste que descansa sobre él (Figura 2).

Postemporasupracleitro. Su forma es irregular, presenta un largo proceso anterior en forma de cuerno mediante el cual se une con el pterótico, posteriormente presenta dos procesos pequeños: el más reducido hace contacto con el cleitro, un hueso de forma redondeada que se pierde al remover la piel, el de mayor tamaño tiene una depresión en la punta que permite la articulación con la cápsula de la vejiga natatoria (Figura 2).

Palatino. Su forma es triangular, hacia la región anterior los extremos son alargados apreciándose más notoriamente el extremo que se une con el hueso que lleva el barbicelo maxilar que tiene forma tubular y en su posición media se asienta sobre el palatino, tiene una prolongación anterior mediante la cual hace contacto con el maxilar. Hacia la zona media el palatino se arquea adelgazándose para formar la zona interior del orificio nasal, en su parte posterior presenta tres prolongaciones, una corta lateral mediante la cual se une fuertemente a la porciòn latero-central del orbitoesfenoides en la zona media, el proceso superior que se aprecia como una proyecciòn producto de un doblamiento que termina en punta, mediante el cual se une al proceso lateral aguzado emitido por el orbitoesfenoides precisamente para formar la cavidad ocultar, este mismo proceso del orbitoesfenoides permite la fijación del supraorbital, finalmente el más grande de los tres procesos que le da la forma al palatino dorsalmente se une a el endoterigoides recibiéndolo ya que éste descansa sobre èl; visto dorsalmente el palatino presenta en la parte media una prominencia a manera de sutura (Figura 1).

Esqueleto visceral. Conformando por el aparato hiomandibular, arco hioideo, el esqueleto branquial, los elementos mandibulares y los suspensores de la misma.

Aparato hiomandibular. El primer arco visceral da origen a la mandíbula, la conforman un par de estructuras óseas que se unen en la mitad de la región anterior, cada una tiene forma triangular en la zona media y se alarga hacia los extremos, el proceso que se origina en esta región se curva dorsalmente y se une con la maxila gracias a su forma que le permite acoplarse; desde la región media se aprecia el articular, es casi imperceptible por estar prácticamente soldado a la mandíbula y tiene un encaje perfecto con el proceso posterior de ésta por medio de sendas proyecciones en la región anterior, para poder apreciar este hueso es necesario desarticularlo. Mantiene la forma de la mandíbula, hasta la región posterior, en donde presenta un proceso còncavo mediante el cual se articula con el cuadrado. La mandíbula soporta el dentario, cuya forma es aplanada y se proyecta anteriormente, constituye la estructura visible de la mandíbula en esta región, en él están presentes de tres a cuatro filas de dientes de forma puntiaguda (Figura 3).

Maxila. Tiene una forma muy característica de proceso curvado que semeja un cuerno de tamaño reducido, es fácilmente apreciable por encontrarse en la porción más anterior de la cabeza sobresaliendo lateralmente; por su base se asienta sobre la premaxila (Figura 3).

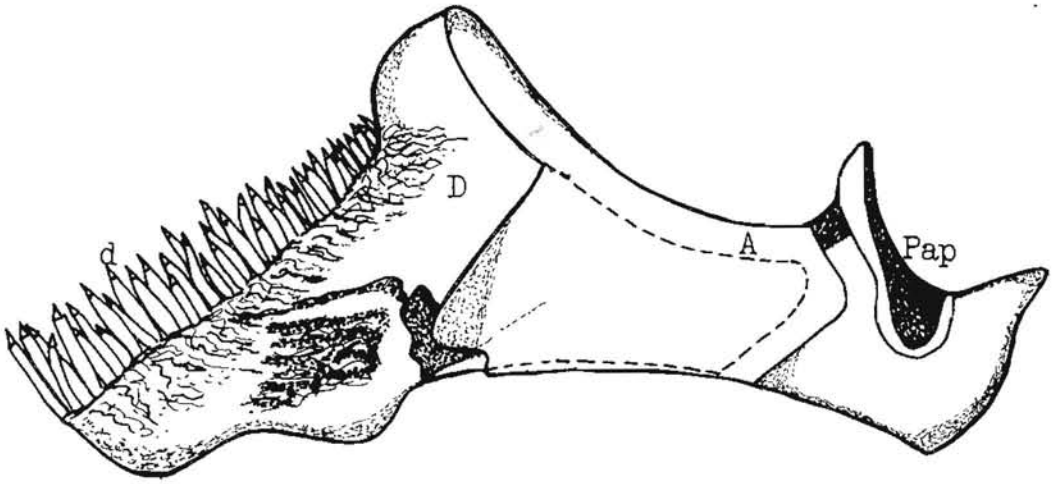

Figura 3. Vista derecha del dentario y articular. (D) dentario, (A) articular, (Pap) Proceso articular posterior.

