

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



Efecto de la tasa de alimentación sobre el crecimiento y la sobrevivencia de larvas de tambaquí,
Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) (Familia *Serrasalminidae*) alimentadas con nauplios de
Artemia

TESIS PRESENTADA A LA ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS PARA OPTAR POR
EL GRADO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA CON ENFASIS EN
ACUACULTURA

ADRIAN SEVILLA CASTILLO

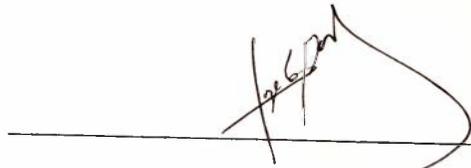
"CAMPUS OMAR DENGO"
HEREDIA, COSTA RICA

1998

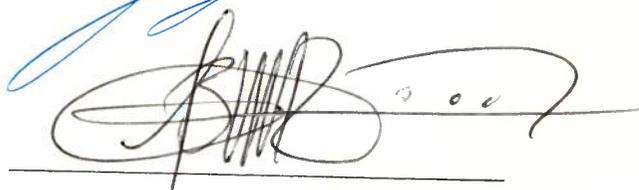
"Esta tesis fue aprobada por el tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional como requisito parcial para optar a el grado de licenciatura en Biología Marina con énfasis en Acuicultura".

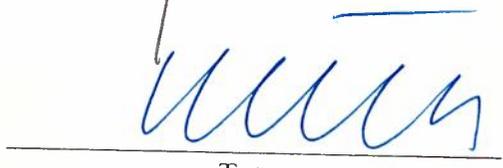


Presidente del Tribunal

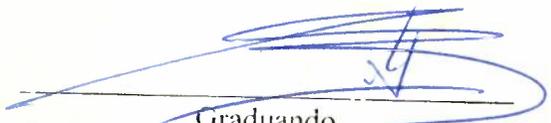








Tutor



Graduando

DEDICATORIA



A Guisela

RECONOCIMIENTO

Deseo agradecer muy especialmente al Dr. Jorge Günther por su valiosa ayuda y por su paciencia para la realización de este trabajo. También, quiero agradecer al M.Sc. Jorge Boza por su ayuda en la obtención de la literatura citada, Licda. Nazira Gálvez por el suministro de alimento utilizado en la investigación, al M.Sc. Ricardo Jiménez en la ayuda de los programas de computadora y el material de la exposición del trabajo, a Maribel Vargas por la ayuda en los materiales para la presentación de la tesis, y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo.

INDICE

	Página
HOJA DE APROBACION	II
DEDICATORIA	III
RECONOCIMIENTO	
INDICE	5
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE CUADROS	8
RESUMEN	10
INTRODUCCION	12
OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo general	18
2.2 Objetivos específicos	18
MATERIALES Y METODOLOGIA	19
3.1 Obtención de larvas	19
3.2 Unidad experimental	19
3.3 Diseño experimental	19
3.4 Artemia	21
3.5 Toma de datos	21
3.6 Determinación de la ración alimenticia	22
3.7 Análisis de datos	23
RESULTADOS	28
4.1 Factores fisicoquímicos	28
4.2 Variabilidad de las larvas	28
4.3 Crecimiento de la larva en el tiempo	30
4.4 Crecimiento y utilización del alimento en función de la ración alimenticia	30
4.5 Cálculo de las raciones de mantenimiento, óptima y máxima, asi como las tasas de crecimiento óptimas y máximas	36
4.6 Crecimiento de las larvas en dependencia de la ración por períodos	37
4.7 Otra forma de calcular la relación crecimiento vs. ración	42

DISCUSION	48
Parámetros fisicoquímicos	48
Coeficiente de variación	48
Mortalidad	49
Relación entre crecimiento y ración	50
Tasas de crecimiento G y TEC	51
Crecimiento comparativo de la larva de tambaqui	57
Utilización del alimento	58
Alternativas de producción en el alevinaje del tambaqui	59
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS	63

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1. Coeficiente de variación de las larvas de <i>C. Macropomum</i> con respecto a los días de cultivo.	29
2. Coeficiente de variación de las larvas de <i>C. Macropomum</i> con respecto a la ración alimenticia.	29
3. Crecimiento de las larvas de <i>C. macropomum</i> con ración máxima de <i>Artemia</i>	32
4. Peso húmedo final alcanzado por las larvas de <i>C. macropomum</i> en dependencia de la ración alimenticia	32
5. Porcentaje de peso seco de las larvas de <i>C. macropomum</i> en dependencia de la ración alimenticia	34
6. Tasa de crecimiento (coeficiente G) de las larvas de <i>C. macropomum</i> en función de la ración alimenticia.	34
7. Tasa específica de crecimiento de las larvas de <i>C. macropomum</i> en función de la ración alimenticia.	35
8. Factor de conversión global de las larvas de <i>C. macropomum</i> alimentadas con <i>Artemia</i> , en dependencia de la ración.	38
9. Tasas específicas de crecimiento (TEC) por períodos parciales en dependencia de la ración alimenticia.	40
10. Parámetro de crecimientos G en períodos parciales de 3 días de las larvas de <i>C. macropomum</i> en dependencia de la ración alimenticia.	41
11. Tasas específicas de crecimiento (TEC) por períodos parciales de 3 días y función exponencial negativa de mejor ajuste para todos los valores en conjunto	46
12. Valores de factor de conversión parciales por períodos de 3 días.	47

LISTA DE CUADROS

CUADRO	Página
1. Niveles de alimentación y factores de conversión alimenticia utilizados para el cálculo de la ración alimenticia de las larvas de <i>C. macropomum</i>	20
2. Correlaciones parciales entre el coeficiente de variación y las variables tiempo, peso húmedo y ración alimenticia.	28
3. Parámetros de crecimiento, utilización del alimento y mortalidad referidos a todo el período experimental	33
4. Coeficientes de regresión para la relación entre la tasa específica de crecimiento (TEC) y la ración alimenticia total R (ambas en % peso corporal por larva/15 días).	36
5. Valores calculados para la ración alimenticia, tasa específica de crecimiento y factor de conversión en situación de mantenimiento, crecimiento óptimo y crecimiento máximo de la fase larval de <i>Colossoma macropomum</i> , a partir de los datos globales para todo el experimento.	37
6. Coeficientes de correlación entre los parámetros de crecimiento TEC y G, la ración R y el período del experimento P.	39
7. Valores máximos de la tasa específica de crecimiento (TEC) y del parámetro de crecimiento (G) alcanzados en cada período.	42
8. Factores de conversión parciales por período en el tratamiento de máxima ración T50 y factor de conversión global de todo el período.	43
9. Coeficientes de regresión para la relación TEC vs. R con base en los valores parciales por período.	44

10. Valores calculados para la ración alimenticia, tasa específica de crecimiento y factor de conversión en situación de mantenimiento, crecimiento óptimo y crecimiento máximo de la fase larval de *C. macropomum*, a partir de los datos parciales por período de 3 días. 45
11. Parámetros de crecimiento obtenidos para la etapa larval de diversas especies de peces. 52
12. Valores de factor de conversión en base seca (FCS) y húmeda (FCH) por períodos para los tratamientos con los niveles más altos de alimentación. 55
13. Parámetros de crecimiento promedio para la etapa inicial de cultivo larval en diversas especies de peces. 57

RESUMEN

En un experimento de 15 días se midió el efecto del nivel de alimentación con *Artemia*, sobre el crecimiento y sobrevivencia de las larvas de tambaquí (*Colossoma macropomum*) en condiciones de laboratorio. Las larvas tenían 9 días de edad (post-eclosión) al inicio del experimento y se colocaron con una densidad aproximada de 7 larvas por litro.

La mortalidad de las larvas fue baja ($< 4,5\%$) y sin diferencia significativa en todos los tratamientos con alimentación. En el tratamiento de ayunas la mortalidad fue del 100% a los 10 días de experimento.

La tasa específica de crecimiento de las larvas aumentó con la ración alimenticia desde valores negativos en ayunas (TEC: $-4,66\%$, G: $-0,015$) hasta valores máximos con la ración más alta (T50) (TEC: $31,1\%$, G: $0,267$). La relación entre el crecimiento y el nivel de ración fue de tipo asintótico y se pudo aproximar con expresiones matemáticas de exponente negativo.

Los valores de crecimiento máximo expresado como coeficiente G aumentaron durante los 5 periodos de 3 días en que se dividió el experimento (Período1=0,12, Período2=0,16, Período3=0,24, Período4=0,30, Período5=0,63), mientras que el crecimiento máximo expresado como la TEC se mantuvo constante durante los cinco periodos (aproximadamente 30%). Se concluye que este último parámetro de crecimiento es mucho más adecuado que el coeficiente G para modelar cuantitativamente el crecimiento de las larvas de tambaquí en los primeros días de vida.

Por medio de las relaciones cuantitativas obtenidas entre la tasa específica de crecimiento (TEC) y la ración se determinaron las raciones de mantenimiento ($0,88\%$ peso corporal/día), óptima

(4,35 %PC/día) y máxima (24,66 %PC/día), así como las tasas de crecimiento óptima (11,10 %PC/día) y máxima (29,81 %PC/día) para las larvas de tambaquí alimentadas con *Artemia*. Estos datos podrán ser utilizados en viveros de tambaquí con el fin de optimizar la rentabilidad económica en la cría de larvas.

Se calcularon los factores de conversión húmedo (0,39) y seco (2,29) con ración óptima y se comparan con la utilización de *Artemia* en condiciones semejantes por parte de otras larvas de peces. Se concluye que las larvas de tambaquí aprovechan este alimento con gran eficiencia.

I. INTRODUCCION

El tambaquí, *Colossoma macropomum* (Familia *Serrasalminidae*) es originario de América del Sur. Esta especie dulceacuicola se encuentra ampliamente distribuida en las cuencas del Orinoco y Amazonas (Lovshin, 1980a; Bulhosa y Martínez, 1985; Saint-Paul, 1985; Garutti, 1989; Gonzáles y Heredia, 1989; Juárez-Palacios, 1989; Bello y Rivas, 1992; Hernández *et al.*, 1992; Saint-Paul, 1992).

Este pez llega a medir hasta un metro de longitud total y pesar más de 30 kg. Su cuerpo es comprimido, con una forma ovoidal y presenta una aleta adiposa radicada (Lovshin, 1980b; Martínez, 1984; Saint-Paul, 1985; Gonzáles y Heredia 1989). Aunque la coloración del tambaquí varía con respecto al tipo de agua y a su ubicación geográfica, externamente *C. macropomum* presenta manchas oscuras en su parte ventral mientras que la parte dorsal presenta un color de amarillo a verde oliva (Saint-Paul, 1985).

El tambaquí puede tolerar altas salinidades (Pereira y Lubin, 1980 en Gonzáles y Heredia, 1989), vivir en aguas con un rango amplio de pH (3,5-9,0) (Goulding y Leal, 1982; Gonzáles y Heredia, 1989), con un intervalo óptimo de temperatura para el crecimiento y reproducción entre 28 y 31°C. Esta especie efectúa migraciones estacionales hacia las zonas de inundación para obtener alimento y efectuar el proceso de desove.

C. macropomum presenta entre 84-136 branquiespinas en el primer arco branquial y 66-84 escamas en la línea lateral. Su dentición consiste en dientes molariformes multicúspides, incisivos y sin dientes en el maxilar (Gonzáles y Heredia, 1989). Esto permite que los peces adultos puedan triturar estructuras fuertes como semillas y frutos. En la etapa juvenil también consume otros

componentes como zooplancton e insectos acuáticos (omnívoros) propios de las zonas inundadas suramericanas (Lovshin, 1980a; Lovshin, 1980b; Alcántara, 1986; Saldaña y Ascoti, 1987; Gonzáles y Heredia, 1989; Juárez-Palacios, 1989; Bello y Rivas, 1992; Roubach y Saint-Paul, 1994).

La captura del tambaquí, se concentra en Colombia, Brasil, Venezuela y Perú (cuencas suramericanas del Orinoco y Amazonas) (Martínez, 1984; Hernández *et al.*, 1992). Según Saint-Paul (1985), *Colossoma macropomum* provee el 36,1% (12996 toneladas) de los peces vendidos en Manaus, Brasil. En Costa Rica se han hecho investigaciones sobre esta especie, sin que se haya establecido todavía un cultivo comercial. La Universidad Nacional ha vendido como producto de cultivos experimentales algunas toneladas del producto entre habitantes locales y ha realizado encuestas sobre la aceptación del producto (Born, 1991; Günther, 1995; Van Anrooy, 1995; Van Anrooy *et al.*, 1996).

El tambaquí es una especie de rápido crecimiento (Günther, 1995) y acepta bien dietas granuladas (Herculano, 1980; Martínez, 1984; Bulhosa y Martínez, 1985; Saint-Paul, 1985; Eckmann, 1987; Luna, 1987; Merola y Cantelmo, 1987; Estévez, 1988; Merola y de Souza 1988b; Merola y Pagán-Font, 1988; Esquivel *et al.*, 1989; Gonzáles y Heredia, 1993; Valencia *et al.*, 1994; Van der Meer *et al.*, 1997). Para juveniles de *Colossoma* se ha determinado un óptimo de proteína de 40-50% (Günther y Boza, 1992; Van der Meer *et al.* 1997). Se han investigado otras especies del género *Colossoma* (*C. mitrei* y *C. bidens*) para determinar su comportamiento en cultivo, tanto en estanques como en jaulas (Lovshin 1980a; Lovshin 1980b; Merola 1988; Merola y de Souza 1988a; Carneiro 1990).

