

**EVALUACIÓN DE LARVAS DE BAGRE RAYADO *Pseudoplatystoma fasciatum*
(LINNAEUS, 1766) ALIMENTADAS CON ARTEMIA ENRIQUECIDA CON L-
TIROSINA EN CONDICIONES DE LABORATORIO, UNIVERSIDAD DE NARIÑO.**

**JULY ANDREA PUPIALES GONZÁLEZ
EDISON STEVE PECILLO NUPAN**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO
2014**

**EVALUACIÓN DE LARVAS DE BAGRE RAYADO *Pseudoplatystoma fasciatum*
(LINNAEUS, 1766) ALIMENTADAS CON ARTEMIA ENRIQUECIDA CON L-
TIROSINA EN CONDICIONES DE LABORATORIO, UNIVERSIDAD DE NARIÑO.**

**JULY ANDREA PUPIALES GONZÁLEZ
EDISON STEVE PECILLO NUPAN**

**Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para
optar al título de Ingeniero en Producción Acuícola**

**Directora
RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO
Ing. en Producción Acuícola, MSc.**

**Codirector
CAMILO LENIN GUERRERO ROMERO
Ing. en Producción Acuícola**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO
2014**

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1º del Acuerdo No 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Ruth Dayana Lucero Salcedo
Ing. en Producción Acuícola, MSc
Directora

Camilo Lenin Guerrero Romero
Ing. en Producción Acuícola
Codirector

Ariel Emiro Gómez
Biólogo Marino, Esp.
Jurado delegado

Sandra Espinosa
Ing. en Producción Acuícola, Esp.
Jurado

AGRADECIMIENTO

*A la Universidad que en su agonía
Sigue formando profesionales*

DEDICATORIA

A Dios, quien supo guiarme y acompañarme, darme fuerzas para seguir adelante y enseñarme de que está hecha la buena vida.

A mis padres Ana María y Edilberto, mi hermano Jhon Jairo que han sido los pilares fundamentales en mi vida, ya que sin ellos jamás hubiese podido conseguir lo que he logrado, su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar.

A mis dos nenas, Negra y Huesitos que han sido como mis hijas y que han estado en todo momento alentándome en mis tristezas y alegrías y acompañándome en el camino de la vida.

A Félix, mi futuro esposo, compañero inseparable que ha sido el impulso durante mi carrera, le agradezco infinitamente por su comprensión, ayuda incondicional, paciencia y por su gran amor.

Y a mi gran amor María José.....

July Andrea Pupiales González.

DEDICATORIA

Infinitamente agradecido con Dios, ser supremo que iluminó mi camino para no desfallecer en las duras pruebas de la universidad, colocó a disposición sus magníficos dones, entre ellos la sabiduría, para entender, desarrollar y obtener los mejores resultados, que hoy dan gran fruto.

A mis padres, Jesús y Sonia, mi hermano Santiago, un gran apoyo y edificación en valores humanos para lograr esta meta.

A mis familiares y compañeros en la academia, en el trabajo y la comunidad, una abundante riqueza de temperamentos y culturas sociales que han contribuido en mi formación personal y profesional, para así afrontar la realidad de la manera más apropiada.

Edison Steve Pecillo Nupan

RESUMEN

Este trabajo evaluó la influencia de la adición del aminoácido L-tirosina como precursor de hormonas tiroideas, en diferentes dosis de enriquecimiento en nauplios de artemia salina en la primera alimentación de larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*). Fueron alimentadas 5 veces al día a intervalos de 4 horas, donde se pesaron y midieron a las 36 HPE, 4to, 8vo, y 12avo día del experimento, para cuantificar el desempeño de las variables supervivencia, canibalismo, incremento de peso y longitud, tasa de crecimiento específica (TCE) y análisis parcial de costos. Las dosis de enriquecimiento empleadas fueron: (T1) 0 mg de L-tirosina/L, (T2) 130 mg de L-tirosina/L, (T3) 260 mg de L-tirosina /L y (T4) 520 mg de L-tirosina/L. Se utilizaron 2.160 larvas, con peso inicial de $1,17 \pm 0,21$ mg y $6,04 \pm 0,38$ mm de longitud. La calidad de agua se mantuvo constante en el periodo experimental, realizando recambios diarios del 20%. El análisis de varianza indica que si existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables supervivencia y canibalismo, en el cual se evidenció en el T3 (260 mg de L-tirosina/L), valores de 80,93% y 5,93% respectivamente, optimizando en 1,34 la relación beneficio-costos, sin embargo las variables incremento de peso, longitud y la TCE no presentó diferencias significativas entre los tratamientos. En conclusión, los resultados señalan que el enriquecimiento de artemia con L-tirosina es una alternativa tecnológica para incrementar los volúmenes de producción de post-larvas y más adelante la oferta de alevinos en cantidad y calidad para la especie bagre rayado *P. fasciatum*.

Palabras clave: artemia, L-tirosina, larvicultura, *Pseudoplatystoma fasciatum*, hormona tiroidea.

ABSTRACT

This study evaluated the influence of the addition of the amino acid L-tyrosine as a precursor of thyroid hormones, in different doses enrichment brine shrimp nauplii at the first feeding larvae striped catfish (*Pseudoplatystoma fasciatum*). Were fed 5 times a day at intervals of 4 hours, which were weighed and measured at 36 HPE, 4th, 8th, and 12th day of the experiment, to quantify the performance of the variables: survival, cannibalism, increased weight and length, rate specific growth (TCE) and partial cost analysis. Enrichment doses employed were: (T1) 0 mg of L-tyrosine/L, (T2) 130 mg of L-tyrosine/L, (T3) 260 mg of L-tyrosine/L and (T4) 520 mg of L-tyrosine/L. 2160 larvae were used with initial body weight of 1.17 ± 0.2 mg and 6.04 ± 0.38 mm. The quality of water was kept constant during the experimental period, the water was changed in a 20% daily. The variance analysis indicated significant differences ($p < 0.05$) in the variables: survival and cannibalism, where T3 was evident (260 mg of L-tyrosine/L) values of 80.93 % and 5.93 % respectively, 1.34 optimizing the benefit-cost ratio, however the variables weight gain, length and TCE did not evidence significant differences between treatments. The results indicate that the enrichment of Artemia with tyrosine is a technological alternative to increase production volumes of post-larvae and later fingerlings supply in quantity and quality for *P. fasciatum*.

Keywords: artemia, L- tyrosine, larviculture, *Pseudoplatystoma fasciatum*, thyroid hormone.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 20 |
| 2. OBJETIVOS..... | 23 |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL | 23 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 23 |
| 3. MARCO REFERENCIAL..... | 24 |
| 3.1. GENERALIDADES DE LA ESPECIE | 24 |
| 3.1.1. Distribución geográfica y hábitat..... | 25 |
| 3.1.2. Hábitos alimenticios en medio natural | 25 |
| 3.1.3. Calidad de agua | 26 |
| 3.2. LARVICULTURA..... | 31 |
| 3.3. CANIBALISMO..... | 36 |
| 3.3.1. Clasificación del canibalismo en peces | 37 |
| 3.3.2. Factores intraespecíficos que influyen en el canibalismo | 39 |
| 3.3.3. Control de canibalismo..... | 41 |
| 3.4. ARTEMIA (<i>Artemia</i> sp)..... | 41 |
| 3.4.1. Bioencapsulación de Artemia | 43 |
| 3.4.2. Importancia nutricional del alimento vivo..... | 44 |
| 3.5. NUTRICIÓN DE PECES CARNÍVOROS..... | 45 |
| 3.6. PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS | 47 |
| 3.6.1. Tirosina..... | 47 |
| 3.7. GLÁNDULA TIROIDEA | 51 |
| 3.7.1. Transporte de las Hormonas Tiroideas (TH) | 54 |
| 3.7.2. Desyodación | 55 |
| 3.7.3. Hormonas tiroideas en piscicultura..... | 55 |
| 3.7.4. L-tirosina en piscicultura..... | 57 |
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS | 58 |
| 4.1. LOCALIZACIÓN | 58 |
| 4.2. INSTALACIONES..... | 58 |