Premaxila. Es de forma cuadrangular, se divide en dos partes las cnales se unen en la zona media anterior, dorsalmente recibe al mesetmoides y ventralmente se une con el proceso de éste, posteriormente tienen uniòn con el palatino (Figura 3).

Arco hioideo. El segundo arco corresponde al llamado arco hioideo, lo conforman en dirección antero-posterior el dorsal hypohial que de cada lado se une para formar la estructura anterior, son dos huesos compactos y aplanados hacia la parte anterior que se ensanchan posteriormente, en esta región se da la unión con el ceratohyal, es igualmente ensanchado en la región anterior y se adelgaza hacia la región media, en la zona posterior tiene una forma triangular aplanada; de la punta proyectada hacia el interior del arco por medio de cartìlago se unen los seis radios branqniostegales que forman el borde inferior del opèrculo, de esta porciòn posterior del ceratohyal se une al epihyal, el cual tiene en su parte anterior una forma ensanchada con la que se une perfectamente al ceratohyal, se aprecia como un hueso alargado que es visible en toda su extensión al remover el preopercular que lo oculta parcialmente; hacia la parte media presenta un aplanamiento y en esta misma zona tiene dos procesos; uno lateral mediante el cual se une firmemente con el preopercular, y el otro en posición dorsal de forma triangular puntnda mediante el cual se une con el hypobranquial. Termina en una estructura abultada que lleva en su porción terminal dientes a manera de garra, de acuerdo con la nomenclatura propuesta por Arratia & Menu (1984, 1991) corresponde al subopérculo; como se mencionó anteriormente en la regiòn media del subopercnlar se adhiere firmemente una estructura que tiene forma de rastrillo la cual posee espinas de forma puntiaguda dispuestas en tres hileras y son de la misma constituciòn y apariencia que los dientes mandibulares es decir están conformados por vitrodentina; esta estructura corresponde al llamado preopérculo, se aprecia por las espinas preoperculares sobresalientes (Figura 4).

Al segundo arco branquial se une muy fuertemente nna estructura de forma triangular laminar recortada que corresponde al urohyal, esta unión se da en la región anterior y abarca hasta el sitio de contacto entre el ceratohyal y el epihyal; existe una característica que se debe resaltar con respecto al urohyal, éste se divide dando origen a dos estructuras laminares, una superior o dorsal y otra ventral, razón por la cual se podría hablar de dos urohyales uno dorsal y otro ventral; este

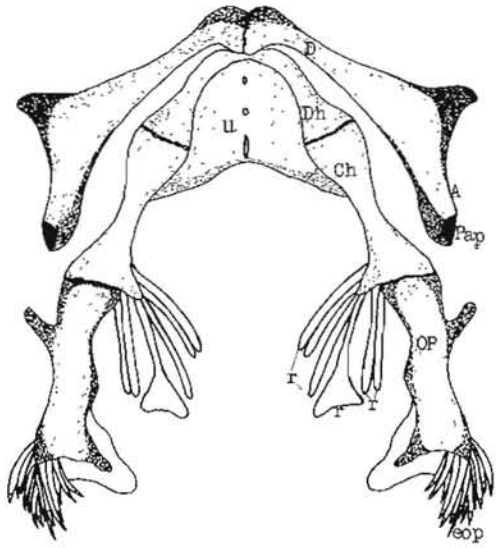

Figura 4. Arco hioideo. (D) dentario, (A) articular, (Pap) proceso articular posterior, (dh) dorsal hipohyal, (ch) ceratohyal, (U) urohyal, (r1-r6) radios branquiostegales, (Eop) espinas operculares.

hueso es compacto hacia la región anterior y luego se divide en sendas láminas; como se mencionó anteriormente; en el urohyal dorsal se aprecia ubicado en posición anterior un orificio de gran tamaño, en los individuos jóvenes, en tanto que para individuos adultos se presentan tres orificios de similar tamaño alineados en la misma posición central (Figura 4).

Esqueleto Branquial. Se origina en medio de los urohyales, la primera estructura que lo conforma en disposición antero-posterior es el basibranquial, de tamaño pequeño se aprecia emergiendo de la porción anterior debajo del urohyal dorsal, por medio de cartílago se une al hypobranquial que conserva la forma del primero, finalmente se encuentra otro hueso de tamaño aún más reducido que los dos anteriores que corresponde al segundo hypobranquial, este conjunto de estructuras sostienen el resto de huesos que conforman el esqueleto branquial, los cuatro epibranquiales dispuestos dorsalmente unidos a los respectivos ceratobranquiales, además se presentan dos faringobranquiales que son estructuras dentadas unidas firmemente a la caja craneana en la unión entre el proótico y el basiesfenoides, el primer ceratobranquial se une al neurocráneo a la altura del punto medio entre el pleuroesfenoides y el proótico (Figura 5).