Según Bonetto y Castello (1985), Alcántara y Guerra (1986) y Born (1991), *C. macropomum* es apreciado por su carne en los mercados de consumo de varios países de América del Sur. Pereira

et al. (1980), comprobaron que frituras (papas) elaboradas con productos adiposos de *C. macropomum* eran preferidas por un 60% de los encuestados, mientras que un 33% las prefería con aceite de soya comercial. Bello y Rivas (1992) señala que en Venezuela esta especie presenta características comerciales ventajosas como buen aspecto del producto, buen sabor, buen rendimiento en filete y buena calidad de la carne. Un criterio similar se obtiene del estudio efectuado por Van Anrooy (1995) y Van Anrooy *et al.* (1996) en Costa Rica. Los consumidores apreciaron el tambaquí como una excelente alternativa dulceacuícola, debido a que su carne posee una buena frescura, sabor y textura, aunque un grupo importante criticó las espinas presentes. Bello y Rivas (1992), también mencionan las espinas intramusculares del tambaquí como un aspecto negativo en la comercialización de esta especie. Günther (1995) menciona que las espinas intramusculares son manejables en individuos de 1 kg o más.

En ambientes naturales el tambaquí presenta un sólo período reproductivo al año, sincronizado con el comienzo de la época de lluvias. Cuando sus gónadas están completamente desarrolladas los individuos adultos (a partir de los 3 a 4 años de edad) migran corriente arriba en los ríos laterales de zonas recientemente inundadas, donde efectúan el desove, depositando los huevos en el canal principal de los afluentes (cuencas del Amazonas y Orinoco) y sin darles ningún cuidado parental (Martínez, 1984; González y Heredia, 1989). Los juveniles migran hacia las lagunas de inundación donde encuentran el alimento necesario para su desarrollo y donde permanecen por varios meses (Goulding y Leal, 1982). En estanques de cultivo el tambaquí no se reproduce espontáneamente, debiendo inducirse la reproducción por medio del suministro de hormonas (Woynarovich, 1977; Lovshin, 1980a; Lovshin, 1980b; Martínez, 1984; Bulhosa y Martínez, 1985; Saint-Paul, 1985; Alcántara, 1986; Saldaña y Ascori, 1987; Gonzales y Heredia, 1989; Juárez-

Palacios, 1989; Castagnolli y Silva, 1993).

Las larvas de *C. macropomum* recién eclosionadas miden 3.5 mm en longitud y aún no tienen bien definida la boca, el tubo digestivo, el ano y las branquias. Al tercer día de vida las aletas pectorales ya están presentes y se empiezan a notar movimientos a nivel de la mandíbula. Efectúan movimientos verticales debido a que no tienen formada la vejiga natatoria. El saco vitelino les proporciona el alimento necesario para los primeros 5 días de vida (Woynarovich, 1977; Martínez, 1984; Saldaña y Ascori, 1987; Gonzáles y Heredia, 1989; Juárez-Palacios, 1989). Para el cuarto día las larvas realizan movimientos natatorios horizontales pero aún no se les puede suministrar alimento debido a que se mantienen con las reservas de vitelo. Para el quinto día de vida las reservas del saco vitelino se agotan y están en capacidad de asimilar alimento natural (rotíferos) (Martínez, 1984; Gonzáles y Heredia, 1989), del día 8-10 se les puede suministrar cladóceros y después del día 12 aceptan copépodos y ostrácodos (Gonzáles y Heredia, 1989) y también alimento artificial como el que menciona Woynarovich (1977), Gonzáles y Heredia (1989) y Juárez-Palacios (1989) (mínimo 20% de proteína) aunque con menos sobrevivencia.

Se utilizan dos maneras de criar larvas de *Colossoma* en sus primeras fases de desarrollo:

a) levante en estanques fertilizados con zooplancton natural. La principal ventaja de criar las larvas en estanques fertilizados es que éstas encontrarán allí un alimento natural variado similar a lo que obtienen en condiciones naturales y probablemente más acorde con sus requerimientos nutricionales. La principal desventaja es la alta mortalidad que se ha observado (70% en Panamá y 100% en Perú, Martínez, 1984; Alcántara, 1986; 42% en Venezuela, Hernández *et al.*, 1992; Van der Meer y Martínez, 1993) y que tiene múltiples causas: incompatibilidad físico-química del agua del criadero

y de los estanques, poco alimento natural en los estanques, presencia de depredadores acuáticos (larvas de libélulas, de chinches acuáticos, de peces y copépodos del género *Cyclops*), canibalismo, incidencia de enfermedades producidas por bacterias, hongos y ectoparásitos (Martínez, 1984; Bulhosa y Martínez, 1985; Alcántara, 1986; Merola y Pagán-Font, 1988; Esquivel *et al.*, 1989; González y Heredia, 1989; Juárez-Palacios, 1989; Born, 1991; Hernández *et al.*, 1992).

b) levante en laboratorio utilizando diversos tipos de zooplancton (Martínez, 1984; Bulhosa y Martínez, 1985; de Fex, 1991; Hernández *et al.*, 1992). En el laboratorio se utiliza sobre todo *Artemia* (De Fex, 1991; Hernández *et al.*, 1992), debido a su fácil disponibilidad. En el método de laboratorio la mortalidad es mucho menor. Aún en los casos en que sólo se alimentó con *Artemia*, se obtuvo un buen crecimiento y una baja mortalidad (de Fex, 1991) (20% de mortalidad), lo que pareciera indicar que *Artemia* sola puede suministrar a las larvas los nutrientes requeridos (Treece y Yates, 1988).

Las larvas de peces recién eclosionadas se alimentan de las reservas de vitelo, pero en muchos peces luego hay un período en que sólo crecen bien con alimento natural y tienen que pasar varias semanas con este alimento antes de que se puedan pasar a suplementos artificiales (weaning o destete). Una posible razón es que el tubo digestivo no está todavía bien desarrollado, y por otra parte, porque las presas naturales contienen en parte las enzimas necesarias para su digestión (Govoni *et al.*, 1986). Giraldo (1987) en De Fex (1991) señala que los peces en esta fase aún no poseen enzimas digestivas para el tipo de alimento artificial.

De Fex (1991) levantó larvas de *Colossoma* alimentadas con nauplios de *Artemia* obteniendo buenos resultados con respecto al crecimiento en longitud (0.34 mm/día) mientras que en larvas

alimentadas con rotíferos el crecimiento fue mucho menor (0,15 mm/día). Algo similar se obtiene de los datos recopilados por Hernández *et al.* (1992) en donde las larvas de *Colossoma* tienen un período de utilización del alimento zooplanctónico relativamente corto (*Artemia*) (8 y 13 días promedio en Colombia y Venezuela respectivamente) mientras que se tardó 22 días en alimentar las larvas con rotíferos para obtener una longitud similar.

En la Universidad Nacional se han criado larvas de *Colossoma* con los dos métodos mencionados, dando mejores resultados el levante en laboratorio. Sin embargo, y debido sobre todo al alto costo de la *Artemia*, se hace necesario establecer la relación entre la ración alimenticia y el crecimiento, la mortalidad y la utilización del alimento, con el fin de poder optimizar la alimentación de larvas de *Colossoma macropomum* con nauplios de *Artemia* durante el alevinaje hasta el destete.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar el crecimiento, la mortalidad y la utilización del alimento en larvas de *Colossoma macropomum* alimentadas con raciones crecientes de nauplios de *Artemia*.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Determinar las tasas de crecimiento óptima y máxima de las larvas de tambaquí, alimentadas con nauplios de *Artemia*.

Determinar las raciones óptima, máxima y de mantenimiento en larvas de *Colossoma macropomum*.

Determinar el factor de conversión con *Artemia* en dependencia de la ración.

Determinar la mortalidad en dependencia de la ración.

III. MATERIALES Y METODOLOGIA

3.1 OBTENCION DE LARVAS

Se utilizaron para el trabajo larvas de *Colossoma macropomum* obtenidas por reproducción inducida en la finca de la Corporación Bananera Nacional, CORBANA, en La Rita, Guápiles. Los huevos fecundados se trasladaron inmediatamente a Heredia y se colocaron en incubadoras tipo Woynarovich en un sistema recirculado, donde permanecieron 9 días antes de pasarlas a los acuarios experimentales. Al comenzar el experimento, las larvas ya habían sido alimentadas durante 5 días con nauplios de *Artemia*. Los datos de peso húmedo y seco inicial se obtuvieron de una muestra de 25 larvas al inicio de la investigación.

3.2 UNIDAD EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en un sistema recirculado compuesto de 20 acuarios de 15 litros cada uno, dos filtros biológicos de 85 litros, un tanque sedimentador de 150 litros y una bomba eléctrica con capacidad para 80 l/min. El flujo de agua en cada pecera fue aproximadamente de 1 l/min. La oxigenación se realizó por caída libre del sobrante de agua. Dos calentadores termostatizados de 250 W mantuvieron la temperatura a 28 ± 1 °C.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un diseño irrestricto al azar de 7 tratamientos con 2 repeticiones cada uno. Los tratamientos consistieron en diferentes niveles de alimentación, que se definieron con base en los

siguientes coeficientes de crecimiento G (Hogendoorn, 1980): coeficiente 0 (ayunas), 0,03, 0,07, 0,15, 0,25, 0,35 y 0,50 (ración máxima) (cuadro 1). Los valores se estimaron con base en experiencias previas hechas con larvas de *Colossoma macropomum*. Para el cálculo de las raciones se utilizaron factores de conversión en base seca, debido a los rápidos cambios que tienen las larvas de peces en su contenido de humedad en las primeras semanas de vida (Verreth y Den Bieman, 1987; Espinosa, 1989; Günther *et al.*, 1992). Los tratamientos y sus repeticiones se distribuyeron al azar entre las 20 peceras que conforman la batería experimental. En cada pecera se incluyeron en total 100 larvas de tambaquí de 9 días de edad.

CUADRO 1.
Niveles de alimentación y factores de conversión alimenticia
utilizados para el cálculo de la ración alimenticia
(tratamientos) de *C. macropomum*.

TRATAMIENTOS	NIVELES DE ALIMENTACION (G)	FACTOR DE CONVERSION ESTIMADO (BASE SECA)
T00	0,00	---
T03	0,03	3,0
T07	0,07	2,5
T15	0,15	3,0
T25	0,25	3,5
T35	0,35	4,0
T50	0,50	5,0

G=Coeficiente de crecimiento

3.4 ARTEMIA

Los nauplios de *Artemia* se obtuvieron diariamente por hidratación e incubación, durante 24 horas a 28-30 °C de temperatura, de cistos de marca San Francisco Bay Brand. Los nauplios eclosionados se filtraron y lavaron con agua dulce con ayuda de un tamiz con malla de 150 µm. Una vez lavados, se mantuvieron durante unas 12 horas en refrigeración en un volumen de 1-2 litros de agua dulce con oxigenación permanente, período durante el cual se usaron para alimentar las larvas de tambaquí. Diariamente, se determinó la densidad de cada lote de nauplios contando por triplicado alícuotas de 0,5 ml.

El peso seco de los nauplios de *Artemia* se determinó por lotes de concentración conocida (Günther *et al.*, 1992). Para tal efecto, se tomó una alícuota de 10 ml del total de 1000 ml y se procedió a filtrar los nauplios en un filtro de membrana (Whatman 0,45 µm) de peso seco determinado. Tomando en cuenta el número de nauplios presente en la alícuota de densidad conocida se estableció como promedio un peso seco de 2,35 µg por nauplio. Con este dato se llevaron a cabo los cálculos para establecer la ración diaria de las larvas de tambaquí.

3.5 TOMA DE DATOS

El peso húmedo y seco promedio de las larvas de tambaquí, al inicio del experimento, se determinó en un lote de 25 larvas del mismo grupo que se usó para el experimento. El peso húmedo se determinó individualmente en una balanza analítica con exactitud de 0,01 mg, luego de secarlas suavemente en papel filtro. El peso seco se determinó por duplicado colocando las larvas en cajitas de papel aluminio de peso conocido y secándolas en estufa a 105 °C durante 2 horas. Durante el experimento se tomaron cada 3 días (días 4, 7, 10, 13 y 16) 10 larvas de cada acuario (en la mañana

y al azar), a las que se les determinó el peso húmedo y peso seco de la forma descrita anteriormente.

Al final del experimento (día 16) se pesaron y contaron todas las larvas sobrantes.

Se llevó un registro diario en cada acuario del número de larvas que aparecían muertas y las que se sacrificaban para los muestreos.