| | |
|--|----|
| 4.2.1. Sistema eléctrico y termostatos..... | 58 |
| 4.2.2. Sistema de aireación..... | 59 |
| 4.3. EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS..... | 59 |
| 4.4. MATERIAL BIOLÓGICO | 60 |
| 4.5. PERIODO DE ESTUDIO..... | 61 |
| 4.6. PLAN DE MANEJO | 61 |
| 4.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 65 |
| 4.7.1. Tratamientos | 66 |
| 4.7.2. Formulación de hipótesis..... | 66 |
| 4.7.3. Variables evaluadas | 66 |
| 5. RESULTADOS..... | 69 |
| 5.1. PESO..... | 69 |
| 5.2. INCREMENTO DE PESO (IP)..... | 69 |
| 5.3. TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (TCE) | 71 |
| 5.4. LONGITUD..... | 72 |
| 5.5. INCREMENTO DE LONGITUD (IL)..... | 73 |
| 5.6. SUPERVIVENCIA | 74 |
| 5.6.1. Mortalidad no atribuida al canibalismo..... | 74 |
| 5.7. CANIBALISMO..... | 75 |
| 5.8. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA | 76 |
| 5.8.1. Temperatura (T°)..... | 76 |
| 5.8.2. Oxígeno Disuelto (OD) | 77 |
| 5.8.3. Potencial de hidrogeno (pH)..... | 77 |
| 5.8.4. Amonio (NH ₄ ⁺)..... | 78 |
| 5.8.5. Nitritos (NO ₂ ⁻) | 78 |
| 5.8.6. Nitratos (NO ₃ ⁻)..... | 78 |
| 5.8.7. Dureza | 79 |
| 5.8.8. Sólidos suspendidos totales (SST)..... | 79 |
| 5.8.9. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO ₅) | 80 |
| 5.8.10. Demanda química de oxígeno (DQO) | 80 |
| 5.9. ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS | 81 |

| | | |
|------|---|-----|
| 6. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 83 |
| 6.1. | INCREMENTO DE PESO | 83 |
| 6.2. | TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO..... | 86 |
| 6.3. | INCREMENTO DE LONGITUD | 87 |
| 6.4. | SUPERVIVENCIA | 89 |
| 6.5. | CANIBALISMO..... | 90 |
| 6.6. | PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA | 92 |
| 6.7. | ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS | 94 |
| 7. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 96 |
| 7.1. | CONCLUSIONES..... | 96 |
| 7.2. | RECOMENDACIONES | 96 |
| 8. | BIBLIOGRAFÍA | 97 |
| 9. | ANEXOS | 109 |

LISTA DE CUADROS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Cuadro 1. Valores de DBO_5 para el uso del agua en la piscicultura..... | 30 |
| Cuadro 2. Categorías para la clasificación del canibalismo en peces | 38 |
| Cuadro 3. Efecto en la supervivencia y crecimiento por la administración de TH en algunas etapas del desarrollo de peces..... | 56 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1. Clasificación de aguas de acuerdo a la concentración de sólidos en suspensión..... | 31 |
| Tabla 2. Valores de proteína bruta y aminoácidos en el tejido muscular de bagre (<i>P. coruscans</i>)..... | 46 |
| Tabla 3. Cantidad de nauplios para la alimentación de larvas de bagre rayado (<i>P. fasciatum</i>)..... | 62 |
| Tabla 4. Peso de larvas de <i>P. fasciatum</i> (mg) durante el periodo experimental. | 69 |
| Tabla 5. Valores promedio de la TCE (%) en larvas de <i>P. fasciatum</i> | 71 |
| Tabla 6. Longitud de larvas de <i>P. fasciatum</i> durante el periodo experimental.... | 72 |
| Tabla 7. Monitoreo de parámetros físico-químicos promedio del agua durante la evaluación de larvas de bagre rayado alimentados con artemia enriquecida con L-tirosina y sin enriquecer. | 76 |
| Tabla 8. Dosis de hormona para la inducción a la reproducción de bagre | 109 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Ejemplar de bagre rayado <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> | 24 |
| Figura 2. Causas y efectos de la variación del tamaño en la larvicultura. | 37 |
| Figura 3. Absorción de aminoácidos hacia los vasos sanguíneos..... | 49 |
| Figura 4. Esquema de las interrelaciones entre las glándulas endocrinas de los peces..... | 50 |
| Figura 5. Representación esquemática de la localización de las glándulas endocrinas en los peces teleósteos. | 52 |
| Figura 6. Síntesis de las hormonas tiroideas, vista en una célula folicular tiroidea individual. | 54 |
| Figura 7. Localización geográfica de la Universidad de Nariño. | 58 |
| Figura 8. Instalaciones para la evaluación de larvas de bagre rayado alimentadas con artemia enriquecida con tirosina. | 59 |
| Figura 9. Preparación de nauplios de artemia..... | 63 |
| Figura 10. Preparación de L-tirosina. | 63 |
| Figura 11. Protocolo de enriquecimiento de artemia con L-tirosina..... | 64 |
| Figura 12. Incremento de peso (mg) por periodo. | 70 |
| Figura 13. Incremento de peso (mg) total. | 70 |
| Figura 14. Tasa de crecimiento específico (%). | 71 |
| Figura 15. Diagrama de caja para tasa de crecimiento específico (%). | 72 |
| Figura 16. Incremento de longitud por periodo (mm) | 73 |
| Figura 17. Diagrama de caja para incremento de longitud (mm)..... | 73 |
| Figura 18. Porcentaje de supervivencia por tratamiento. | 74 |
| Figura 19. Mortalidad no atribuida a canibalismo (%) | 75 |
| Figura 20. Canibalismo (%) en larvas de bagre rayado <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> | 75 |
| Figura 21. Curva de temperatura (°C) promedio diaria por tratamiento..... | 76 |
| Figura 22. Curva de oxígeno disuelto (mg/L) promedio diaria por tratamiento. .. | 77 |
| Figura 23. Curva de pH promedio diaria por tratamiento..... | 77 |
| Figura 24. Curva de nitritos (mg/L) por tratamiento..... | 78 |
| Figura 25. Curva de nitratos (mg/L) por tratamiento..... | 79 |

| | |
|---|----|
| Figura 26. Curva de dureza (mg/L) por tratamiento. | 79 |
| Figura 27. Curva de sólidos suspendidos por tratamiento. | 80 |
| Figura 28. Curva de DBO ₅ (mg/L) por tratamiento. | 80 |
| Figura 29. Curva de DQO (mg/L) por tratamiento. | 81 |
| Figura 30. Relación beneficio – costo. | 81 |
| Figura 31. Costos de producción. | 82 |

LISTA ANEXOS

| | Pág. |
|---|------|
| Anexo A. Reproducción inducida de bagre rayado (<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>). | 109 |
| Anexo B. Supuestos estadísticos para las variables evaluadas. | 111 |
| Anexo C. Incremento de peso (mg) de larvas de bagre rayado <i>P. fasciatum</i> | 112 |
| Anexo D. Tabla ANOVA tasa crecimiento específico. | 112 |
| Anexo E. Tabla ANOVA para incremento de peso. | 112 |
| Anexo F. Incremento de longitud de larvas de bagre rayado <i>P. fasciatum</i> | 112 |
| Anexo G. Tabla ANOVA para incremento de longitud. | 113 |
| Anexo H. Prueba de Brand-Snedecor para supervivencia. | 113 |
| Anexo I. Prueba de Brand-Snedecor para mortalidad. | 113 |
| Anexo J. Prueba de Brand-Snedecor para canibalismo. | 114 |
| Anexo K. Tabla ANOVA para temperatura promedio. | 114 |
| Anexo L. Registro de temperatura promedio diaria. | 115 |
| Anexo M. Tabla ANOVA para oxígeno promedio. | 115 |
| Anexo N. Registro de oxígeno promedio diario. | 116 |
| Anexo O. Tabla ANOVA para pH promedio. | 116 |
| Anexo P. Registro de pH promedio diario. | 117 |
| Anexo Q. Registro de nitritos. | 117 |
| Anexo R. Registro de nitratos. | 118 |
| Anexo S. Registro de dureza. | 118 |
| Anexo T. Registro de sólidos suspendidos totales. | 118 |
| Anexo U. Registro de DBO ₅ | 119 |
| Anexo V. Registro de DQO. | 119 |
| Anexo W. Costos totales de la evaluación del aminoácido L-tirosina en larvas de bagre rayado. | 119 |
| Anexo X. Valores de parámetros físico-químicos del agua manejados en el género <i>Pseudoplatystoma</i> , según varios autores. | 120 |

GLOSARIO

BAGRE RAYADO: especie íctica nativa en Colombia, promisorio para la acuicultura continental, pertenece a la familia Pimelodidae como un gran exponente de los grandes bagres.