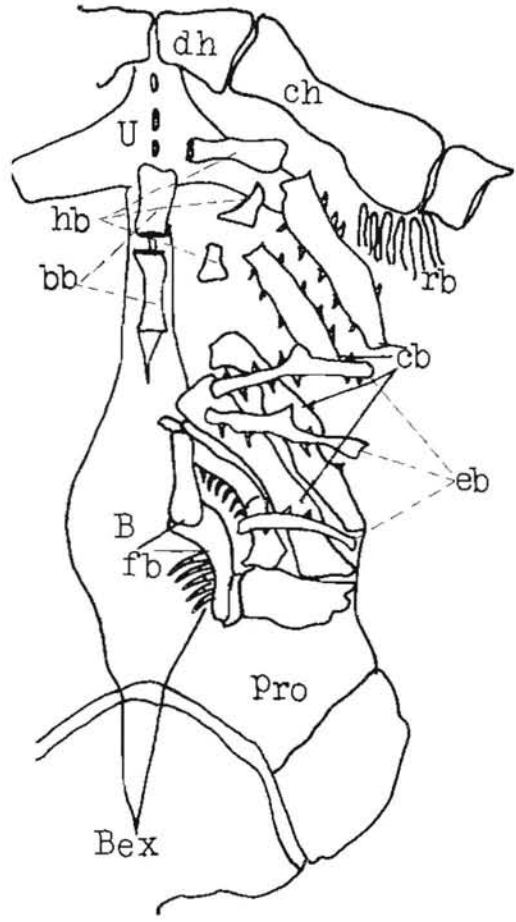

Figura 5. Esqueleto branquial. (dh) dorsal hipohyal, (ch) ceratohyal, (U) urohyal, (rb) radios branquiostegales, (B) basiesfenoides, (Pro) proótico, (Bex) basiexoccpital, (Cb_{1-4}) ceratobranquiales, (eb_{1-4}) epibranquiales, (bb) basibranquiales, (fb_{3-4}) faringobranquiales, (hb) hipobranquiales, (eh) epihyal.

Suspensores de la mandíbula. Los elementos óseos que suspenden la mandíbula en orden antero-posterior son el palatino, endopterigoides, cuadrado, preopercular, metapterigoides y el hiomandibular (Figuras 1 & 2).

Endopterigoides. En dirección antero-posterior corresponde al primer hueso suspensor de la mandíbula, tiene forma cuadrangular, es de tamaño reducido, anteriormente recibe el proceso triangular del palatino y hacia la región lateral tiene contacto con el orbitoesfenoides y por el otro costado lo hace con el cuadrado; en su parte posterior se une con la punta del metapterigoides (Figuras 1 & 2).

Cuadrado. Tiene firme unión con las estructuras vecinas lo cual dificulta hasta cierto punto su identificación; se observa de forma irregular continua y exterior al conjunto de los demás huesos. Se une estrechamente con el preopercular, anteriormente tiene contacto con el endopterigoides y lateralmente se une con el metapterigoides, tiene contacto con el hiomandibular por su parte posterior (Figuras 1 & 2).

Preopercular. Dorsalmente se aprecia como continuación del cuadrado, es abultado lateralmente, su forma es de rastrillo y en su extremo inferior lleva espinas similares a los dientes de vitrodentina; se une en su parte anterior con el cuadrado hasta su porción media y de ahí en adelante hasta la posterior tiene contacto estrecho con el hiomandibular (Figuras 1 & 2).

Metapterigoides. Este hueso es casi imperceptible ya que da la apariencia de ser parte de una gran estructura ósea plana que presenta cinco caras, se aprecia de esta forma porque se encuentra fuertemente unido con el hiomandibular y no es fácilmente identificable la línea de contacto o unión, se identifica y define su forma dándole giros suaves y haciendo uso del contraste de luz, su forma es de una V alargada; tiene contacto por medio de su punta extrema anterior con el endopterigoides, lateralmente descansa sobre el cuadrado; como ya se mencionó por su región posterior se une fuertemente con el hiomandibular (Figuras 1 & 2).