3.6 DETERMINACION DE LA RACION ALIMENTICIA

La ración de cada pecera se calculó día a día, como alimento seco/larva/día, estimando progresivamente el crecimiento con base en el coeficiente G y el factor de conversión en base seca estimados para cada tratamiento y tomando el número de larvas por pecera. Las raciones diarias para cada pecera se reajustaron luego cada tres días tomando en cuenta los valores de peso seco larval y el número de larvas que había en cada pecera. Las raciones en peso seco se transformaron luego a número de nauplios de *Artemia* tomando en cuenta el peso seco de un nauplio (2,35 μ g) y finalmente a volúmenes de líquido en la suspensión de nauplios de concentración conocida.

El volumen de suspensión de nauplios correspondiente a cada pecera se entregó en 3 tandas diarias (8 am, 12m y 4 pm). Durante la alimentación de las larvas se suspendió el flujo de las peceras durante 30 a 60 minutos. El agua que entraba en las peceras con raciones bajas en los tratamientos de T00 a T15 se filtró por malla de 35 μ m con el fin de prevenir la entrada de nauplios provenientes del agua recirculante, que hubieran escapado de las peceras con alimentación.



3.7 ANALISIS DE DATOS

Partiendo de los datos de peso seco y húmedo larval y del número de larvas obtenidas en los muestreos periódicos, se calcularon los siguientes datos secundarios:

Incremento en peso húmedo:

$$IPH = (W_f - W_i)$$

donde:

IPH = incremento en peso húmedo

W_f = peso de las larvas (mg) al final del experimento

W_i = peso de las larvas (mg) al inicio del experimento

Coefficiente de crecimiento (G):

$$G = \frac{W_f^{1/3} - W_i^{1/3}}{T}$$

donde:

G = coeficiente de crecimiento

W_f = peso final (mg)

W_i = peso inicial (mg)

T = tiempo en días

Porcentaje de peso seco de las larvas (%PS):

$$PS = \frac{W_s}{W_h} * 100$$

donde:

PS = porcentaje de peso seco de la larva

W_s = peso seco de la larva (mg)

W_h = peso húmedo de la larva (mg)

Tasa específica de crecimiento (TEC):

$$TEC = \frac{\ln W_f - \ln W_i}{T} * 100$$

donde:

TEC = tasa específica de crecimiento

W_f = peso final de la larva (mg)

W_i = peso inicial de la larva (mg)

T = tiempo en días

Factor de conversión (FCH)(base húmeda):

$$FCH = \frac{R}{\Delta W_h}$$

donde:

FCH = factor de conversión en base húmeda

R = alimento suministrado a la larva (mg nauplio seco/larva).

ΔW_h = incremento en peso fresco de la larva (mg)

Factor de conversión (FCS)(base seca):

$$FCS = \frac{R}{\Delta W_s}$$

donde:

FCS = factor de conversión en base seca

R = alimento suministrado a la larva (mg nauplio seco/larva).

ΔW_s = incremento en peso seco de la larva (mg)

Mortalidad (M):

$$M = \frac{N_i - N_f}{N_i} * 100$$

Para determinar la mortalidad natural no se tomaron en cuenta las larvas sacrificadas en los muestreos periódicos.

donde:

M = porcentaje de mortalidad

N_i = número inicial de larvas

N_f = número final de larvas

Coefficiente de variación (CV):

$$CV = \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}} * 100$$

donde:

CV = Coeficiente de variación.

σ_{n-1} = Desviación estandar

x = Peso promedio (mg)

Ración alimenticia específica:

La ración alimenticia específica R (% peso corporal/día) para un período definido de tiempo se calculó dividiendo el alimento seco entregado entre el peso corporal promedio correspondiente al período de tiempo. El promedio geométrico del peso corporal (P_m) se calculó como la media geométrica entre peso inicial y peso final:

$$P_m = \exp\left(\frac{\ln P_i + \ln P_f}{2}\right)$$

y

$$R = \frac{\text{Alimento entregado}}{P_m * T} * 100$$

donde:

P_m = Peso promedio geométrico (mg)

Alimento entregado (g)

Análisis estadístico

Los datos de crecimiento y utilización del alimento al final del experimento se compararon mediante análisis de varianza con discriminación de medias según Tukey y con un nivel de significancia del 95%.

Mediante regresión no lineal se obtuvieron relaciones cuantitativas entre crecimiento y ración por un lado y entre factor de conversión y ración, por el otro, usando las siguientes expresiones (Günther *et al.*, 1992; Günther y Ulloa, 1995).

$$Crecimiento = a * (b - \exp(c * R))$$

y

$$Conversión\ alimenticia = \frac{R}{a * (b - \exp(c * R))}$$

donde:

a, b y c= coeficientes estimados

R = ración total (% peso corporal/larva/día).

Con base en la regresión TEC versus R se calcularon los valores de crecimiento óptimo y máximo, así como las raciones de mantenimiento, óptima y máxima. Ya que la expresión utilizada es asintótica, se definió el crecimiento máximo (TEC_{max}) como el 95% del crecimiento asintótico, y la ración correspondiente como ración máxima (R_{max}). El crecimiento óptimo (TEC_{opt}) se obtuvo como el punto en que la relación TEC/R alcanzó su valor máximo, así como la ración correspondiente, R_{opt} . La ración de mantenimiento, R_{man} , fue aquella en que el crecimiento fue nulo ($TEC=0$).

IV. RESULTADOS

4.1 FACTORES FISICOQUIMICOS

La temperatura del agua recirculada se mantuvo en un rango de $28 \pm 1,0$ °C. En todas las peceras el oxígeno disuelto se mantuvo cerca de la saturación entre 6,0 y 6,5 ppm.

4.2 VARIABILIDAD DE LAS LARVAS

El coeficiente de variación del peso húmedo al inicio del experimento fue de un 10.1% y aumentó durante el crecimiento. La figura 1 muestra los coeficientes de variación obtenidos en cada repetición en los períodos de muestreo cada tres días. Aunque existe una gran variabilidad, es aparente la tendencia a aumentar en función del tiempo de cultivo.

Con el fin de determinar si el CV estaba relacionado, además, con las variables ración alimenticia y peso húmedo promedio se efectuó un análisis de regresión lineal múltiple. El cuadro 2 muestra las correlaciones parciales obtenidas entre el CV y las variables tiempo, ración y peso promedio. El CV está relacionado positiva y significativamente con el tiempo de cultivo, mostrando además una correlación negativa y significativa con la ración alimenticia (Fig 2). No hay correlación significativa con el peso húmedo de los peces.

CUADRO 2. Correlaciones parciales entre el coeficiente de variación y las variables tiempo de cultivo, peso húmedo y ración alimenticia.		
Tiempo	0.76	$p \leq 0.00000$
Racion	- 0.35	$p \leq 0.007$
Peso húmedo	- 0.17	$p \leq 0.2$

4.3 CRECIMIENTO DE LA LARVA EN EL TIEMPO.

La figura 3 muestra el crecimiento de las larvas con máxima alimentación (tratamiento 50) en función de los días de cultivo. Las larvas pasaron de 1,23 mg a 130,6 mg en 15 días. La mejor aproximación a estos datos se logra con un modelo de crecimiento exponencial ($r^2 = 0,97$), lo que origina una TEC de 30,5%. La aplicación del modelo de crecimiento G muestra un ajuste más bajo ($r^2 = 0,90$) mostrando un coeficiente G de 0,25.

4.4 CRECIMIENTO Y UTILIZACION DEL ALIMENTO EN FUNCION DE LA RACION ALIMENTICIA.

El cuadro 3 muestra los resultados de crecimiento y utilización de alimento referidos al período completo del experimento de 15 días. La ración real entregada varió desde 0 hasta 94,97% (% peso corporal/larva/día). El peso húmedo promedio de las larvas alcanza un valor máximo de 130,6 mg al final del experimento con la ración más alta (Fig 4). En ayunas, las larvas perdieron un 41,4% de su peso en los 10 primeros días del experimento, pereciendo luego todas. El porcentaje de peso seco larval no muestra diferencias significativas en dependencia de la ración. Sin embargo, en la figura 5 se puede observar una tendencia al aumento del % de peso seco larval en función de la ración alimenticia.

Todos los parámetros de crecimiento (IPH, IPS, TEC y G) aumentan significativamente con el aumento de la ración y muestran valores negativos con la ración 0 (ayunas). El aumento de los parámetros de crecimiento G y TEC en función de la ración se muestra en las figuras 6 y 7, respectivamente. Se observa que el crecimiento tiende hacia un valor máximo, que sin embargo, no alcanza todavía con la ración máxima suministrada.

La mortalidad acumulada al final del experimento fue menor de 4,5% en todos los tratamientos con alimentación y no hubo diferencias significativas. En el tratamiento sin alimentación (T00) la mortalidad alcanzó un 9% a los 5 días y un 100% a los 10 días del experimento.

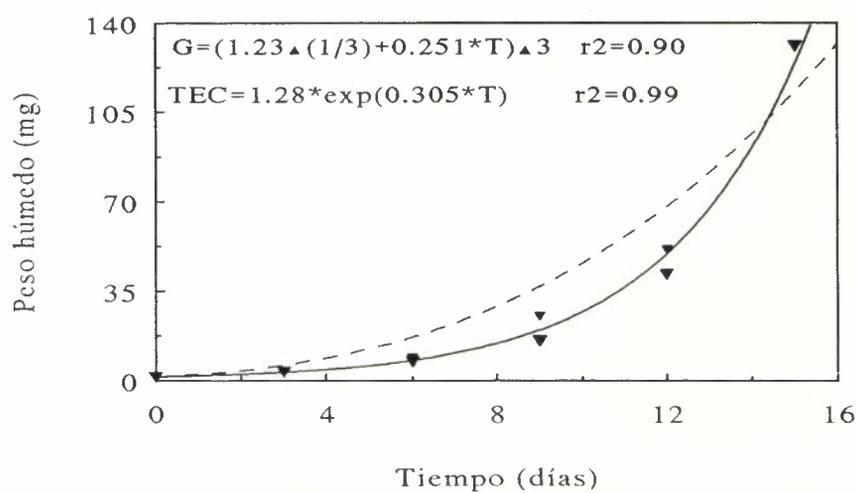


Figura 3. Crecimiento de las larvas de *C. macropomum* con la ración máxima de *Artemia*. Curvas de mejor ajuste con modelo exponencial TEC (línea continua) y modelo de coeficiente G (línea a trazos).

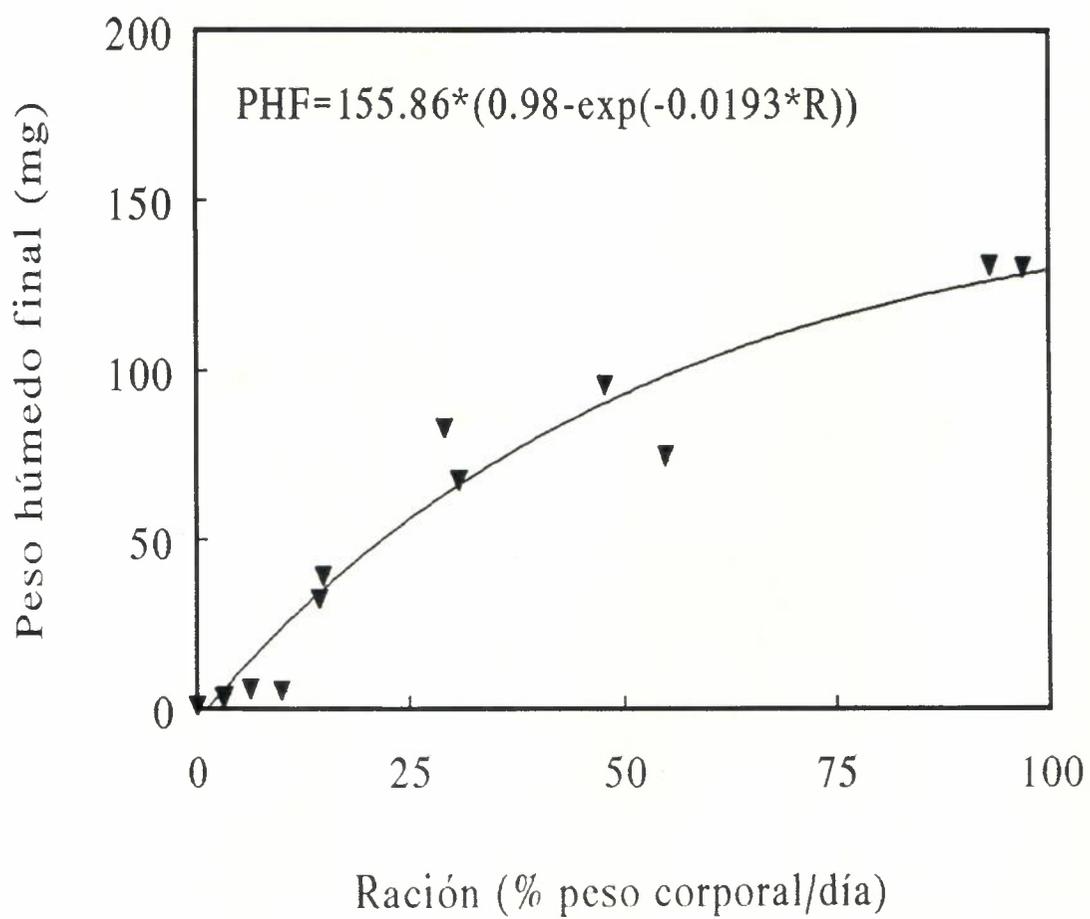


Figura 4. Peso húmedo final alcanzado por las larvas de *C. macropomum* en dependencia de la ración alimenticia.