BIOENCAPSULACIÓN: Es el proceso mediante el cual un organismo vivo es utilizado como vector o transmisor de tratamientos químicos, ácidos grasos, vitaminas, aminoácidos, microorganismos probióticos a determinado estadio de animales acuáticos.

CANIBALISMO: tipo especial de predación que consiste en matar a un individuo de la misma especie para consumirlo parcial o totalmente.

ENRIQUECIMIENTO: metodología empleada para obtención de biocápsulas.

ESPECIE NATIVA: individuo propio del espacio donde se encuentra distribuido de modo natural, sin intervención humana, también denominada autóctona.

HORMONA TIROIDEA (TH): sustancia proteica secretada por la glándula tiroidea, responsable del crecimiento, diferenciación celular, metabolismo energético, la reproducción, migración, osmorregulación, desarrollo y maduración del sistema nervioso central.

HORMONA LIBERADORA DE TIROTROPINA (TRH): hormona peptídica, producida en el hipotálamo, que estimula la producción de TSH.

HORMONA ESTIMULADORA DE LA GLÁNDULA TIROIDES (TSH): es una hormona producida por la hipófisis que regula la producción de hormonas tiroideas

LARVA: en peces es un estadio de vida con desarrollo indirecto, presenta anatomía y fisiología inmadura respecto a sus progenitores, además su ecología es diferente a la de un ejemplar adulto.

LARVA ALTRICIAL: larva con desarrollo tardío del estómago, glándulas gástricas y demás órganos digestivos.

L-TIROSINA: aminoácido importante para la síntesis de la hormona tiroidea, contribuye a la construcción del esqueleto de carbono en la molécula de las yodotironinas, así como de la melanina y las catecolaminas.

PRIMERA ALIMENTACIÓN: Es el primer instante, en el cual una larva de un pez, captura e ingiere el alimento suministrado de acuerdo al tamaño de su abertura bucal, para suplir sus requerimientos nutricionales.

TETRAYODOTIRONINA: principal hormona secretada por la glándula tiroides, también llamada tiroxina o T4, contiene cuatro átomos de yodo en su molécula, a partir de ella se produce la hormona triyodotironina o T3.

TIROIDES: órgano endocrino especializado y único en poseer la maquinaria enzimática y la organización anatómica para sintetizar y almacenar hormonas tiroideas.

TIROGLOBULINAS: glucoproteína rica en el aminoácido L-tirosina.

TRİYODOTIRONINA: hormona tiroidea biológicamente activa, comúnmente llamada T3, contiene tres átomos de yodo en su molécula.

YODOTIRONINAS: hormonas tiroideas, corresponden a derivados yodados del aminoácido L-Tirosina, entre ellas tenemos la tetrayodotironina y la triyodotironina.

INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial demanda una gran cantidad de productos alimenticios disponibles entre ellos el pescado, producto que garantiza altos porcentajes proteicos y grandes beneficios para la salud humana. Esto ha causado una gran presión sobre dichos recursos y ha puesto en peligro el abastecimiento futuro, deteriorando paulatinamente la biomasa en los ecosistemas acuáticos¹. La acuicultura surge entonces como una alternativa actualmente en gran auge desde el año 1980 al 2010 a un ritmo del 8,8% anual, alcanzando los 59,9 millones de toneladas².

De acuerdo con Quintero³, la indiscutible riqueza íctica de la cuenca amazónica provee de proteína de origen animal a los pobladores de la región, estas especies se encuentran en etapas tempranas de desarrollo tecnológico, entre ella el bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum*, la cual es una de las especies nativas amazónicas con amplia aceptación de su carne en el mercado de Colombia, Venezuela y Brasil, además por su atractivo dentro del mundo de la acuariofilia es comercializada como ornamental⁴.

El bagre rayado *P. fasciatum* según Mojica⁵, es una especie altamente promisorio para la acuicultura, sin embargo presenta dos problemas que comprometen su conservación; en primer lugar está la gran presión de pesca que recibe en Colombia, lo que ha llevado a declararla por el Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible⁶ y de acuerdo a Ajiaco *et al.*⁷, en el libro rojo de peces dulceacuícolas

¹ G.R. Juan. El excesivo crecimiento de la población mundial amenaza su sostenibilidad. En: Agua y Riego. España. Vol. 2, No.1. 2011. p. 1.

² ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. El estado mundial de la pesca y acuicultura 2012. Informe del grupo científico del departamento de pesca y acuicultura de la FAO. Roma, 2012. p. 28.

³ QUINTERO PINTO, Luis Gabriel. Especies ícticas amazónicas promisorias para la acuicultura nacional. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2003. p. 2.

⁴ PINZÓN ARCINIEGAS, S. M., MOJICA RODRÍGUEZ, J. E., y CRUZ CASALLAS, P E. Ensayos preliminares sobre crioconservación de semen de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum* Linnaeus, 1766). En: Orinoquia, Colombia: Villavicencio. Octubre, 2005. Vol. 9, No. 002. p. 29.

⁵ MOJICA BENITEZ, Hermes Orlando, RODRÍGUEZ PULIDO, José Ariel y OROZCO ZAPATA, Carlos Robinson. Manual de reproducción y cultivo: El bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum*. INPA-PRONATTA. Villavicencio, 2003. p. 5.

⁶ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución Número 2210 (8 de noviembre de 2010). Por la cual se corrige la Resolución No. 383 de 2010, que declara las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2010. p. 1.

con categoría en peligro (EN) a nivel nacional y en riesgo crítico (CR) a nivel de la cuenca del Magdalena con la especie *Pseudoplatystoma magdaleniatum*, las cifras son preocupantes puesto que de las 15.960 toneladas que se extraían en 1977, se reportan en el año 2008 sólo 839 toneladas⁸. Según Kossowski⁹, en segundo lugar se encuentra el alto índice de mortalidad observado en la fase de larvicultura, que se debe principalmente al canibalismo fraternal e intracohorte. Según Atencio y Zaniboni-Filho¹⁰, este comportamiento esta favorecido por la heterogeneidad en las tasas de crecimiento, la inadecuada alimentación y altas densidades poblacionales; además Hey, Hutchison, Iwata, Gavlik y Urbinati autores de diferentes épocas citados por Hoshiba¹¹, asocian el comportamiento agresivo y el canibalismo de muchas especies de peces con las hormonas tiroideas, las cuales se encuentran involucradas en el avanzado desarrollo, la metamorfosis y la supervivencia de larvas.

El mismo autor¹², sostiene, que el uso de hormonas en la producción animal se encuentra restringido a nivel mundial, por los efectos negativos que pueden reflejarse en el medio ambiente y los consumidores, es por ello que el enriquecimiento de alimentos vivos como la artemia y las raciones alimenticias con aminoácidos como la L-tirosina pueden ser una manera de estimular la producción de hormonas tiroideas en larvas. Schreiber y Specker citados por Hoshiba¹³, aseguran que el estudio de los aminoácidos es importante en la larvicultura, porque los cambios morfológicos que se producen en el desarrollo temprano y la metamorfosis de los peces requieren la formación de tejidos, un proceso en el que los aminoácidos son de gran importancia.