Hiomandibular. Es el último hueso suspensor de la mandíbula, su forma es irregular, anteriormente es angosto en la zona donde se une con el metapterigoides y con el cuadrado, en esta misma región pero en disposición lateral se presenta una curvatura hacia adentro que permite la unión con el preopercular por el proceso emitido por éste; en su parte posterior se ensancha adoptando una forma de campana; ventralmente tiene contacto con el neurocráneo a través del proótico y del pterótico en tanto que dorsalmente lo hace por medio del esfenoides, es importante resaltar que presenta una depresión en su porción anterior la cual esta muy cercana al sitio de unión con el metapterigoides (Figuras 1 & 2).

Columna vertebral. *T. bogotense* presenta variación intraespecifica en el número de vértebras, en once individuos observados se encontró que seis presentan cuarenta y cuatro vértebras; cuatro presentan cuarenta y tres, y uno presenta cuarenta y una, este conteo se inició desde la segunda ya que no se tienen en cuenta las cuatro primeras que se fusionan para formar el Aparato de Weber. Posterior a éste se encuentran las vértebras del tronco, que van desde la segunda hasta la décima siendo muy similares entre si; alrededor de la undécima se empieza a formar el arco hemal. Las costillas se encuentran desde la segunda hasta la decimaquinta o decimosexta vértebra, se unen a las basiapófisis vertebrales. Hacia la vértebra dieciséis el arco hemal empieza a cerrarse para dar origen a las espinas hemales que son cada vez más evidentes en sentido caudal. Desde la undécima hasta la cuarenta y cuatro vértebra se consideran como caudales ya que presentan el arco hemal; no se observa gran variación en cuanto a forma y estructura. Las vertebras son de tipo anficélico y presentan muy poca variación a lo largo de la columna. La úl-

tima es incompleta y presenta las espinas hemales modificadas formando los huesos hipurales (Figura 6).

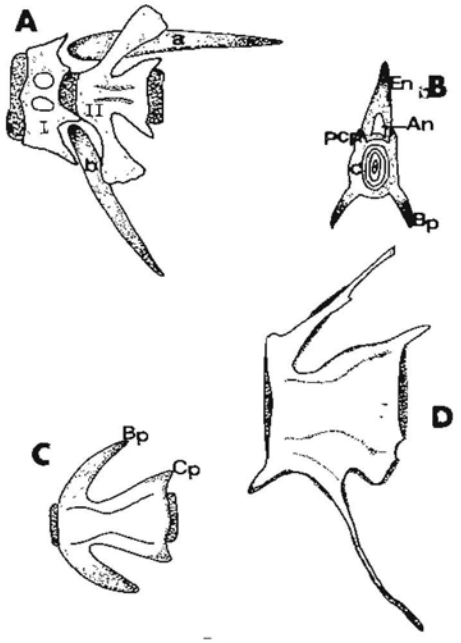

Figura 6. Vista ventral de las dos primeras vértebras del tronco. **A:** (I-II) vértebras, (a-b) costillas, (c) disco intervertebral; **B:** Vista frontal de la vértebra del tronco, (En) espina neural, (An) arco neural, (Pcp) postcigoapofisis, (c) cuerpo, (βp) basiapofisis. **C:** vista ventral de una vértebra del tronco. (Bp) basiapofisis, (Cp) cigoapofisis. **D:** Vista general de la vértebra tipo anficélica.

Aparato de Weber. Las cuatro primeras vértebras se fusionan para formar el Aparato de Weber; el primer centro vertebral visible se une al complejo basiexoccipital, éste presenta dos cápsulas óseas una a cada lado, allí se aloja la vejiga natatoría que está subdividida y reducida (Figura 7). De las dos cápsulas que conforman la vejiga se desprenden una serie de huesecillos que están unidos por ligamentos y forman el Aparato weberiano. El primero de los huesecillos es el claustro que se origina de una osificación independiente y directa del tejido conjuntivo adyacente a los canales perfinfáticos, por tanto establece contacto con los órganos auditivos. Los huesecillos restantes, escafio y tripus, se derivan directamente de las vértebras que se fusionan. El tripus tiene forma de, L, en vista ventral y se apoya en la pared de la cápsula, a lado y lado, éste tiene contacto con la vejiga y parece ser que permite la recepción y transmisión del impulso auditivo. El escafio aparece en el extremo anterior del tripus es pequeño y difícilmente diferenciable, anexo a éste se encuentra el claustro que está en contacto con una protuberancia que se une a la endolinfa (Figura 7).