CUADRO 3.
Parámetros de crecimiento, utilización del alimento y mortalidad referidos a todo el período experimental.

TRATAMIENTO	R	PI	PHF	PSF	IPH	IPS	TEC	G	FCH	FCS	M
T00	0 ^a	1,23	0,82 ^a	17,19 ^b	-0,46 ^a	-0,07 ^a	-4,66 ^a	-0,015 ^a			100*
T03	3,09 ^{ab}	1,23	3,34 ^a	15,52 ^a	2,11 ^a	0,32 ^a	6,63 ^b	0,028 ^b	0,45 ^a	2,97 ^a	1,0 ^a
T07	6,50 ^b	1,23	5,54 ^a	15,60 ^a	4,31 ^a	0,66 ^a	10,1 ^b	0,046 ^b	0,59 ^b	3,85 ^a	2,0 ^a
T15	14,60 ^c	1,23	35,80 ^b	16,39 ^{ab}	34,56 ^b	5,68 ^b	22,4 ^c	0,148 ^c	0,42 ^b	2,59 ^a	2,5 ^a
T25	29,90 ^d	1,23	75,30 ^c	17,04 ^{ab}	74,04 ^c	12,63 ^c	27,4 ^d	0,210 ^d	0,59 ^b	3,45 ^{ab}	4,5 ^a
T35	51,30 ^e	1,23	85,10 ^c	16,66 ^{ab}	83,83 ^c	13,92 ^c	28,2 ^{de}	0,221 ^d	0,95 ^c	5,70 ^b	2,5 ^a
T50	94,97 ^f	1,23	130,60 ^d	16,40 ^{ab}	129,32 ^d	21,21 ^d	31,1 ^e	0,267 ^e	1,40 ^d	8,56 ^c	2,5 ^a

Valores con la misma letra en cada columna no son estadísticamente diferentes.

- R Ración en % peso corporal/larva/día.
 PI Peso inicial (mg)
 PHF Peso húmedo final (mg)
 PSF Porcentaje de peso seco
 IPH Incremento en peso húmedo (mg)
 IPS Incremento en peso seco (mg)
 TEC Tasa específica de crecimiento (% peso corporal/día)
 G Crecimiento (mg^{1/3}/día)
 FCH Factor de conversión en base húmeda
 FCS Factor de conversión en base seca
 M Mortalidad (%)
 * 10 días de experimento

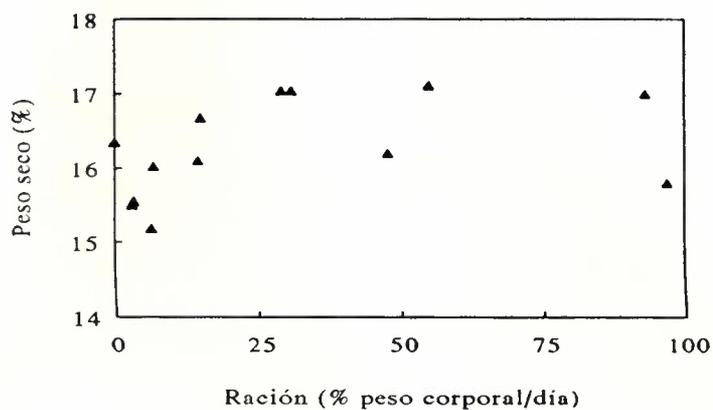


Figura 5. Porcentaje de peso seco de la larva de *Colossoma macropomum* en dependencia de la ración alimenticia.

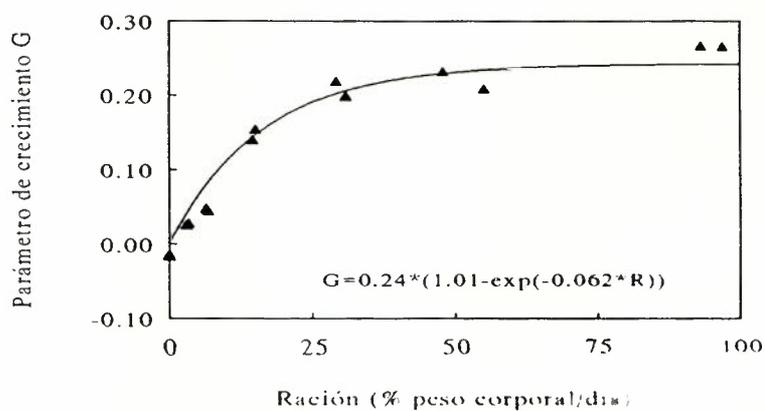


Figura 6. Tasa de crecimiento (coeficiente G) de la larva de *Colossoma macropomum* en función de la ración alimenticia. Valores globales para 15 días de cultivo.



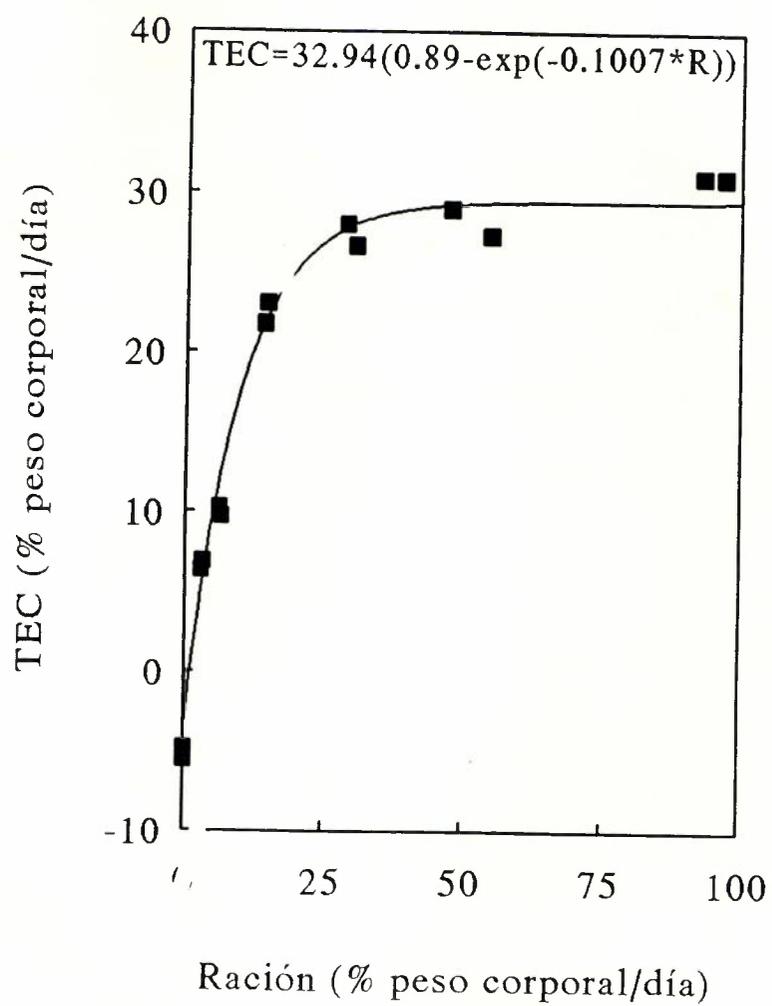


Figura 7. Tasa específica de crecimiento (TEC) de las larvas de *Colossoma macropomum* en función de la ración alimenticia. Valores globales para los 15 días del período.

4.5 CALCULO DE LAS RACIONES DE MANTENIMIENTO, ÓPTIMA Y MÁXIMA, ASÍ COMO LAS TASAS DE CRECIMIENTO ÓPTIMAS Y MÁXIMAS.

Con el fin de poder determinar las raciones de mantenimiento, óptima y máxima, así como las tasas de crecimiento óptima y máxima para el período de alimentación con *Artemia*, se obtuvo, mediante regresión no lineal, el modelo de mejor ajuste entre la TEC y R, ambas en la misma unidad de % del peso corporal/día y tomando en cuenta el período entero experimental de 15 días. El cuadro 4 muestra la expresión exponencial negativa utilizada, así como los valores de las constantes. El ajuste del modelo fue razonable con un factor de determinación de 0,97. De esta relación se obtuvieron matemáticamente los valores de ración y crecimiento en ayunas, en mantenimiento, óptimo y máximos, así como los factores de conversión mínimos y máximos, consignados en el cuadro 5.

CUADRO 4.
Coefficientes de regresión para la relación
entre la tasa específica de crecimiento (TEC) y
la ración alimenticia total R (ambas en % peso
corporal por larva/15 días):

TEC = a*(b-exp(c*R))	
a	32,94
b	0,895
c	-0,10
r ²	0,97

En las figuras 7 y 8 se grafican los valores de TEC y FC respectivamente para todo el período de crecimiento, así como las curvas de ajuste obtenidas por regresión. Se observa una discrepancia significativa entre los factores de conversión globales (para 15 días) calculados para cada tratamiento y la curva del factor de conversión esperada a partir de la relación R/TEC versus R, obtenida de la curva TEC vs R.

CUADRO 5.
Valores calculados para ración alimenticia, tasa específica de crecimiento y factor de conversión en situación de mantenimiento, crecimiento óptimo y crecimiento máximo de la fase larval de *Colossoma macropomum*, a partir de los datos globales para todo el experimento.

	RACION ¹	TEC ¹	FCH ²
AYUNO	0	-3,46	---
MANTENIMIENTO	1,11	0	---
OPTIMA	5,48	10,43	0,525
MAXIMA	31,07	28,0	1,11

¹ % Peso corporal/día
² Factor de conversión en base húmeda= R/TEC
 Peso seco del nauplio: 2,35 µg

4.6 CRECIMIENTO DE LAS LARVAS EN DEPENDENCIA DE LA RACION POR PERIODOS.

En el diseño experimental se asumió para cada tratamiento una tasa de crecimiento G válida para todo el período experimental de 15 días. Con el fin de verificar si esta premisa se cumplió o si

las tasas de crecimiento variaron durante los 15 días del experimento se compararon mediante análisis de correlación las tasas de crecimiento parciales medidos como TEC o G contra el período de crecimiento (cinco períodos de 3 días cada uno) y la ración alimenticia (cuadro 6).

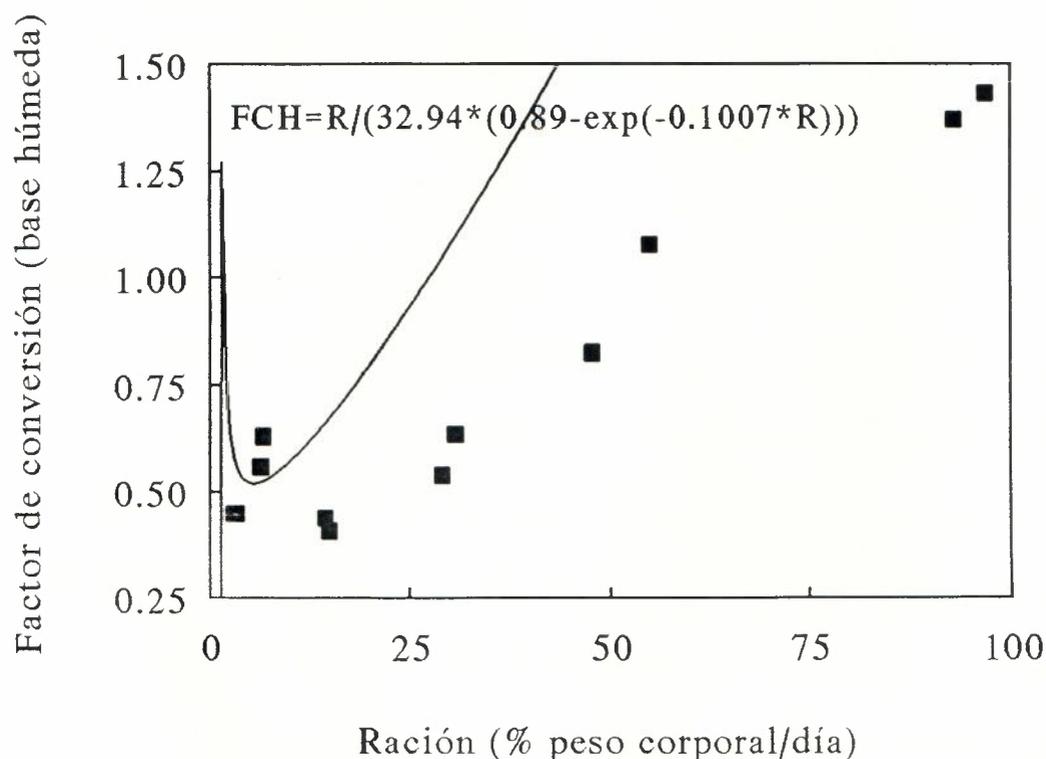


Figura 8. Factor de conversión global (período de 15 días) de las larvas de *Colossoma macropomum* alimentadas con *Artemia*, en dependencia de la ración. Puntos: valores experimentales del FC para cada repetición. La curva representa el FC calculado a partir de la relación R/TEC (fig. 5).