⁷ AJIACO MARTÍNEZ, Rosa Elena, RAMÍREZ GIL, Hernando y LASSO, Carlos A. *Pseudoplatystoma* sp. En: MOJICA, José Iván, USMA OVIEDO, José Saul, ÁLVAREZ LEÓN Ricardo y LASSO León A. 2012. Libro rojo de peces dulce acuícolas de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales Bogotá, D.C., Colombia, p. 165.

⁸ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Veda para peces ornamentales, de consumo y bagre pintado o rayado (online). Colombia, 30 de abril 2009, (fecha de consulta: 10 de Febrero de 2012). Disponible en internet: <http://www.ica.gov.co/Noticias/Pesca-y-Acuicultura/2009/Veda-para-peces-ornamentales,-de-consumo-y-bagre-p.aspx>.

⁹ KOSSOWSKI, Christophe. Perspectives de L'élevage des poissons-chats (Siluroidei) en Amérique du Sud. En: *Aquat. Living Resour.* Junio, 1996. Vol. 9. p. 190.

¹⁰ ATENCIO GARCÍA, Víctor y ZANIBONI FILHO, Evoy. El canibalismo en la larvicultura de peces. En: *Revista MVZ Córdoba.* Enero-junio, 2006. Vol. 11. Suplemento 1. p. 9.

¹¹ HOSHIBA, Marcio Aquio. Enriquecimento da alimentação das larvas de matrinxã (*Brycon amazonicus*) com aminoácidos. Influência no crescimento inicial e sobrevivência das larvas. Trabalho de Grado Mestre em Zootecnia. Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Programa de Zootecnia. 2007. p. 30.

¹² *Ibid.*, p.30

¹³ *Ibid.*, p.31

Esta investigación, propone el desarrollo de la técnica de enriquecimiento de artemia con el fin de ofertar alevinos de la especie bagre rayado en cantidad y calidad para su conservación y producción. Por lo anterior, se evaluó el efecto del aminoácido L-tirosina en la primera alimentación de *Pseudoplatystoma fasciatum*, en el laboratorio de Fisiología y productividad primaria del Departamento de Recursos Hidrobiológicos, Universidad de Nariño.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del aminoácido L-tirosina en la primera alimentación de *Pseudoplatystoma fasciatum*, en condiciones de laboratorio.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el incremento periódico de peso, longitud y tasa de crecimiento específico.
- Cuantificar el porcentaje de canibalismo y supervivencia obtenida en cada tratamiento.
- Realizar un análisis parcial de costos.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. GENERALIDADES DE LA ESPECIE

Según Lamus & Beltrán citados por Contreras y Contreras¹⁴, el bagre rayado (figura 1) es una especie íctica perteneciente a la familia Pimelodidae del orden Siluriformes, habita en la ciénagas del plano inundable del río Magdalena y en los afluentes de las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco, los cuales abandonan éste territorio al terminar las épocas de lluvia e inician la migración hacia los sitios de cría en las corrientes del río.

Para Welcomme citado por Contreras y Contreras¹⁵, estas migraciones río arriba son emprendidas bajo el fuerte estímulo fisiológico asociado con la reproducción y probablemente son por lo general rápidas en comparación con el retorno que es más lento, con desviaciones para alimentación y descanso durante el trayecto. Dichas migraciones contribuyen significativamente en las pesquerías de la hidrografía Colombiana, debido a que ésta especie es considerada de alto valor comercial.

Figura 1. Ejemplar de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum*.



¹⁴ CONTRERAS CASTRO, Pedro Julián y CONTRERAS CASTRO, Jorge. Desarrollo embrionario y larval de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) Proyecto estación piscícola San Silvestre. En: Inderena, Barrancabermeja. 1989. p. 27.

¹⁵ Ibid., p. 27

Según Linnaeus citado por FishBase¹⁶, la clasificación taxonómica del bagre rayado es:

Reino: Animalia.
Filo: Chordata.
Superclase: Osteichthyes.
Clase: Actinopterygii.
Orden: Siluriformes.
Familia: Pimelodidae.
Género: Pseudoplatystoma.
Especie: *Pseudoplatystoma fasciatum*.

2.1.1. Distribución geográfica y hábitat. Buitrago citado por Ibarra y Ortega¹⁷, afirma que el bagre rayado se distribuye en las cuencas del Amazonas, Orinoco, Paraná y en los ríos de la región de las Guayanas, San Francisco y Magdalena. Es autóctono de países como Venezuela, Colombia, Brasil, Guayanas, Perú, Paraguay y Uruguay.

Según Cortés¹⁸, en Colombia habita en la cuenca del río Magdalena, Amazonas y Orinoco, excepto en el Bajo Magdalena zona del canal del dique puesto que no tolera aguas salobres. El mismo autor¹⁹, sostiene que vive en el canal de los grandes ríos, várzeas y bosques inundados, lagunas y ciénagas, prefieren los sitios protegidos por troncos, ramas sumergidas o vegetación acuática, encontrándose en mayor frecuencia en los caños y lagunas sombreadas.

2.1.2. Hábitos alimenticios en medio natural. De acuerdo con Salinas *et al.*,²⁰, el bagre rayado *P. fasciatum*, posee boca amplia y sub-terminal con almohadillas

¹⁶ FROESE, R. & PAULY, D. Editors. 2011. *Pseudoplatystoma fasciatum* - Barred sorubim. Fish Base Org. Disponible en internet: <http://www.fishbase.org/summary/Pseudoplatystoma-fasciatum.html>.

¹⁷ IBARRA VALLEJO, Guillermo Alexander y ORTEGA ORTEGA, Nixon Riquer. Evaluación del potencial acuícola de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) a diferentes densidades de siembra, en el centro experimental amazónico (CEA) Mocoa departamento del Putumayo. Trabajo de grado Ingeniero en Producción Acuícola. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. 2008. p. 28.

¹⁸ CORTÉS MILLÁN, Gilberto Augusto. Guía para el manejo, cría y conservación del bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2003. (serie ciencia y tecnología, N° 125). p. 7.

¹⁹ *Ibid.*, p. 7.

²⁰ SALINAS, C. Y., CÓRDOBA, E., ALONSO, J. C., PRIETO, E. F. y BONILLA, O. Catálogo de la biodiversidad de Colombia: *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). 15 de junio 2007, (fecha de consulta: 14 septiembre 2011). Disponible en internet en: <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do?idBuscar=603&method=displayAAT>.

grandes de dientes filiformes sobre el vómer y los palatinos, esófago amplio de paredes gruesas y dilatables, estómago en forma de “J” con fondo grande expansible de gran capacidad de almacenamiento donde es macerado el alimento, además de poseer un intestino cortó y sus barbillones bien desarrollados funcionan como detectores de presas. Su dieta se compone en un 99% de peces vivos y/o camarones, captura presas con tallas que alcanzan hasta el 30% de su longitud estándar. Los juveniles complementan su dieta con la captura de insectos acuáticos en el medio natural. “La especie además puede incluir miembros de su mismo género en su dieta”²¹.

Reid citado por Guarnizo²², considera que los miembros del género *Pseudoplatystoma* son animales que se alimentan durante la noche; sin embargo se ha demostrado que *P. fasciatum* está activo y caza durante el día, especialmente en la mañana. Las observaciones realizadas por el mismo autor, han demostrado que es un depredador activo, que busca su presa desplazándose y probando los alrededores con sus largas barbillas, además de tener ojos notablemente más activos que muchos de los demás bagres. A pesar de ser peces de substrato no se limitan a él, pues también se le puede encontrar alimentándose en otros niveles de la columna de agua.