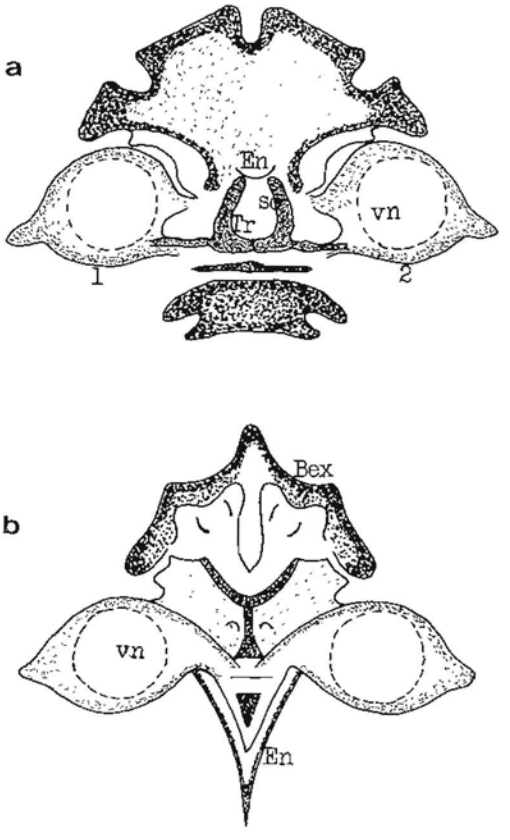

Figura 7. a: Vista ventral vejiga nalatoria de T. bogotense (1-2) cápsulas óseas, (en) endolito, (sc) escafio, (tr) tripus, (vn) vejiga natatoria. **b:** Vista dorsal vejiga natatoria de T. bogotense (bex) basiexoccipital, (en) espina neural, (1-2) cápsulas.

Esqueleto apendicular

Cintura pélvica. Las aletas pélvicas se encuentran ubicadas hacia la mitad de la longitud total, su forma es aproximadamente triangular, los radios están recubiertos por un tejido membranoso y se unen al cuerpo por un hueso plano que tiene los procesos anterior, medio y posterior, éste presenta variación que se observa en la ausencia o reducción de alguno de los procesos. Los radios pélvicos son siete, se articulan con el hueso que forma la cintura por la parte posterior de éste (Figura 8). Arratia & Menú (1991) han citado variación infraespecífica en las aletas pélvicas para los trichomicteridos del sur del continente, lo que posiblemente ocurre en *T. bogotense*.

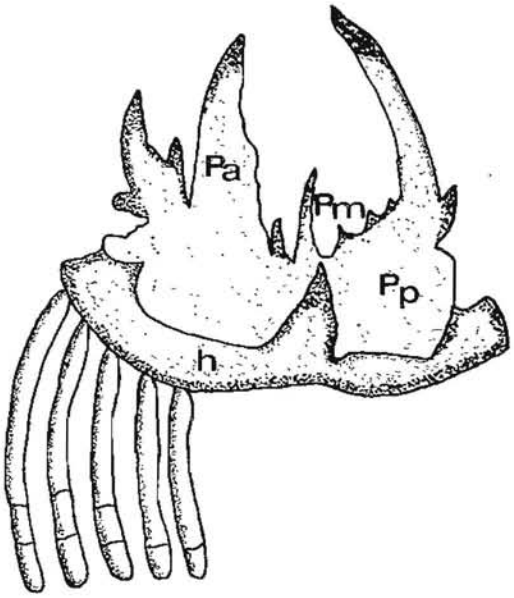

Figura 8. Cintura pélvica. (pa) proceso anterior, (pm) proceso medio, (pp) proceso posterior.

Aleta dorsal. Tiene forma triangular y se inicia aproximadamente en la mitad de la longitud total, se inserta en los músculos por medio de pteriglóforos, que sirven de inserción y soporte a los basales, los cuales se van subdividiendo y dan soporte al tejido membranoso que recubre la aleta; en la base los basales son más largos y a medida que se dividen se acortan en su extremo superior se observa una subdivisión en dos partes. El número de radios es nueve dándose la posibilidad de una ligera variación; los pterigióforos se encuentran en igual número que los radios, aunque los dos más centrales se fusionan formando un hueso triangular, además se insertan en los músculos epiaxiales anexos a la mitad del dorso llegando a intercalarse entre las espinas neurales cercanas; el sitio de unión entre basales y pterigióforos corresponde a una masa compacta de tejido conectivo que facilita la inserción de estos elementos (Figura 9).

Aleta anal. Está ubicada posteriormente a la papila urogenital y a las aletas pélvicas, se encuentra adherida a los músculos hipoaxiales cercanos por medio de pterigióforos que se unen a los basales de manera parecida a como ocurre en la aleta dorsal, las divisiones de los basales se inician cerca de la inserción de los pterigióforos; también se recubre de tejido membranoso y presenta forma triangular, pero su tamaño es menor. El número de radios es siete, el mismo que para los pterigióforos; de igual manera no se puede descartar una ligera variación en este número (Figura 10).