CUADRO 6.
Coeficientes de correlación entre los parámetros de crecimiento TEC y G, la ración R y el período del experimento P.

	PERIODO	RACION
TEC	0,07 (0,58)	0,57 (0,0000)
G	0,47 (0,001)	0,28 (0,025)

Entre paréntesis la probabilidad de error P

Mientras que el coeficiente G tiene correlaciones positivas significativas con el período y con la ración, la TEC sólo está relacionada significativamente con la ración, pero no con el período del experimento. En las figuras 9 y 10 se grafican ambas tasas de crecimiento en función de los 5 períodos del experimento. En la figura 9 se consigna el crecimiento específico, TEC, en la figura 10 el coeficiente G. Para cada período se elaboró mediante regresión no lineal la curva de mejor ajuste según el modelo exponencial negativo (sección 3.7) y se calcularon los crecimientos máximos correspondientes (cuadro 7). Se observa que en todos los períodos se alcanzó la tasa máxima de crecimiento, con excepción del último (fig. 10). Sin embargo es notoria la diferencia de los resultados si comparamos G con la TEC. Expresado en coeficientes G, el crecimiento máximo por período aumentó desde 0,12 en el primero hasta 0,63 en el último, mientras que, expresado como la TEC, el crecimiento máximo se mantiene prácticamente constante alrededor de un 30% peso corporal/día en todos los períodos, con excepción del último (fig. 9). Debido a la alta dispersión de los datos y a que sólo hay valores entre $R=0$ y $R=45$, no fue posible ajustar un modelo de exponente negativo para la TEC de este último período de crecimiento.

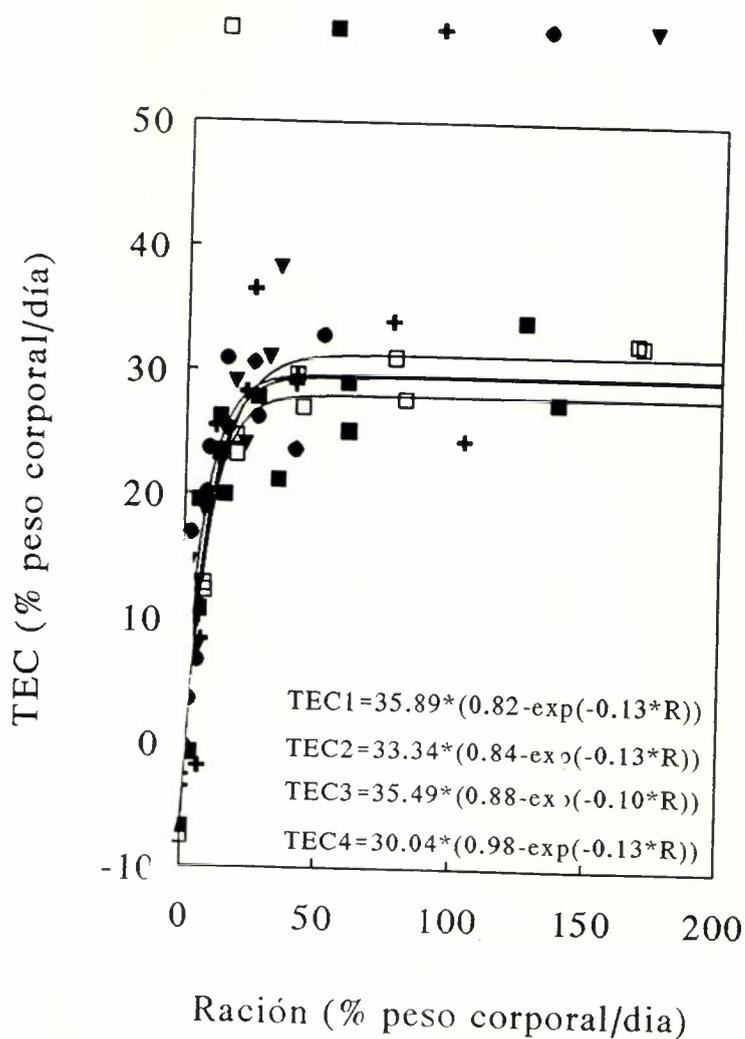


Figura 9. Tasas específicas de crecimiento (TEC) por períodos parciales de 3 días en dependencia de la ración alimenticia. Símbolos de izquierda a derecha corresponden a los períodos 1 a 4. Las curvas corresponden a las funciones de mejor ajuste.

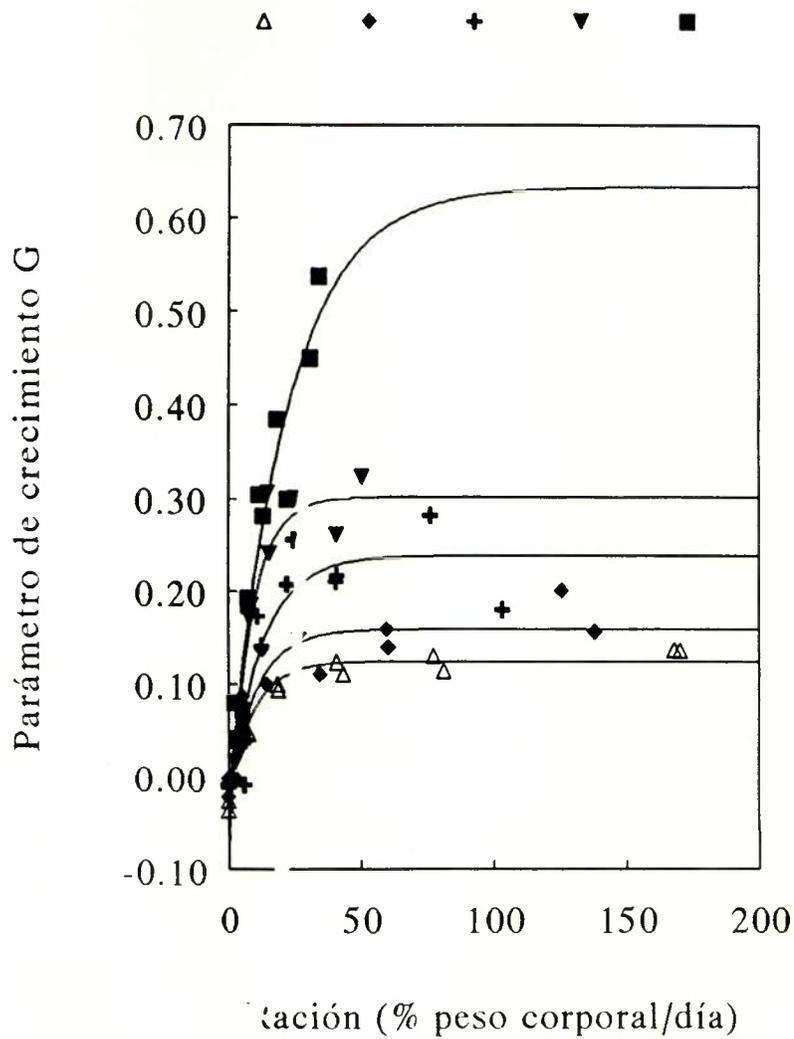


Figura 10. Parámetro de crecimiento G en períodos parciales de 3 días en dependencia de la ración alimenticia. Los símbolos de izquierda a derecha representan los períodos de crecimiento de 1 al 5. Las curvas representan las funciones de exponente negativo de mejor ajuste.

CUADRO 7.
Valores máximos de la tasa
específica de crecimiento TEC y
del parámetro de crecimiento (G)
alcanzados en cada período.

PERIODO	TEC	G
1	29,5	0,12
2	28,0	0,16
3	31,3	0,24
4	29,6	0,30
5	---	0,63



4.7 OTRA FORMA DE CALCULAR LA RELACION CRECIMIENTO VS. RACION.

El método habitual de calcular la TEC y R con base en los datos globales de todo el período experimental (en este caso 15 días; capítulo 4.5) adolece de algunos problemas intrínsecos que no son fáciles de solucionar. Por un lado, la estimación de un peso promedio en un rango tan amplio que va desde 1,3 hasta 130 mg de peso por medio del método de peso promedio geométrico, inducirá necesariamente a error si el crecimiento no es exactamente exponencial. Este error será tanto más grande cuanto mayor sea la disparidad de pesos inicial y final. un rango que en nuestro caso, es de 100:1. Por otra parte, en el cálculo de factores de conversión globales para todo el período de 15 días se hace un error considerable al promediar ración y crecimiento absoluto correspondientes a los 5 períodos del experimento. Como en términos absolutos, tanto la ración como el crecimiento son mucho mayores en los períodos finales del experimento, el factor de conversión global reflejará sobre todo lo ocurrido en el último período. El cuadro siguiente muestra cómo los factores de conversión

parciales correspondientes al tratamiento T50 descienden de 5,0 hasta 0,9 durante los 5 períodos de crecimiento, dando un factor global de solamente 1,4 para todo el período.

CUADRO 8.
Factores de conversión parciales por
período en el tratamiento máxima
ración T50 y factor de conversión global
de todo el período.

PERIODO	FACTOR DE CONVERSION (base húmeda)
1	5,0
2	4,2
3	3,1
4	1.6
5	0.9
Todo el experimento	1,4

En vista de que el parámetro TEC resultó ser independiente del período y con el fin de obtener una mejor estimación de las relaciones TEC y FC versus R, evitando los errores mencionados, se juntaron los valores parciales por período de la TEC y R de todos los tratamientos y se les practicó el mismo análisis de regresión realizado para los valores globales. El cuadro 9 muestra los coeficientes de la regresión TEC vs R y el cuadro 10 los valores estimados para la ración y el crecimiento de mantenimiento, óptimo y máximo de larvas de *Colossoma macropomum*. Estos

valores. en comparación con los del cuadro 5, obtenida por el método global, son menores en cuanto a las raciones y los factores de conversión y algo mayores en cuanto a la tasa de crecimiento.

CUADRO 9.
Coefficientes de regresión para la relación TEC vs. R
con base en los valores parciales por período.
TEC = a*(b-exp(c*R))

COEFICIENTE	
a	35,06
b	0,85
c	-0,126
r ²	0,86

CUADRO 10.

Valores calculados para las ración alimenticia, tasa específica de crecimiento y factor de conversión en situación de mantenimiento, crecimiento óptimo y crecimiento máximo de la fase larval de *Colo soma macropomum*, a partir de los datos parciales por período de 3 días.

	RACION ¹	TEC ¹	FCH ²
AYUNO	0	-3,68	---
MANTENIMIENTO	1,88	0	---
OPTIMO	4,347	11,1	0,391
MAXIMO	24,66	29,81	0,827

¹ % peso corporal/día.

² Factor de conversión en base húmeda=R/TEC

Peso seco del nauplio: 2,35 µg.

En la figura 11 se grafican los valores parciales para la TEC en función de las razones parciales R, así como la curva de ajuste TEC vs. R correspondiente al cuadro 9. En el gráfico 12 se grafican los valores parciales de FCH en función de las razones parciales R, así como la curva $FCH = R/TEC$, tomando los mismos coeficientes del cuadro 9. En comparación con la figura 7, se observa un ajuste mucho mejor entre los datos experimentales parciales del factor de conversión y la curva de mejor ajuste para el factor de conversión obtenido de la función R/TEC.

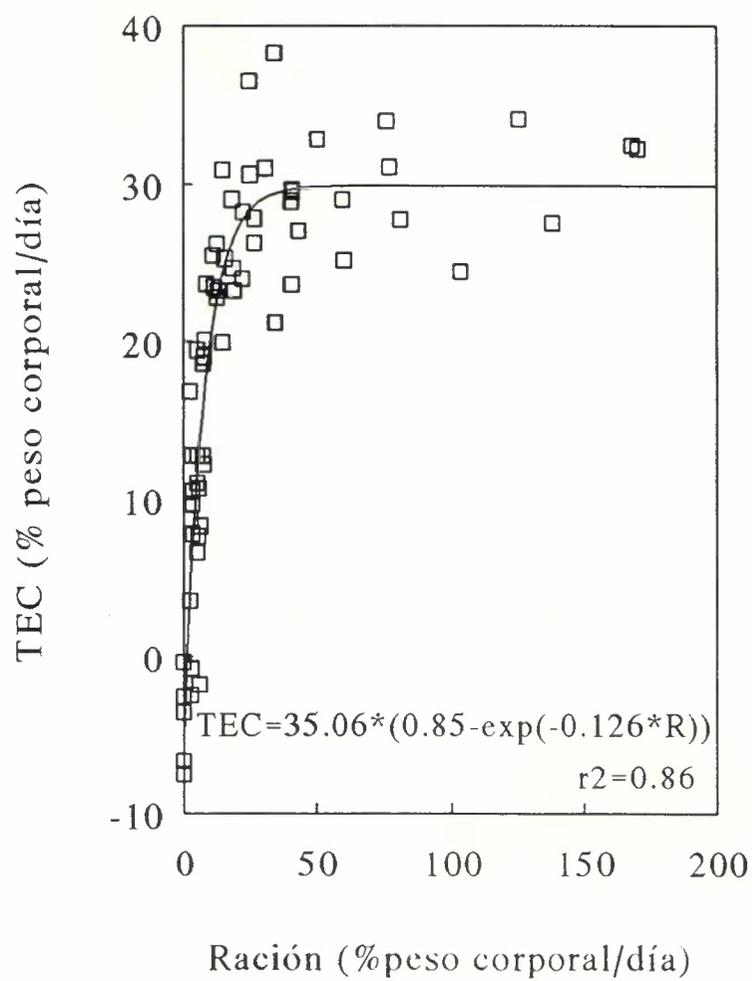


Figura 11. Tasas específicas de crecimiento (TEC) por período de 3 días y función exponencial negativa de mejor ajuste para todos los valores en conjunto.