2.1.3. Calidad de agua.

2.1.3.1. Temperatura. “Es un factor determinante en la acuicultura de especies cálidas, debido a que determina el ritmo de crecimiento, pues los procesos bioquímicos en la fisiología de los animales se aceleran con el aumento de está”²³. De acuerdo a Campos y Kubitzka citado por Ibarra y Ortega²⁴, el bagre rayado tiene una buena respuesta alimentaria observada a los 28°C. Con temperaturas de 36 y 15°C el consumo del alimento desaparece y con temperaturas de alrededor de los 20°C, el consumo de alimento se reduce drásticamente. Por otra parte Lima citado

²¹ GUARNIZO PINEDA, Melissa. Caracterización seminal y ensayos preliminares de crioconservación de semen de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum* – Linnaeus 1766). Trabajo de grado presentado para optar al título de zootecnista. Palmira. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias agropecuarias, Departamento de Producción Animal. 2007. p. 30.

²² Ibid. p. 30.

²³ WEDLER, Eberhard. Introducción en la acuicultura: con énfasis en el neotrópico. Santa Marta: biblioteca jurídica. 1998. p. 266.

²⁴ IBARRA y ORTEGA. Op. cit., p. 44.

por Tallarico²⁵, observó que los peces del género *Pseudoplatystoma* crecieron más a 27°C que los tratamientos de 24 y 30°C.

2.1.3.2. Oxígeno disuelto. “Es uno de los parámetros más importantes en cualquier producción, el cual en un déficit del nivel óptimo reduce el apetito de los animales y la digestión de las proteínas disminuyendo el crecimiento”²⁶. Cortés²⁷, señalan que para el bagre rayado el nivel mínimo de oxígeno es de 3 ppm, quien coincide con lo reportado por Colt *et al.* citados por Tallarico²⁸, quienes afirman que concentraciones entre 3 a 3,5 mg/L son aceptables para especies de aguas cálidas. Campos y Kubitzka citados por Ibarra y Ortega²⁹, mencionan que la especie tolera niveles de oxígeno disuelto de entre 0,5 y 1,0 mg/L durante breves periodos, pero con evidentes señales de estrés (los peces permanecen inmóviles en los bordes del estanque). Valores entre 4,5 a 7,6 mg/L han sido mantenidos en jaulas flotantes para el cultivo del híbrido *Pseudoplatystoma* con cargas iniciales de 33 Kg/m³ y 48 Kg/m³ al finalizar el periodo de cultivo³⁰.

2.1.3.3. Potencial de Hidrogeno (pH). Es el factor de intensidad o acidez: $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ ³¹. De acuerdo a Cortés³², los rangos óptimos adecuados para el bagre rayado están entre los 6,5 y 8,5. Se han reportado rangos de pH entre 6,9 a 7,2 en cultivos del híbrido *Pseudoplatystoma*, manejando densidad promedio de 75 peces/m³ en jaulas de 22,5 m³ de capacidad³³.

2.1.3.4. Amonio (NH₄⁺). La etapa inorgánica inicial en el proceso de la nitrificación es el amonio, por ende la presencia de este compuesto en concentraciones altas indica contaminación por materia orgánica, bacterias y

²⁵TALLARICO DE MIRANDA, Mario Olindo. Cultivo de surubim pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) e híbrido (*P. reticulatum* X *P. coruscans*) em sistema de recirculação de agua. São Carlos, 2012, p. 90. Trabalho de grado para optar al titulo de Doutorem Ciências. Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais.

²⁶ WEDLER, Op. cit., p. 266.

²⁷ CORTÉS, Op. cit., p. 12.

²⁸ TALLARICO, Op. cit., p. 51

²⁹ IBARRA y ORTEGA, Op. cit., p. 45.

³⁰ COELHO, Silvio. Produção intensiva de surubins híbridos em gaiolas: estudos de caso. Piracicaba, 2005, p. 32. Trabalho de grado para optar al titulo de Doutor em Agronomia. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

³¹ CÁRDENAS, Gloria. Guía de laboratorio calidad de agua para acuicultura I: Métodos adaptados de los "Métodos Normatizados para el análisis de aguas potables y residuales" 17 Edición de la APHA, AWWA y WPCF, 1998. y de las guías de laboratorio de la Universidad del Valle. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 2009. p. 7.

³² CORTÉS, Op. cit., p. 12.

³³ COELHO, Op. cit., p. 32.

déficit de oxígeno. Para Cortés³⁴, los niveles de amonio deben ser menores de 2 ppm. A nivel investigativo, Prieto *et al*³⁵, reportan valores promedio de 0,07 mg/L en bagre blanco (*Sorubim cuspicaudus*).

Para juveniles de híbridos de *Pseudoplatystoma*, se han alcanzado valores de 0,49 mg/L de amonio en sistemas de recirculación, similares resultados también fueron manejados por Kubitzka *et al* citados por Tallarico³⁶, con magnitud de 0,6 mg/L en alevinos de bagre rayado durante un proyecto comercial en Mato Grosso do Sul-Brasil.

2.1.3.5. Nitrito (NO²⁻). Es un parámetro de vital cuidado por su gran toxicidad y por ser un poderoso agente contaminante. Concentraciones límite máximas de 1,62 mg/L se han encontrado por Twarowska *et al* citados por Tallarico³⁷, en sistemas comerciales para crianza de tilapia. Por otra parte niveles de hasta 0,396 mg/L se han manejado en la producción de *P. coruscans* en sistemas cerrados³⁸. Ensayos realizados por Marciales *et al*³⁹, manifiestan niveles entre 0,04 a 0,1 mg/L evaluando post-larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma sp.*) y yaque (*Leiarius marmoratus*) consumiendo una dieta seca.

2.1.3.6. Nitrato (NO³⁻). Este compuesto no es tóxico en concentraciones bajas, sin embargo en condiciones anóxicas puede ser reducido al venenoso nitrito⁴⁰. Bautista *et al*⁴¹, recomiendan niveles entre 0 y 40 ppm los cuales son seguros para los peces. En los sistemas de recirculación los nitratos han sido de gran preocupación debido a la continua reutilización del agua, dichos compuestos se acumulan en el sistema, de esta forma se han observado valores de 79,8 mg/L en el levante de *P. coruscans* reportados por Tallarico⁴². En condiciones

³⁴ CORTÉS, Op. cit., p. 12.

³⁵ PRIETO, Martha. HERNANDEZ, Jhiry. GOMEZ, Catalino. PARDO, Sandra. ATENCIO, Victor. PRISCILA, Rosa. Efecto de tres tipos de presas vivas en la larvicultura de bagre blanco (*Sorubim cuspicaudus*). En: Revista MVZ Córdoba. No. 18 (3) (Feb., 2013); p. 3793.

³⁶ TALLARICO. Op. cit., p. 59

³⁷ TALLARICO. Op. cit., p.60.

³⁸ Ibid., p. 60

³⁹ MARCIALES CARO, Lili J., CRUZ CASALLAS, Nubia E., DÍAZ OLARTE, John J., MEDINA ROBLES, Víctor M., y CRUZ CASALLAS, Pablo E. Crecimiento y sobrevivencia de post-larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma sp.*) y yaque (*Leiarius marmoratus*) consumiendo una dieta seca. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 24. 2011. p. 183.

⁴⁰ WEDLER, Op. cit. p. 164

⁴¹ BAUTISTA COVARRUBIAS, Juan Carlos y VELAZCO ARCE, Javier Marcial de Jesús Ruiz. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. En: Revista Fuente. Julio - Septiembre 2011. Año 3 No. 8. p.12. ISBN: 2007 – 0713

⁴² TALLARICO. Op. cit., p. 61

experimentales, Marciales *et al*⁴³, utilizando post-larvas de bagre rayado y yaque obtuvo en promedio 56,2 mg/L de nitrato.