Aleta caudal. Es la más grande de todas, es de tipo homocerco y sus radios están recubiertos de un tejido membranoso; los huesos que dan soporte a los radios de las aletas son los hipurales, se forman por la fusión de espinas hemales modificadas; la última vértebra que origina y da soporte a éstos es incompleta. La fusión de los hipurales uno y dos es notoria, estos descansan sobre un parahipural corto. A continuación se encuentran los hipurales tres, cuatro y cinco que están fusionados y anexo al hipural cinco se observa un uroneural; entre el uroneural y la espina neural contigua se presenta un epural que no esta fusionado a la vértebra (Figura 11).

Cintura pectoral. Las aletas se inician al final del opérculo y ocupan una posición lateral, su forma es triangular y presentan más largo el ra-

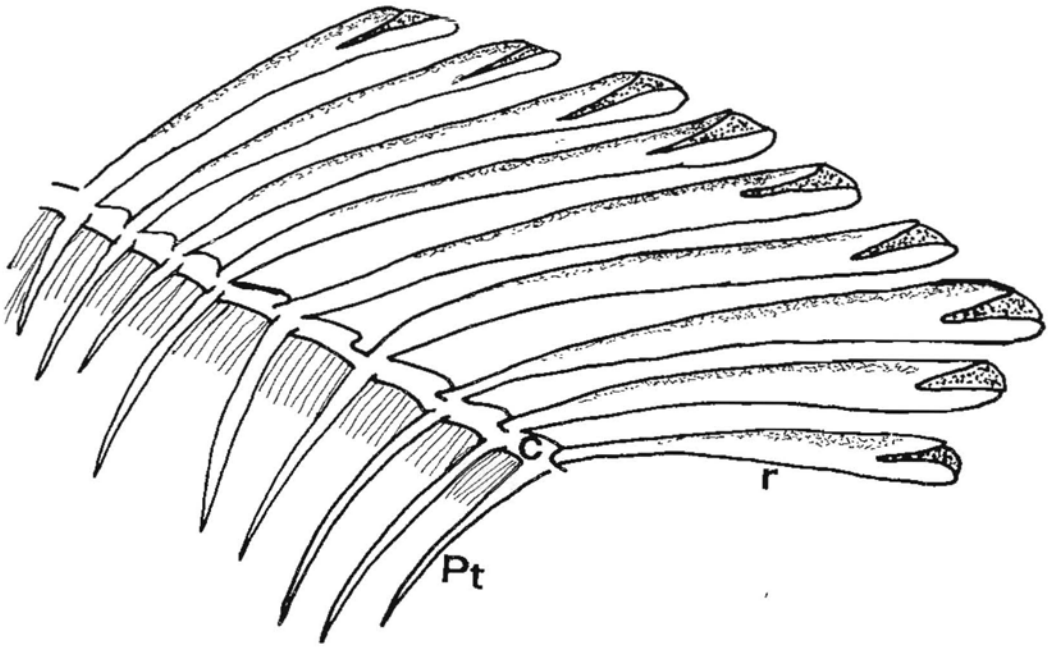

Figura 9. Aleta dorsal. (Pt) pterigioforos, (c) cartílago, (r) radios.

dio externo. Los huesos que la conforman son el cleitro, supracleitro, postcleitro, escapular y coracoides; el primer radio, el más largo, está unido independientemente al escapular; los demás se unen al coracoides que a su vez va unido al escapular; el cleitro es el hueso más grande de la cintura y sirve de base al escapular que es de forma aproximadamente triangular; en su región posterior presenta procesos para las inserciones del postcleitro y el supracleitro; este conjunto de huesos se articula de manera singular, lo cual permite un movimiento diferente al que presentan el resto de aletas, ya que facilitan un movimiento rotacional en el eje, escapular, coracoides, cleitro; el número de radios de las aletas

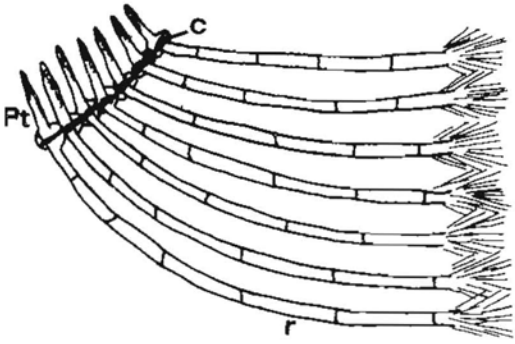

Figura 10. Aleta anal. (Pt) pterigioforos, (r_{1-7}) radios, (c) cartílago.