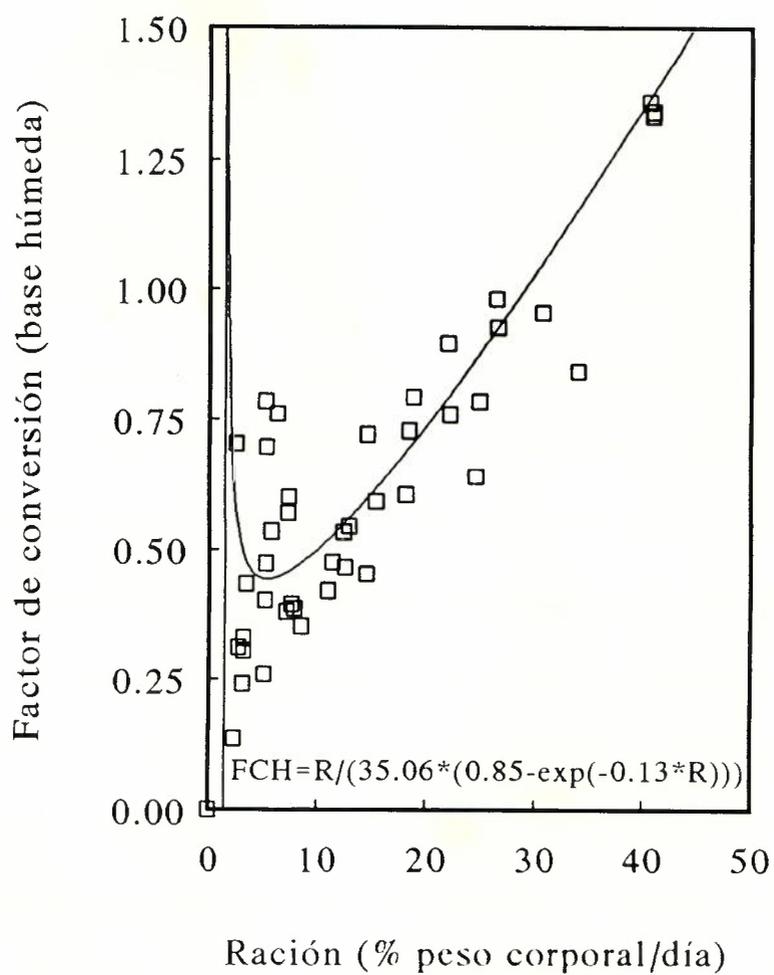


Figura 12. Valores de factor de conversión parciales por periodo de 3 días. La función de mejor ajuste se obtuvo del inverso de TEC/R (figura 11).

V. DISCUSION

PARAMETROS FISICOQUIMICOS

Aunque no se ha determinado todavía cuál es la preferencia térmica de larvas de tambaquí, los parámetros físico-químicos que se mantuvieron en este experimento (28 °C, 6-6,5 ppm oxígeno) se consideran adecuados para una especie tropical de aguas calientes y fueron similares a los que se utilizaron en otros estudios con la misma especie (Günther y Boza, 1992; Hernández *et al.*, 1992).

COEFICIENTE DE VARIACION

El aumento del coeficiente de variación durante el crecimiento de juveniles de peces es un fenómeno ampliamente descrito y que se explica por la variabilidad genética de los organismos. En los primeros estadios larvales los coeficientes de variación rara vez exceden el 10% pero aumentan rápidamente durante el crecimiento. Otros trabajos han demostrado que el coeficiente de variación también puede estar relacionado con la competencia entre los animales, sobre todo por el alimento (Günther y Gálvez 1992). En juveniles del cíclido *Cichlasoma managuense* cultivado a altas densidades, el coeficiente de variación subió de un 30% a más de 60% en 56 días de cultivo (Günther y Gálvez 1992). En larvas del ciprínido *Caraussius auratus*, Kestemont (1995) encontró coeficientes de variación de más del 60% luego de 10 días de cultivo. En este trabajo el CV de las larvas de *C. macropomum* aumentó en el breve espacio de 15 días de un 10% al inicio hasta valores de cerca del 40%, lo que refleja una gran variabilidad en el peso en los últimos días del experimento (Fig 2). Al igual que en el trabajo de Kestemont (1995) el incremento del CV fue más notorio en los tratamientos con ración baja, lo que se explica por el aumento de la competencia entre las larvas

debido a la escasez del alimento. Un alto coeficiente de variación unido a un bajo número de individuos por muestreo (10 larvas por pecera en este experimento) tienen por consecuencia márgenes de error muy altos, por lo que sería recomendable en futuros experimentos con larvas de *C. macropomum* aumentar el número de individuos por pecera y el número de individuos por muestra.

MORTALIDAD

La mortalidad registrada durante el experimento fue baja con excepción del tratamiento sin alimentación. En los tratamientos con alimentación se debió en algunos casos a causas accidentales, ya que durante la limpieza de los acuarios con un succionador, no se podía evitar en ocasiones succionar o maltratar alguna larva. En estos tratamientos se puede considerar que la mortalidad "natural" fue insignificante. En el tratamiento sin alimentación la mortalidad aumentó rápidamente durante el experimento y fue total a los 10 días. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que las larvas entraron al experimento 5 días post-eclosión y que probablemente ya habían ingerido alguna *Artemia*. De Fex (1991) reportó 13 días de sobrevivencia en larvas de *Colossoma macropomum* sin alimentación. El tiempo de sobrevivencia es similar a lo que se ha reportado para larvas de cíclidos (guapotes) nacionales. En larvas del guapote tigre, *Cichlasoma managuense*, se han mencionado mortalidades del 100% a los 15 días (Murillo 1989), del 84.3% en 10 días (Günther *et al.* 1992) y del 100% en 10 días (Orc 1994), mientras que en el guapote lagunero, *Cichlasoma dovii*, la mortalidad fue sólo del 5.12% en 12 días de ayuno (Günther y Ulloa, 1995). La sobrevivencia de las larvas en ayunas está probablemente relacionada con su tamaño y la cantidad relativa de vitelo. Las larvas de los cíclidos mencionados (*Cichlasoma managuense*, 3.8 mg y *Cichlasoma dovii*, 6.65 mg)

son mucho más pesadas que las larvas de *Colossoma macropomum* al momento de nacer.

RELACION ENTRE CRECIMIENTO Y RACION

En general, la relación que se obtuvo entre tasa de crecimiento y ración alimenticia (Fig 7) es muy similar a lo que han reportado otros autores en estudios larvarios: Bryant y Matty (1980) (*Cyprinus carpio*), Hogendoorn (1980) (*Clarias lazera*), Verreth y Den Bieman (1987) (*Clarias gariepinus*) y Kestemont y Awaïss (1989) (*Gobio gobio*). La tasa específica de crecimiento, TEC, aumenta asintóticamente desde valores negativos en ayunas (-4,66 %PC/día) hasta valores máximos de 31,1 %PC/día con máxima alimentación. Usando el mismo modelo matemático que han aplicado otros autores (Hogendoorn, 1980; Verreth y Den Bieman, 1987; Espinosa, 1989; Günther y Boza, 1991; Günther *et al.*, 1992; Günther y Ulloa, 1995) se han obtenido aquí también regresiones con buen ajuste (cuadro 4 y 9).

La relación TEC versus R se ha calculado en este trabajo con 2 métodos diferentes: La primera (cuadros 4 y 5, figura 7) usando los valores globales de TEC y R para todo el período *experimental de 15 días*. La segunda usando todos los valores parciales de TEC y R para cada uno de los períodos experimentales de 3 días en que se dividió el experimento y aplicando una regresión de mejor ajuste a todos los valores en conjunto (cuadros 9 y 10, figura 11). Los valores de los cuadros respectivos no parecen muy diferentes, aunque es evidente que con el segundo método (cuadro 10) se obtienen mejores datos de crecimiento y de factor de conversión, es decir, valores más altos para TEC y más bajos para el factor de conversión (FCH). La superioridad del segundo método es manifiesta si comparamos el ajuste de los valores experimentales de factor de conversión con las curvas de mejor ajuste para el factor de conversión que se obtienen del inverso de TEC/R. En la figura 8 (primer método) hay un gran desajuste entre los valores de factor de conversión y la

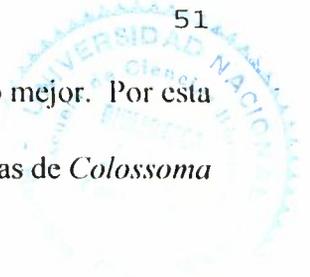
006047

EWS930

24 JUL 1988

627311
5512

51



expresión R/TEC, mientras que en la figura 12 (segundo método) el ajuste es mucho mejor. Por esta razón se recomienda utilizar los datos del cuadro 9 para optimizar el levante de larvas de *Colossoma macropomum*.

TASAS DE CRECIMIENTO G Y TEC

En trabajos que analizan el crecimiento larval en los primeros días de vida se han empleado 2 modelos diferentes para describir el crecimiento larval en función del tiempo:

En el modelo exponencial

$$TEC = \frac{\ln W_f - \ln W_i}{T} * 100$$

las larvas crecen con una tasa de crecimiento específica (TEC en % peso corporal por día) constante.

En el modelo del coeficiente G

$$G = \frac{W_f^{(1/3)} - W_i^{(1/3)}}{T}$$

se mantiene constante un coeficiente G igual a la diferencia de las raíces cúbicas de los pesos larvales inicial y final dividida por los días del período. La explicación biológica de ambos modelos es diferente. El primero se basa en un ritmo definido de división celular (crecimiento) que lleva a un crecimiento exponencial. En el modelo G se asume que la longitud de las larvas aumenta de forma lineal y por ende también la raíz cúbica del peso, ya que el peso está relacionado generalmente con la longitud elevada al cubo. Los coeficientes G y TEC se pueden interconvertir de forma sencilla usando la fórmula derivada por Hogendoorn (1980):

$$TEC = \frac{300 * G}{Peso_{mg}^{(1/3)}}$$

En ambos modelos, si se mantienen los coeficientes TEC o G constantes, se originan curvas de tipo exponencial que sólo pueden aplicarse por períodos cortos, ya que el crecimiento en peso adquiere tarde o temprano una forma sigmoidea acercándose asintóticamente al peso máximo del animal.

El cuadro 11 recopila los coeficientes TEC y G que se han obtenido en diversos trabajos de crecimiento larval. Se comparan solamente trabajos en condiciones similares: alimentación diurna con nauplios vivos de *Artemia ad libitum* o en exceso en los primeros días de vida (excepción en *Phoxinus* en que se usaron nauplios congelados y en un trabajo de *Clarias* (Verreth y Den Bieman, 1987) en que se usaron cistos decapsulados) y temperaturas alrededor de los 28°C (con excepción de *Cyprinus* 25°C y de *Phoxinus* 20°C).

CUADRO 11.
Parámetros de crecimiento obtenidos para la etapa larval de diversas especies de peces.

ESPECIE	Peso inicial (mg)	Peso final (mg)	días	TEC %	G (mg ^(1/3) /day)	Autor
<i>Colossoma macropomum</i>	1,23	130,15	15	30	0,12-0,63	este trabajo
<i>Cichlasoma managuense</i>	3,8	46,14	10	39-17	0,203	Günther <i>et al</i> , 1992
<i>Cichlasoma managuense</i>	3,72	74,35	15	34,3-12,63	0,177	Günther y Boza, 1991
<i>Cichlasoma dovii</i>	6,65	75,2	10	37,5-16,7	0,235	Günther y Ulloa, 1995
<i>Clarias gariepinus</i>	2,3	795	28	64,5-9,2	0,284	Hogendoorn, 1980
<i>Clarias gariepinus</i>	-----	-----	10	63,9-23,1	0,31	Verreth y Den Bieman, 1987
<i>Cyprinus carpio</i>	1,1	67,4	10	50-32	0,26-0,33	Bryant y Matty, 1980
<i>Cyprinus carpio</i>	2	179	10	53,5-36,4	0,351-0,505	Hamada <i>et al</i> , 1975 en Bryant y Matty (1980)
<i>Phoxinus phoxinus</i>	1,86	27,9	28	10,2	0,042-0,103	Kestemont y Stalmans, 1992

Al describir el crecimiento de las larvas de *Clarias gariepinus*, *Cichlasoma managuense* y *Cichlasoma dovii* los autores obtuvieron un mejor ajuste a sus datos de crecimiento usando modelos con un coeficiente G constante, lo que significa que en los primeros días de vida la TEC disminuye rápidamente. En los trabajos con larvas de carpa común (*Cyprinus carpio*) no se usó el modelo G pero se constató así mismo una disminución rápida de la TEC en los primeros días de crecimiento. Si se calculan los coeficientes G correspondientes se obtiene que no son constantes sino que aumentan ligeramente en los 2 períodos de 5 días estudiados. Finalmente, en un análisis del crecimiento de larvas de *Phoxinus* alimentadas con nauplios de *Artemia* congelados el crecimiento se modeló con una TEC constante del 10,2%, de forma que se pueden recalcular coeficientes G ascendientes desde 0,04 hasta 0,10.