2.1.3.7. Dureza. La dureza total está formada por la totalidad de los iones alcalinotérreos como el calcio, magnesio, según la cantidad disuelta en el agua puede ser más dura o blanda⁴⁴. Cortés⁴⁵, mencionan que el nivel mínimo debe ser de 20 ppm, que coincide con Campos citado por Rodrighero⁴⁶, quien recomienda una concentración superior o igual a 20 mg/L de CaCO₃/L para especies acuícolas. De igual manera durante el entrenamiento alimentario de híbridos de *Pseudoplatystoma* se han mantenido valores de 39,65 mg/L de acuerdo con Rodrighero⁴⁷. Según Landines⁴⁸ y Guerra *et al*⁴⁹, el género *Pseudoplatystoma* no presentó anomalías fisiológicas con niveles promedio de 13,3 mg/L y 4,75 mg/L respectivamente en las unidades experimentales.

2.1.3.8. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅). Es la medida de la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias para la estabilización de la materia orgánica, en condiciones aeróbicas⁵⁰. En concentraciones mayores a 10 mg/L de DBO₅, aumenta el factor de conversión alimenticia en los peces, lo cual hay que compensar con más alimento y esto a su vez acelera la contaminación en el cultivo⁵¹ (cuadro 1).

⁴³ MARCIALES *et al* (2011). p. 183

⁴⁴ WEDLER, Op. cit., p. 51.

⁴⁵ CORTÉS, Op. cit., p.12.

⁴⁶ RODRIGHERO, Cláudia. Treinamento alimentar de juvenis de surubim híbrido. Florianópolis 2011, p. 35. Trabalho de grado: Engenharia de Aquicultura. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Aquicultura.

⁴⁷ Ibid., p. 23.

⁴⁸ LANDINES PARRA, Miguel Angel. Efeito da triiodotironina (T3) no desenvolvimento embrionário e no desempenho das larvas de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), piraicanjuba (*Brycon orbignyanus*) e dourado (*Salminus maxillosus*). Op. Cit. p. 46.

⁴⁹ GUERRA GRANDEZ, Franco, LOZANO ANCANI, Fabiola, GARCÍA DÁVILA, Carmen, RODRÍGUEZ CHU, Luciano, CUBAS GUERRA, Rosana, PANDURO TAFUR, David y CHU KOO, Fred. Efecto de tres frecuencias de alimentación en el crecimiento, utilización de alimento y sobrevivencia de juveniles de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). Op. Cit. p. 84.

⁵⁰ CÁRDENAS. Op. Cit., p. 53.

⁵¹ WEDLER, Op. cit., p. 95.

Cuadro 1. Valores de DBO₅ para el uso del agua en la piscicultura.

| DBO ₅ en mg/L | Consecuencias para la piscicultura |
|--------------------------|--|
| 0-4 | Condiciones óptimas |
| 4-10 | Un impacto con aguas negras puede poner en peligro el cultivo por la posibilidad del enorme gasto de oxígeno |
| >10 | Sirve como medio de cultivo solamente después de un tratamiento |

Fuente: Eberhard. Introducción en la acuicultura con énfasis en los neotrópicos. Santa Marta, Colombia. 1ra edición. 1998. Biblioteca jurídica. P. 95. ISBN: 958-96207-4-4.

En casos de contaminación extrema la demanda biológica de oxígeno (DBO₅) sube de su valor normal (1 a 4 mg/L de oxígeno) hasta 300 - 400 mg/L, sustrayendo todo el oxígeno en el sistema y los organismos acuáticos mueren⁵².

En la ejecución del plan de ordenamiento y manejo de la microcuenca Guanayas-Upín del Meta (Colombia), se realizó el monitoreo de este parámetro y se encontró especímenes del genero *Pseudoplatystoma* a niveles entre 16 a 74 mg/L⁵³.

2.1.3.9. Demanda Química de Oxígeno (DQO). Se define como el oxígeno equivalente a la cantidad de materia orgánica oxidable por el dicromato de potasio en una solución fuertemente acida, y determina la cantidad de materia orgánica total biodegradable y no biodegradable⁵⁴.

Los observatorios ambientales urbanos de Bogotá, afirman que a nivel internacional el valor de la DQO debe ser de 20 mg/L⁵⁵ y Auró de Ocampo *et al*⁵⁶, recomienda que los rangos establecidos como seguros para la piscicultura y el ambiente acuático deben ser menores a 30 mg/L. Estudios realizados en el río Ariari, del Meta (Colombia), donde habitan ejemplares del género *Pseudoplatystoma* determinaron valores de DQO menores a 126 mg/L⁵⁷.

⁵² *Ibíd.*, p. 87.

⁵³ CARVAJAL., Lyndon., ARIZA, Luz., ORTIZ, Fernando. Formulación del plan de ordenación y manejo de la microcuenca Guanayas. UPIN. *En:* Revista Colombia Forestal. No. 18, vol. 9. (Nov., 2005); p. 114.

⁵⁴ CÁRDENAS, Op. Cit., p. 59.

⁵⁵ OAU. Observatorios Ambientales Urbanos. Concentración de DQO (demanda química de oxígeno) en las masas de agua [online]. Bogotá. 2000. (citado 4 agosto 2013). Disponible en internet: <http://oau.colnodo.apc.org/nivel3.php?indicador=DQO&observ=2>.

⁵⁶ AURÓ DE OCAMPO, Ana, FRAGOSO CERVÓN, Marcela, López, Luis, OCAMPO CAMBEROS, Héctor Sumano. Efecto de la fertilización con cerdaza ensilada, sobre los parámetros hidrobiológicos de un cuerpo de agua en el municipio de Molina Enríquez Estado de México. 2003. (citado 24 noviembre 2009) disponible en internet: <http://comunidad.veterinaria.org/articulos/articulo.cfm?articulo=32010&pag=1&area=1&buscar=&do nde=1>.

⁵⁷ CARVAJAL, Op. cit. p. 114.

2.1.3.10. Sólidos suspendidos totales (SST). Estos provienen del alimento no consumido, heces, biopelículas (comunidad formada por bacterias adheridas entre sí), las cuales se desprenden de las superficies⁵⁸. De acuerdo con la concentración de sólidos suspendidos se puede clasificar de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación de aguas de acuerdo a la concentración de sólidos en suspensión.

| Tipo de agua | Concentración de Sólidos en Suspensión |
|-------------------|--|
| Aguas limpias | < 25 mg/L |
| Aguas intermedias | 25 – 100 mg/L |
| Aguas lodosas | >100 mg/L |

Fuente: CANTOR, ATLATENCO, Fernando. Manual de producción de tilapia. Estado de Puebla: Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. 2007. p. 39

Timmons *et al*⁵⁹, manifiestan que los sólidos suspendidos para especies de aguas cálidas como la tilapia deben ser menores a 15 mg/L, mientras para especies de aguas frías como la trucha este rango debe ser menor a 10 mg/L. Por otra parte Tallarico⁶⁰, reporta valores de hasta 20mg/L durante el manejo de cultivos de *P. coruscans* en sistemas de recirculación.

Carvajal⁶¹, sostiene que en el medio natural se han encontrado ejemplares de bagre rayado donde los niveles de SST en promedio corresponden a 7,2 mg/L, cabe resaltar que en dicho cuerpo de agua se reportaron niveles máximos de 80 mg/L.

2.2. LARVICULTURA

Esta especie, presenta durante la fase de larvicultura como en la mayor parte del periodo de alevinaje, elevadas tasas de mortalidad. Kossowski⁶², asegura que esto se debe principalmente a la depredación intraespecífica, conocida también como

⁵⁸ CANTOR ATLATENCO, Fernando. Manual de producción de tilapia. Estado de Puebla: Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. 2007. p. 39.

⁵⁹ TIMMONS, Michael B., EBELING, James M., WHEATON, Fred W., SUMMERFELT, Steven T. y VINCI, Brian J. Sistemas de recirculación para la acuicultura. Traducida por PARADA REBOLLEDO, Gustavo y HEVIA WERKMEISTER, Martin. 1 ed. Vitacura, Santiago de Chile: Fundación Chile. 2002. p. 21.