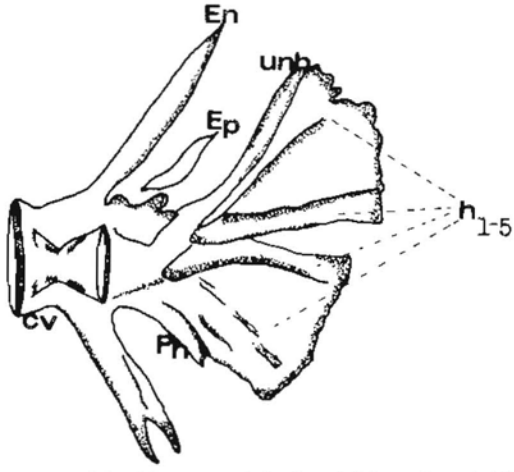

Figura 11. Aleta caudal. (h_{1-5}) hipurales, (ph) parahipurales, (un) uroneural, (ep) epural, (en) espina neural, (eh) espina hemal, (cv) cuerpo vertebral.

pectorales es siete y también es factible que se pueda presentar variación intraespecífica en este número (Figura 12).

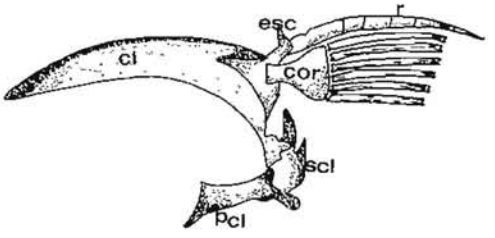

Figura 12. Cintura pectoral. (esc) escapular, (cor) coracoides, (cl) cleitro, (pcl) postcleitro, (scl) supracleitro, (r_1) radio externo, (r_{1-7}) radios internos.

Referencias

ARRATIA, G. 1976. Variaciones de las hipurapófisis en algunos peces siluriformes (familia Trichomycteridae). An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso 9: 105-114.

ARRATIA, G. & C. CHANG. 1975. Osteología de *Pygidium aerolatum* Valenciennes 1848 (Peces, siluriformes, Trichomycteridae). Mus. Nac. Hist. Nat. Chile, Publ. Ocasional 18: 3-12.

ARRATIA, G. &. S. MENU. 1984. New catfishes of the genus *Trichomycterus* from the high Andes of South America (Pisces, Siluriformes) with remarks on distribution and ecology. Zool. Syst. 111: 493-520.

ARRATIA, G. & S. MENU 1991. Revisión of the freshwater catfishes of the genus *Hactheria* (Siluriformes, Trichomycteridae) whith commentaries on ecology and biogeography. Zool. Anz. Jena 207: 88-111.

BECERRA. Z. & L. MARTIN 1983. Estudio de la anatomía del Pez *Bocachico Prochilodus reticulatus magdalenae*. Trabajo de grado Dept. de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Seccional Bogotá.

BLAS, L. 1976. Atlas de Zoología; IIa editores. Madrid. 86 pp.

BURGESS, W. 1989. An atlas of freshwater and marine calfishes. A preliminary survey of the Siluriformes T.F.H publ., Neptune, N. J. 323 pp.

CHIRIVI, S & M. LEON. 1982. Descripción de una posible nueva especie troglobia del género *Trichomycterus* (ostelchthyes, Siluriformes Trichomycteridae) de la Cordillera Oriental de Colombia. Trabajo de grado. Dept. de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Seccional Bogotá. 169 pp.

DAHL, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA), Bogotá 391 pp.

EIGENMANN, C. 1922. The fishes of wenstern South América. Pittsburg, Pa, Carnegie Institute pp.259-395.

EIGENMANN, C.H. & R. S. EIGENMANN 1890. A revisión of the South American Nematognathi or cat-fishes, Occ. Pap. Calif. Acad. Sci. 1:1-508.

FERNANDEZ, J. 1994. Clave para la identificación de varias especies de la familia Trichomycteridae en la provincia de Tucumán, Argentina. 40 pp.

GRIOLLEY, M. 1967. Manual of histologic steining methods of the armed forces Institute of Pathology, Mc Graw, N. Y. 1949 pp.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1989. Atlas básico de Colombia División de Divulgación Geográfica. Bogotá. 213 pp.

MALCOM, J. 1962. Chordate morphology. Hafner editores, N.Y. 478 pp.

MILES, C. 1971. Los peces del río Magdalena, U. T. Colombia, 214 pp. Reimpresión.

ORR, R. 1974. Biología de los vertebrados. Barsa S.A. México. 545 pp.

ROJO, A. 1988. Diccionario enciclopédico de anatomía de peces. Edit. Barcelona, S.A. Barcelona. España. 700 pp.

ROMER, A. 1981. Anatomía comparada. Edit. Interamericana S.A., México 435 pp.