En el presente trabajo se ha determinado que en el crecimiento de la larva de *Colossoma macropomum* se obtiene un ajuste mucho mejor usando un modelo de TEC constante ($r^2 = 0,97$) que con un modelo de G constante ($r^2 = 0,90$). Esta curva de crecimiento difiere bastante del crecimiento observado en *Clarias*, *Cichlasoma* y *Cyprinus* en que la TEC disminuye rápidamente en los primeros días de vida y concuerda solamente con la descripción del crecimiento de *Phoxinus*.

El análisis de la relación crecimiento vs. ración en cada uno de los 5 períodos del experimento por separado confirma lo dicho anteriormente. Esta relación se puede modelar razonablemente en los primeros 4 períodos de crecimiento con la misma TEC de aproximadamente 30%, mientras que el coeficiente G no es constante, sino que aumenta rápidamente desde 0.125 en el período 1 hasta 0.63 en el último período (cuadro 7).

Las deficiencias en usar el coeficiente G como parámetro para modelar el crecimiento de la larva de tambaquí se observan en este mismo trabajo, ya que los tratamientos o raciones alimenticias se

definieron inicialmente asumiendo coeficientes G constantes para todo el período experimental (cuadro 1). Al crecer en los primeros períodos con coeficientes G mucho menores de lo esperado, las larvas recibieron en estos períodos mucho más alimento de lo que se pretendía. Esto se puede constatar claramente si comparamos los factores de conversión por período. El cuadro 12 muestra los factores de conversión por período para los 2 tratamientos de mayor ración, T35 y T50. El factor de conversión en base húmeda mejora claramente conforme avanza el experimento, indicando que en los primeros períodos la tasa de alimentación fue superior a las expectativas de crecimiento, es decir, el ajuste del modelo de crecimiento mejoró conforme avanzó el experimento. Llegamos entonces a la conclusión de que la utilización de la TEC como parámetro de crecimiento es mucho más ventajosa para modelar el crecimiento, al menos en las larvas de tambaqui.

CUADRO 12.
Valores de factor de conversión en base seca
FCS y húmeda FCH por períodos para los
tratamientos con los niveles más altos de
alimentación.

PERIODO	FCS		FCH	
	T35	T50	T35	T50
1	16,3	31,4	2,6	5,0
2	13,5	25,0	2,2	4,2
3	7,6	18,4	1,4	3,1
4	4,8	8,6	0,9	1,6
5	4,7	5,8	0,8	0,9



Las razones para estas diferencias en la curva de crecimiento de las larvas mencionadas no quedan claras. En principio, la división celular en los primeros estadios de desarrollo del embrión se realiza con tasas constantes de replicación, es decir con una TEC constante. A medida que aumenta el tamaño del embrión y que la accesibilidad de oxígeno y nutrientes ya no es la misma para todas las células podemos esperar que los distintos órganos tengan tasas diferentes de crecimiento y por ende desviaciones del modelo de la TEC constante. Sería sin embargo razonable suponer que las larvas más pequeñas estén más cerca de una TEC constante que larvas más diferenciadas. Llama la atención que las 2 larvas que muestran crecimiento de TEC constante (*Colossoma* y *Phoxinus*) son más pequeñas (1,23 y 1,86 mg) en comparación con las larvas de *Clarias* (2,3 mg) y las grandes larvas de los cíclidos (*managuense* 3,7 mg, *dovii* 6,65 mg), que muestran un G constante, pero la excepción son las larvas de carpa común (*Cyprinus*, 1,1 mg), que también muestran una fuerte caída de la TEC en los primeros días de vida. Otra explicación posible está relacionada con la alimentación. Al inicio de su alimentación exógena, las pequeñas larvas de tambaquí están apenas en condiciones de atrapar nauplios de *Artemia* de 300 a 400 micrómetros de tamaño (Martínez, 1984; Gonzáles y Heredia, 1989; De Fex, 1991). Podría ser entonces que al menos en el primer período experimental las larvas en todos los tratamientos hayan estado sometidas “de facto” a una ración restringida al poder alimentarse solamente con los nauplios más pequeños. Esto implicaría un crecimiento relativamente retardado en los primeros períodos y una curva de crecimiento exponencial acentuada que se deja ajustar mejor con el modelo TEC. Sin embargo, el hecho de que no haya prácticamente mortalidad en la alimentación con *Artemia* denota que al fin y al cabo, todas las larvas pueden salir adelante con este alimento, aunque tal vez con algunas dificultades iniciales. Es notable que para las larvas de *Phoxinus*, que son bastante pequeñas, se menciona el hecho de que no sean capaces de atrapar nauplios vivos de *Artemia*, por lo que se las tuvo que alimentar con nauplios congelados. Si esta

larva también tuviera problemas con el tamaño del nauplio, esto podría explicar allí también el crecimiento con la TEC constante. Sin embargo, llama la atención que las larvas más pequeñas, las de carpa común con 1,1 mg peso inicial, muestren también un crecimiento con la TEC disminuyendo fuertemente en los primeros días a pesar de haber sido alimentadas con nauplios de *Artemia*. La respuesta a esta interrogante se podrá obtener solamente si se analiza el crecimiento de larvas de *Colossoma* con otro alimento vivo que por su tamaño puedan atrapar fácilmente, como por ejemplo rotíferos, para eliminar el posible efecto de una ración restringida.

CRECIMIENTO COMPARATIVO DE LA LARVA DE TAMBAQUI

CUADRO 13.

Parámetros de crecimiento promedio para la etapa inicial de cultivo larval en diversas especies de peces.

ESPECIE	Peso inicial (mg)	Peso final (mg)	Días	TEC %	G (mg ^(1/3) /day)	AUTOR
<i>Colossoma macropomum</i>	1,23	130,15	15	30	0,266	este trabajo
<i>Cichlasoma managuense</i>	3,8	46,14	10	24,97	0,203	Günther <i>et al</i> , 1992
<i>Cichlasoma managuense</i>	3,72	74,35	15	19,96	0,177	Günther y Boza, 1991
<i>Cichlasoma dovii</i>	6,65	75,2	10	24,25	0,235	Günther y Ulloa, 1995
<i>Clarias gariepinus</i>	2,3	795	28	20,9	0,284	Hogendoorn, 1980
<i>Clarias gariepinus</i>	----	----	10	----	0,31	Verreth y Den Bieman, 1987
<i>Cyprinus carpio</i>	1,1	67,4	10	41,1	0,30	Bryant y Matty, 1980
<i>Cyprinus carpio</i>	2	179	10	44,9	0,439	Hamada <i>et al</i> , 1975 en Bryant y Matty (1980)
<i>Phoxinus phoxinus</i>	1,86	27,9	28	10,2	0,06	Kestemont y Stalmans, 1992

En el cuadro 13 se incluyen los coeficientes de TEC y G promedio para la etapa inicial de cultivo larval de diversas especies de peces alimentadas con nauplios de *Artemia*. Sin importar el coeficiente que se tome para comparación, es evidente que el crecimiento de las larvas de *Colossoma* es muy superior al que muestran las larvas de los cíclidos *Cichlasoma managuense* y *dovii*, siendo sin embargo inferior al crecimiento mostrado por larvas de *Clarias gariepinus* y *Cyprinus carpio*, con excepción de la TEC de 20,9 obtenida por Hogendoorn (1980). Los valores extremadamente altos de Hamada (1975) en Bryant y Matty (1980) se deben probablemente al hecho de que sus larvas partieron de un peso superior al inicio del experimento. Mientras que las larvas de *Colossoma* no muestran crecimientos superiores al alcanzado por larvas de *Cyprinus* y de *Clarias*, la situación se revierte en etapas posteriores, en que los alevines de *Colossoma* superan ampliamente a los de las especies anteriores en rapidez de crecimiento (Günther y Boza, 1992).

UTILIZACION DEL ALIMENTO

Los valores de factor de conversión en base húmeda estimados para la ración óptima y máxima y para todo el período de 15 días fueron de 0,39 y 0,83, respectivamente. Tomando en cuenta un porcentaje de humedad de la larva del 83% (ver cuadro 3), estos valores se traducen en factores de conversión en base seca de 2,29 y 4,88, respectivamente. Para fines comparativos es mejor analizar los factores de conversión en base seca ya que de esta forma se elimina el posible error de comparar especies con contenidos diferentes de humedad o con cambios en este contenido durante el crecimiento. Por otra parte, ya que el factor de conversión depende fuertemente de la ración alimenticia, sólo tiene sentido comparar los factores de conversión mínimos alcanzados, es decir, aquellos que se obtienen con raciones óptimas. Günther *et al.* (1992) compararon estos valores para varias especies de larvas en sus primeros

períodos de desarrollo. Los valores más bajos de factor de conversión se reportan para la utilización del vitelo larval en peces marinos (1,27 a 2,28) y para la absorción del vitelo en larvas de tilapia, (1,62). En la primera alimentación de larvas con nauplios de *Artemia*, los valores van desde 1,57 (larvas de *Cichlasoma dovii*, Günther y Ulloa, 1995) hasta 2,5 (larvas de *Clupea* y de *Clarias*). Es probable que la utilización del alimento esté relacionada con el tamaño y el grado de diferenciación de las larvas. Se han reportado valores muy bajos para las relativamente grandes larvas de *Cichlasoma dovii* (1,57) y *Cichlasoma managuense* (1,88), mientras que en larvas de *Clupea* y de *Clarias* se han medido factores de conversión con ración óptima de 2,5, algo superiores al valor de 2,29 obtenido para *Colossoma macropomum*. Una excepción son de nuevo las pequeñas larvas de la carpa común para las que se ha reportado un factor de conversión de solamente 1,87 en la alimentación con nauplios de *Artemia*.

ALTERNATIVAS DE PRODUCCION EN EL ALEVINAJE DEL TAMBAQUI

La determinación de las tasas de crecimiento óptima y máxima así como de los respectivos factores de conversión en la alimentación de larvas de tambaquí con *Artemia* será de utilidad para planificar la producción de larvas en vivero. Debido al costo de la *Artemia* es importante modelar con exactitud el crecimiento para evitar desembolsos incesarios.

En los primeros 15 días de alimentación, si se quiere lograr una tasa de crecimiento máxima del 29,8 %PC/día, las larvas de tambaquí alimentadas con nauplios de *Artemia* mostrarán un factor de conversión alimenticia del 0,83. Si se quiere optar por el máximo aprovechamiento de la *Artemia* (factor de conversión de 0,39) se logrará todavía un crecimiento del 11,1 %PC/día. En el primer caso se tardaría 16,1 días en lograr larvas de 150 mg capaces de entrar en la fase de alimentación artificial, en el segundo se necesitarían 43,3 días para ello, es decir un aumento en la duración del proceso (costos de personal,

) en un factor de 2,7. Por otra parte, los costos de alimentación con ración máxima aumentarían en un factor de $0,83/0,39 = 2,1$ veces con respecto a la ración óptima. Corresponderá a cada vivero de larvas de aquí determinar sus prioridades en tiempo y en gasto de alimento según los costos específicos correspondientes a estos rubros.



VI. CONCLUSIONES

- La tasa específica de crecimiento (TEC) es mucho más ventajosa para modelar el crecimiento de las larvas de *Colossoma macropomum* que el coeficiente de crecimiento G, ya que se mantiene constante durante las primeras semanas de desarrollo.
- Al presentarse buen crecimiento y poca mortalidad, se puede deducir que las larvas de tambaquí se desarrollan adecuadamente durante los primeros días de vida con alimento a base de *Artemia*.
- El crecimiento de las larvas de *C. macropomum* es muy superior al de las larvas de algunos cíclidos nacionales.
- Con una tasa de crecimiento máxima de 29,8 %PC/día las larvas de tambaquí alimentadas con nauplios de *Artemia* podrán alcanzar un peso de 150 mg en 16,1 días con un factor de conversión de 0,83.
- Si se opta por el máximo aprovechamiento de la *Artemia* (FC=0,39), se lograría con un crecimiento de 11,1 %PC/día obtener larvas de *Colossoma* de 150 mg en 43,3 días.