⁶⁰ TALLARICO. Op cit., p. 27.

⁶¹ CARVAJAL, Op. cit., p.114.

⁶² KOSSOWSKI. Op. Cit. p. 189.

canibalismo fraternal e intracohorte. Según Atencio y Zaniboni⁶³, este comportamiento esta favorecido por la heterogeneidad en las tasas de crecimiento, la inadecuada alimentación y las altas densidades poblacionales.

Prieto y Atencio⁶⁴, manifiestan que uno de los mayores problemas en los sistemas de producción acuícola es la larvicultura, momento en el cual el animal pierde el saco vitelino necesitando el suministro de alimento exógeno por primera vez, presentándose así las mayores mortalidades, causadas por la inmadurez fisiológica de la larva. Las investigaciones existentes sustentan que el principal alimento exógeno utilizado en la mayoría de especies, es el alimento vivo, el cual debe cumplir ciertas condiciones en cuanto a su tamaño, forma, color, dureza y perfil nutricional.

Kolkovski⁶⁵, sugiere que debido a la ausencia de enzimas digestivas, las larvas que presentan desarrollo tardío del estómago funcional, requiere incluir en su dieta alimento vivo, que le proporcione estímulos visuales y aportes enzimáticos, para incrementar la actividad ingestiva y digestiva, debido también a que “ayuda a permitir una más fácil transición a una dieta inerte⁶⁶”.

Según Cortés⁶⁷, las larvas son transportadas en tanques a la zona de larvicultura y se distribuyen en piletas previamente llenas con agua pura. Se debe tener una buena aireación y una baja densidad de larvas por metro cuadrado para facilitar su manejo y evitar problemas de canibalismo. La alimentación con nauplios de Artemia inicia el segundo día y debe ser a saciedad lo cual es fácilmente observable al ser larvas casi transparentes y la Artemia de color naranja vivo. El tercer día cuando no se observa presencia de reservas vitelinas se denomina post-larvas. El proceso de larvicultura finaliza entre los 8-12 días después de la eclosión, presentando pigmentación definida, la duración de esta fase depende de la temperatura del agua.

³⁰ ATENCIO y ZANIBONI. Op. Cit. p. 2.

⁶⁴ PRIETO G. Martha y ATENCIO G. Víctor. Zooplankton en la larvicultura de peces neotropicales. EN: Revista. MVZ Córdoba, Vol.13, Núm. 2. 2008. p. 1416.

⁶⁵ KOLKOVSKI, Sagiv. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles – implications and applications to formulated diets. En: Aquaculture. Agosto, 2001. Vol. 200 N° 1-2. p. 181.

⁶⁶ TESSER, Marcelo Borges y PORTELLA Maria Célia. Ingestão de ração e comportamento de larvas de pacu em resposta a estímulos químicos e visuais. Em: Revista Brasileira de Zootecnia 2006. Vol. 35. N° 5. p. 1887.

⁶⁷ CORTÉS. Op. Cit., p. 24.

2.2.1. Primera alimentación. De acuerdo a Zimmermann⁶⁸, las post-larvas de la mayoría de especies de peces son planctófagas, principalmente organismos del zooplancton, aun cuando sus adultos sean herbívoros, omnívoros o carnívoros.

Según Dabrowski, citado por Marciales *et al*⁶⁹, con base en el grado de desarrollo del tracto digestivo, clasificó las larvas de los peces en tres tipos:

- Larvas con sistema digestivo ampliamente desarrollado antes de iniciar la alimentación endógena (salmónidos)
- Larvas con sistema digestivo con desarrollo intermedio de zonas de digestión y absorción, al momento de agotar las reservas del saco vitelino (cíclidos)
- Larvas con desarrollo tardío del estómago funcional, glándulas gástricas y demás órganos digestivos, tal como ocurre en la mayoría de las larvas de peces, incluyendo las de silúridos.

Las larvas de la mayoría de especies comerciales tropicales poseen reservas vitelinas escasas, siendo denominadas como altriciales; las cuales, cuando inician la alimentación exógena presentan el tracto digestivo aún no completamente formado, el intestino anterior todavía está indiferenciado y sin glándulas gástricas⁷⁰. Por lo tanto “el manejo inadecuado de la primera alimentación es una de las barreras para el éxito de la larvicultura de peces”⁷¹.

Tesser citado por Prieto *et al*⁷², asegura que las mayores limitaciones están dadas por el tamaño de la boca, pobre capacidad natatoria, densidades inadecuadas de presas, composición bioquímica del alimento y el precario estado de desarrollo del aparato digestivo con la consecuente ausencia de enzimas digestivas al inicio de la alimentación exógena.

⁶⁸ ZIMMERMANN, S, Jost HC. Recentes Avanços na Nutrição de Peixes: a Nutrição por Fases em Piscicultura Intensiva. Citado por PRIETO G. Martha y ATENCIO G. Víctor. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. Op. Cit. p. 1416.

⁶⁹ MARCIALES *et al*. 2011. Op. Cit., p. 180.

⁷⁰ ATENCIO GARCÍA VJ, KERQUELEN E. WADNIPAR L, NARVÁEZ A. Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). Citado por PRIETO, Martha y ATENCIO, G. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. Op. Cit., p. 1416.

⁷¹ CESTAROLLI, Marcos Antônio, PORTELLA Maria Célia y ROJAS TORRES, Eduardo Nilton. Efeito do nível de alimentação e do tipo de alimento na sobrevivência e no desempenho inicial de larvas de Curimatá *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881). 1997. Vol. 24. Único. p.120.

⁷² PRIETO y ATENCIO. Op. Cit., p. 1416.

Cubillos *et al*⁷³, sostiene que en la especie bagre rayado *Pseudoplatystoma metaense*, el inicio de la abertura bucal fue observado a las 38 HPE y al cabo de las 40 HPE se observó un tamaño de abertura máxima bucal de 349±4.2 µm. Al final del periodo de seguimiento (60 HPE), las larvas alcanzaron una abertura máxima bucal, de 483.1±10.9 µm, y una reabsorción del saco vitelino en su totalidad.

Prieto y Atencio⁷⁴, afirman que en las especies neotropicales altriciales, se debe suministrar el primer alimento antes de que se agote el vitelo y la boca esté bien desarrollada. El tipo de alimento debe ser principalmente zooplancton con tamaño apropiado al tamaño de la boca de la larva, la cual a su vez debe aprender a capturar, ingerir y asimilar el alimento; por esto requiere en esta etapa de desarrollo una dieta especial de partículas pequeñas, de textura suave, fácilmente digerible, en forma constante, abundante y con alto valor nutritivo, este manejo adecuado en la primera alimentación según, Atencio *et al*⁷⁵, es fundamental para garantizar un buen crecimiento y supervivencia de los alevinos.

“El cultivo de silúridos se dificulta por su exigencia en las condiciones de calidad de agua y su estricta dieta alimenticia. El factor más importante en la optimización del cultivo es el suministro adecuado de alimento, el cual debe tener el nivel de calidad nutricional que permita un equilibrio en el crecimiento, la supervivencia y conversión alimenticia para obtener un adecuado desempeño productivo”⁷⁶.

Existen tres procedimientos principales para la alimentación inicial de las larvas. “El primero es el uso de zooplancton proveniente de colectas en ambiente natural o la concentración de las post-larvas en estanques en tierra fertilizados, luego de la abertura de la boca”⁷⁷. El segundo es la larvicultura intensiva con el uso de

⁷³ CUBILLOS MAYORGA, D., RAMÍREZ MERLANO, J. A., OTERO PATERNINA, A. M., MEDINA ROBLES, V. M. y CRUZ CASALLAS, P. E. Evaluación del suministro de organismos vivos en el manejo de la primera alimentación de bagre rayado *Pseudoplatystoma metaense* (Telostei, Pimelodidae), bajo condiciones de laboratorio. En: Seminario nacional de especies ícticas nativas: reproducción, tendencias y desafíos hacia la diversificación. (9 y 10, septiembre, 2010. Neiva, Huila). Memorias. p. 90.