WEICHERT, C. 1958, Anatomy of the chordates, Mc Graw-Hill, N. Y. 899 pp.

WEICHERT, C. &. A. PRESCH. 1989. Elementos de anatomía de los cordados. Mc Graw-Hill, Bogotá. 513 pp.

GUIA PARA AUTORES

Prácticas generales editoriales. Someta el manuscrito en original y copia. Los manuscritos son considerados para publicación, entendiéndose que no han sido publicados, sometidos o aceptados en otros medios Publicitarios. Los manuscritos serán sometidos a evaluación de su contenido y significado. Las decisiones del editor son finales.

MANUSCRITOS

Idioma. Los manuscritos se publicarán en Castellano o en Inglés, en escrito claro y conciso, evitando revisiones extensas en la introducción y discusión. Cite solo fuentes esenciales de una teoría u opinión.

Título. Debe ser breve y contener palabras claves de la información del contenido del artículo.

Resumen y **Abstract.** Deben reflejar sucintamente el contenido y énfasis del artículo en cerca de 200 palabras. Al igual que el título, éstos deben permitir a los lectores determinar el contenido de la publicación.

Palabras claves o key words (según el idioma usado). Cinco palabras claves deben darse para índice y recobro de información.

Texto. La primera página sólo debe contener el título, el nombre y dirección del autor. Empiece el texto en la página dos. El manuscrito debe estar escrito a doble espacio, con amplias márgenes y por un solo lado en papel de buena calidad tamaño carta. No se aceptan subrayados - los nombres científicos deben escribirse en itálica, siguiendo las reglas internacionales de nomenclatura. Si el manuscrito es aceptado para publicarlo, incluya un diskette con la versión final del mismo en uno de los programas procesadores de palabras DOS (v.gr. WP 5.1, WS-Word).

Figuras. Presentar cada diagrama, gráfica, mapa o fotografía (bajo el nombre de figura) en original y copia. Las tablas y leyendas de las figuras deben escribirse en hojas separadas - no incorpore el texto en la figura misma. Las tablas y figuras deben ser comprensibles sin tener que referirse al texto. Ilustraciones en color pueden ser publicadas a expensas del autor. Planifique sus ilustraciones al tamaño mas pequeño posible (1/4 de página), con figuras, letras y otros símbolos sobre las ilustraciones tan grandes que su tamaño final impreso tenga por lo menos 1.5 mm de altura.

Referencias. Debe estar conformadas según el siguiente uso:

Revista:

DAHL, G. 1960. New fresh-water fishes from Western Colombia. Caldasia 8(39): 451-484.

Libro:

DAHL, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. INDERENA, Bogotá. 391 p.

Capítulo:

KREBS, J. R. & R. H. McCLEERY. 1984. Optimization in behavioural ecology. p. 91-121. In: J. R. Krebs & N. B. Davis (eds.) Behavioural ecology. An evolutionary approach. Second edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

En el texto las referencias se harán:

DAHL (1971), o al final de una frase (Dahl 1971).

Los nombres de las revistas serán abreviados de acuerdo a la **World list of scientific periodicals**. Si hay dudas, escriba el nombre completo.

No hacer referencia a material inédito.

Agradecimientos. Que sean cortos.

CONTENIDO

CALA, P., G. BERNAL. Ecología y adaptaciones de la tilapia nilótica *(Oreochromis niloticus)* en ambientes naturales - caso embalse de Betania y Ciénaga de Chilloa, sistema del río Magdalena, Colombia. 3-29

MANCERA-RODRIGUEZ, N. J. & P. CALA. Aspectos bioecológicos de la comunidad ictica asociada a un cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes en el embalse de Betania, Colombia 31-53

BERNAL RAMIREZ, J. H. & P. CALA. Composición de la dieta alimenticia del yamú *Brycon Siebenthalae* (pisces: characidae), en la parte media del río Guayabero, sistema del alto río Guaviare, Colombia. 55-63

BUSTAMANTE, L. F., L. G. QÙINTERO & N. MARTINEZ. Desarrollo larval del coporo, *Prochilodus mariae*, en estanques abonados y con suplemento alimenicio. 65-69

GUERRERO-KOMMRITZ, J. Ensayos sobre pesca eléctrica en Colombia. 71-77

DIAZ-OCHO, J. A. Aspecto biológico - pesqueros de dos especies de Cynoscion con anotaciones sobre la ictiofauna acompañante en la pesca del camarón de aguas someras en la ensenada de Tumaco, pacífico colombiano. 79-83

ROJA, J. E., J. E. FORERO & L. JARAMILLO. Anatomía descriptiva del sistema esquelético de *Trichomycterus bogotense* (pisces: trichomycteridae). 85-96