VII. RECOMENDACIONES

- Para estimar el crecimiento de larvas de *Colossoma macropomum* en las primeras semanas de vida y calcular las raciones de *Artemia* se recomienda utilizar en trabajos futuros un modelo de crecimiento exponencial con una TEC máxima del 30%.
- Con el fin de eliminar la posibilidad de que la TEC constante encontrada en este experimento haya sido causada por una alimentación restringida en los primeros días, se recomienda verificar los datos de este experimento con una alimentación natural de menor tamaño, como rotíferos o copépodos.
- Una muestra de 10 larvas por repetición y período pareció insuficiente debido al aumento de la variabilidad larval en el peso durante el crecimiento. Se sugiere en futuros experimentos aumentar la muestra debiéndose incluir por ello un mayor número de larvas por repetición, al menos con larvas de rápido crecimiento.

VII. REFERENCIAS

- Alcántara, F. 1986. Avances en el cultivo de gamitana, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, en el Laboratorio de Iquitos del IMARPE. Rev. Lat. Acui. 27: 27-32.
- Alcántara, F. y H. Guerra. 1986. Avances en la producción de alevinos de Gamitana, *Colossoma macropomum* y Pacu, *C. brachypomum* por reproducción inducida. Rev. Lat. Acui. 30: 23-60.
- Bello, R.A. y W.G. Rivas. 1992. Evaluación y Aprovechamiento de la Cachama Cultivada, como Fuente de Alimento. FAO. México, D.F. 102 P.
- Bonetto, A. y H. Castello. 1985. Pesca y Piscicultura en Aguas Continentales de América Latina. O.E.A., Washington, D.C. U.S.A. 64-66 P.
- Born, B. 1991. Revisión Bibliográfica sobre la Reproducción del Género *Colossoma*. Universidad de Wageningen. 21 P.
- Bryant, P.L. y A.J. Matty. 1980. Optimisation of *Artemia* feeding Rate for Carp Larvae (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture 21: 203-212.

- Bulhosa, A. y F. Martínez. 1985. Reproducción inducida y levante del pie de cría de la Cachama *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818, en la Estación de Guanapito, Estado Guarico, Venezuela. Rev. Lat. Acui. 25: 19-32.
- Castagnolli, N. y R.E. Silva . 1993. Reproducción Inducida del Pacú (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg 1887) y del Tambaquí (*Colossoma macropomum* Cuvier 1818) con LH-RHa y Gonadotropina Bruta y Purificada de Hipófisis de Peces. En: Actas del Simposio, Investigación Acuícola (Acuicultura y Pesca) en Centroamérica. Programa UNA/LUW Acuicultura. Jorge Günther y Karel Kleijn editores. Heredia, Costa Rica. 157-162 P.
- Castillo, J., C. Berger y J. Llanos. 1985. Experimentos de crianza de *Artemia salina* Len condiciones críticas. Rev. Lat. Acui. 24: 11-44.
- Carneiro, D.J. 1990. Efeito da temperatura na exigência de proteína e energia em dietas para alevinos de pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Tesis de Doctorado en la Universidad Federal de Sao Carlos, Brasil. 59 P.
- De Fex, R. 1991. Crecimiento y sobrevivencia de larvas de Cachama (*Colossoma macropomum*) con alimento vivo y no vivo. Red Acuicultura 5: 9-13.

Downie, N.M. y R.W. Heath. 1973. Métodos Estadísticos Aplicados. Harper & Row Publishers INC. México, D.F. 371 p.

Eckmann, R. 1987. Growth and body composition of juvenile *Colossoma macropomum* Cuvier 1818 (*Characoidei*) feeding on artificial diets. *Aquaculture* 64: 293-303.

Espinosa, Y. 1989. Adaptación de las larvas de *Cichlasoma managuense* (Pisces; Cichlidae) a una dieta elaborada y su respuesta en crecimiento y conversión alimenticia. Investigación por tutoría. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 23 p. (manuscrito)

Esquivel, J.R., N. Serrano De G. y R. Ríos. 1989. Efecto de la fertilización y alimentación con subproductos agropecuarios en la etapa de cría del género *Colossoma* (*Colossoma macropomum*) (Cuvier 1818). Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Panamá. 1-10 p.

Estévez, M. 1988. La Cachama: Cultivo en Estanques. Ministerio de Agricultura (INDERENA). Bogotá, Colombia. 29 p.

Garutti, V. 1989. Híbridos de pacu e tambaqui na piscicultura. En *Tome Ciência*. 10:6-8.

- González, J.A. y B. Heredia. 1989. El Cultivo de la Cachama (*Colossoma macropomum*). FONAIAP, Estación Experimental Guárico Sub- Estación Guanapito. Maracay, Venezuela. 107 p.
- González, J.A y B. Heredia. 1993. Crecimiento de ejemplares de cachama (*Colossoma macropomum*) de primera (F1) y segunda (F2) generación con suministro de alimentos comerciales. Red Regional de Acuicultura 7: 3-5.
- Goulding, M. y M. Leal. 1982. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, *Characidae*): an important amazonian food fish. Revista. Bras. Zool. 1: 107-133.
- Govoni, J.J., Boehlert, G.W. y Watanabe, Y. 1986. The Physiology of digestion of fish larvae. Env. Biol. Fish. 16: 59-77
- Günther J. y J. Boza. 1991. Intensive rearing of juveniles of *Cichlasoma managuense* (Günther 1869) in recirculated systems. Uniciencia 8 :3-10
- Günther, J. y N. Gálvez. 1992. The effect of high rearing densities on the growth of juveniles of the cichlid, *Cichlasoma managuense* (Günther 1869).Uniciencia 9:33-39

- Günther, J. y J. Boza. 1992. Growth performance of *Colossoma macropomum* (Cuvier) juveniles at different feed rations. *Aquaculture and Fisheries Management* 23:81-93.
- Günther, J., N. Gálvez, J. Ulloa, J. Coppoolse y J. Verreth. 1992. The effect of feeding level on growth and survival of jaguar guapote (*Cichlasoma managuense*) larvae fed *Artemia* nauplii. *Aquaculture* 107: 347-358.
- Günther, J. y J. Ulloa. 1995. Growth and feed utilization of Dow cichlid (*Cichlasoma dovii*) larvae fed *Artemia* nauplii. *Rev. Biol. Trop.* 43: 271-276.
- Günther, J. 1995. El Tambaquí en Costa Rica. *Agricultura y Ganadería* 3:19.
- Herculano, L. 1980. Cultivo Experimental de tambaquí, *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818, usando 4 tipos de dietas. In: *Aquaculture Research in Latin America*. Wageningen, The Netherlands. 128-132 p.
- Hernández, A, D. Muñoz, J.A. Ferraz, R. de Fex, W. Vásquez, R. Gonzáles, R. Morales, F. Alcántara, T. M^a Luna, C. Kossowski, L. Pérez, J.A. Mora, P.J. Contreras, F. Díaz, E.M. Fadul y P. Montoya. 1992. Estado actual del cultivo de *Colossoma* y *Piaractus* en Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela. *Red Acuicultura Boletín* 6: 3-27.

- Hernández, M., T. Takeuchi y T. Watanabe. 1995. Effect of dietary sources on the utilization of protein by *Colossoma macropomum* fingerlings. *Fisheries Science* 61: 507-511.
- Hogendoorn, H. 1980. Controlled Propagation of African Catfish, *Clarias lazera* (C.&V.): III. Feeding and Growth of Fry. *Aquaculture* 21: 233-241.
- Juárez-Palacios, J.R. 1989. Avances en el Cultivo de Peces del Género *Colossoma*. FAO. Brasilia, Brasil. 220 p.
- Kestemont, P. y A. Awaïss. 1989. Larval Rearing of Gudgeon, *Gobio gobio* L., under Optimal Conditions of Feeding with the Rotifer, *Brachionus plicatilis* O.F. Müller *Aquaculture* 83: 305-318.
- Kestemont, P. y J.M. Stalmans. 1992. Inicial feeding of European minnow larvae, *Phoxinus phoxinus* L. 1. Influence of diet and feeding level. *Aquaculture* 104: 327-340.
- Kestemont, P. 1995. Influence of feed supply, temperature and body size on the growth of goldfish *Carassius auratus* larvae. *Aquaculture* 136: 341-349.
- Lovshin, L.L. 1980a. Progress Report on fisheries development in Northeast Brazil. International Center for Aquaculture, Auburn University. USA. 9-11 p.

- Lovshin, L.L. 1980b. Situación del cultivo de *Colossoma sp.* en Sur América. Rev. Lat. Acui. 5: 1-36
- Luna, T. 1987. El efecto del contenido proteico y energético en la alimentación artificial sobre el crecimiento de *Colossoma macropomum*. In: Aquaculture Research in Latin America. Wageningen, Netherlands. 133-138 p.
- Martínez, E. 1984. El Cultivo de las Especies del Género *Colossoma* en América Latina. FAO. Santiago, Chile. 36 p.
- Merola, N. 1988. Effect of three dietary protein levels on the growth of pacu, *Colossoma mitrei* Berg, in cages. Aquaculture and Fisheries Management 19: 145-150.
- Merola, N y O.A. Cantelmo. 1987. Growth, feed conversion and mortality of cage-reared tambaqui, *Colossoma macropomum*, fed various dietary regimes and protein levels. Aquaculture 66: 223-233.
- Merola, N. y J.H. de Souza. 1988a. Preliminary studies on the culture of the Pacu, *Colossoma mitrei*, in floating cages: effect of stocking density and feeding rate on growth performance. Aquaculture 68: 243-248.

- Merola, N. y J.H. de Souza. 1988b. Cage Culture of the Amazon Fish Tambaqui, *Colossoma macropomum*, at Two Stocking Densities. *Aquaculture* 71: 15-21.
- Merola, N. y F. Pagán-Font. 1988. Pond Culture of the Amazon Fish Tambaqui, *Colossoma macropomum*: A Pilot study. *Aquaculture Engineering* 7: 113-125.
- Murillo, J. 1989. Análisis del Crecimiento y Supervivencia de las Larvas de *Cichlasoma managuense*, Alimentadas con *Artemia sp.*, a Diferentes Densidades. Investigación por Tutoría, Universidad Nacional, Costa Rica. 23 p. (manuscrito).
- Oro, G. 1994. Evaluación de Dos Dietas Artificiales en Forma de Pellet Seco y en Forma de Microcápsula Húmeda para Larvas de Guapote Tigre (*Cichlasoma managuense*, Günther, 1886) Cultivadas en Laboratorio. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional, Costa Rica. 61 p.
- Pereira, F., D. Rodríguez y F. Strong. 1980. Aproveitamento e Características da gordura cavitária do tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier 1818. *Acta Amazonica* 10: 557-576.
- Roubach, R. y U. Saint-Paul. 1994. Use of fruits and seeds from Amazonian inundated forests in feeding trials with *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)(Pisces, Characidae). *J. Appl. Ichthyol.* 10: 134-140.

Saint-Paul, U. 1985. The neotropical serrasalmid *Colossoma macropomum*, a promising species for fish culture in amazonia. *Animal Research and Development* 22: 7-35.

Saint-Paul, U. 1992. Pacu: *Colossoma spp.* and *Piaractus spp.* *Seafood Leader* 85-88 p

Saldaña, R.G.B. y G. Ascori. 1987. Ensayo sobre reproducción inducida de gamitana, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) con gonadotropina coriónica humana. *Rev. Lat. Acuí.* 35:37-44.

Trecece, D.G. y M. E. Yates. 1988. Laboratory Manual for the Culture of *Penaeid* Shrimp Larvae. Marine Advisory service Sea Grant College Program Texas A&M University. U.S.A. 49-60 p.

Valencia, O., M. Del Pilar y E. Ortega. 1994. Ensayo sobre la alimentación de la cachama negra (*Colossoma macropomum*) con pescado almacenado y preservado en ácidos orgánicos e inorgánicos (Fish silage). *Boletín Científico INPA* 2: 46-59.

Van Anrooy, R. 1995. Report of the practical period in Costa Rica (January-July 1995). Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica. (Mimeografiado). 34 p.

- Van Anrooy, R., J. Günther, J. Boza y N. Gálvez. 1996. A preliminary market research about tambaqui (*Colossoma macropomum*) in Costa Rica. *Uniciencia* 13: 5-11
- Van der Meer y E. Martínez. 1993. The effect of fertilization on the growth of pond cultured *Colossoma macropomum*. En: *Actas del Simposio, Investigación Acuícola (Acuicultura y Pesca) en Centroamérica*. Programa UNA/LUW Acuicultura. Jorge Günther y Karel Kleijn editores. Heredia, Costa Rica. 53-61p
- Van der Meer, M.B., M.A.M. Machiels y M.C.J. Verdegem. 1997. The effect of dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture Research* 26: 901-909.
- Verreth, J. y H. Den Bieman. 1987. Quantitative feed requirements of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell) Larvae fed with decapsulated cysts of *Artemia*. I. The effect of temperature and feeding level. *Aquaculture* 63: 251-267.
- Woynarovich, E. 1977. *La Propagación de los Peces*. Ministerio de Agricultura y Cría. Venezuela. Informe Técnico N°72. 45 p.