⁷⁴ PRIETO y ATENCIO. Op. Cit. p. 1416.

⁷⁵ ATENCIO GARCÍA, Víctor, KERGUELÉN, Eduardo, WADNIPAR Lina y NARVÁEZ Ana. Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). En: Revista MVZ Córdoba. 2003. Vol. 8 Nº. 1. p. 260.

⁷⁶ MARCIALES CARO, Lili J., DÍAZ OLARTE, John J., MEDINA ROBLES, Víctor M. y CRUZ CASALLAS, Pablo E. Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de larvas de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) alimentadas con alimento vivo natural y enriquecido con ácidos grasos. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 23, No 3. Julio – Septiembre, 2010. p. 310.

⁷⁷ CESTAROLLI, *et al*. Op. Cit. p. 127.

organismos zooplanctónicos (rotíferos, cladóceros, copépodos y artemia) cultivados en laboratorio, sugerido por Jomori *et al.*, citado por Prieto *et al.*⁷⁸. “Además, el movimiento natural de esos organismos zooplanctónicos estimula el comportamiento predador de las larvas”⁷⁹. El tercer procedimiento es la introducción precoz de alimento inerte, principalmente raciones microencapsuladas, descrito por Portella *et al.*, citado por Prieto⁸⁰.

Actualmente continúa la dependencia de la producción y empleo de zooplancton para la larvicultura de especies neotropicales, puesto que “el alimento artificial no supe las necesidades nutricionales o no presenta las características adecuadas para las larvas, constituyendo el zooplancton la mejor opción en la larvicultura”⁸¹. “Su uso en la larvicultura presenta como principales ventajas: menor grado de polución, mejor distribución, mantienen sus características por muchas horas”⁸², lo que no ocurre con alimentos artificiales.

Prieto y Atencio⁸³, mencionan las ventajas del zooplancton respecto al alimento inerte, tales como: ciclo de vida corto, alta tasa de fertilidad y capacidad de vivir en altas densidades, características que facilitan su cultivo; su lento movimiento y coloración facilitan la captura por parte de las post-larvas, así mismo, presentan la posibilidad de ser biocápsulas al ser enriquecidos.

2.2.1.1. Frecuencia de alimentación. De acuerdo con Rotta:

Las post-larvas mantienen el bolo alimenticio temporalmente en el tracto digestivo debido a que el tamaño de este es demasiado corto, por lo tanto el vaciado puede ocurrir dentro de 2 a 5 horas, lo que indica que el suministro de alimentos debe ser más frecuente. Las post-larvas ingieren más alimento por unidad de peso que los peces adultos, consumiendo de 50%-300% más de su peso corporal, en comparación con el 10% a 1% del peso corporal en alevinos y peces adultos. Para distribuir esta gran cantidad de alimentos durante la larvicultura, es común proporcionar de 10 a 24 veces al día o de

⁷⁸ PRIETO y ATENCIO. Op. Cit. p. 1416.

⁷⁹ LAVENS Patrick and SORGELOOS Patrick. Manual on the production and use of life food for aquaculture. Ghent, Belgium: FAO 1996. p. 5. ISBN: 92 – 5 – 103934 – 8.

⁸⁰ Ibid., p. 1416.

⁸¹ BLAIR, Tammy, CASTELL, John, NEIL, Steven, D'ABRAMO, Louis, CAHU, Chantal, HARMON, Paul y OGUNMOYE, Kehinde. Evaluation of microdiets versus live feeds on growth, survival and fatty acid composition of larval haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). En: Aquaculture. July, 2003. Vol. 225. Nº 1-4. p. 1.

⁸² LAVENS Patrick y SORGELOOS Patrick. Manual on the production and use of life food for aquaculture. Citado por PRIETO y ATENCIO. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. Op. Cit. p. 1419.

⁸³ PRIETO y ATENCIO. Op. Cit. p. 1420.

manera continua y en exceso, otro aspecto que explica esta necesidad es que la mayoría de los teleósteos producen muchos huevos que dan lugar a larvas pequeñas, que tienen por lo tanto, una pequeña reserva vitelina para la construcción de su cuerpo, lo que requiere una alimentación más intensa y frecuente en la fase inicial de su vida⁸⁴.

2.3. CANIBALISMO

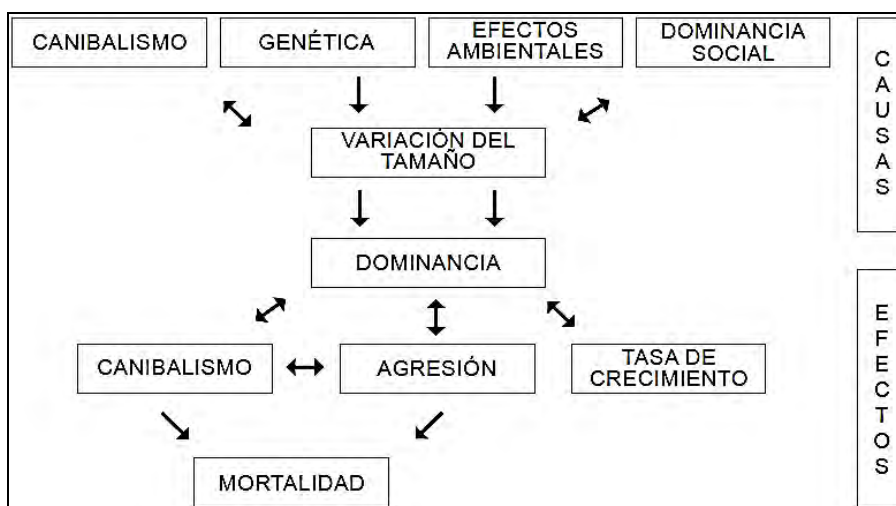
Atencio y Zaniboni afirman que:

El canibalismo es un tipo especial de predación (predación intraespecífica) que consiste en matar a un individuo de la misma especie, independiente del estado de desarrollo, para consumirlo parcial o totalmente. En la naturaleza, muchos factores estimulan la ocurrencia de la conducta caníbal (figura 2), estos se pueden agrupar en dos categorías: endógena y exógena. La primera agrupa a los factores que están relacionados con la naturaleza del individuo (piscívora, cuidado parental, diferencias de tamaño). Las especies piscívoras tienen adaptaciones para la predación que les facilita la detección y captura de peces. La categoría exógena agrupa los factores ambientales que estimulan el canibalismo, entre estos han sido reportados: tipo de alimento, disponibilidad de alimento, frecuencia de alimentación, densidad poblacional, ausencia de refugios, intensidad de la luz, turbidez⁸⁵.

⁸⁴ ROTTA, Marco Aurélio. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. 1ra edição. Corumbá, Brasil: Embrapa. 2003. p. 39.

⁸⁵ ATENCIO y ZANIBONI. Op. cit., p. 11.

Figura 2. Causas y efectos de la variación del tamaño en la larvicultura.



Fuente. HECHT, T. y PIENAAR. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. Citados por ATENCIO y ZANIBONI. El canibalismo en la larvicultura de peces. En: Revista MVZ Córdoba. Enero-junio, 2006. Vol. 11. Suplemento 1. p.14.

2.3.1. Clasificación del canibalismo en peces. Se pueden encontrar en la literatura distintas clasificaciones del canibalismo en peces (cuadro 2). Entre las más completas es la propuesta por Smith y Reay citados por Pájaro⁸⁶:

- **Según el estadio de desarrollo de la presa.**
 - **Canibalismo sobre huevos.** Este es uno de los casos de canibalismo más común; la predación se produce sobre las ovas fertilizadas no eclosionadas, por lo tanto la presa es pasiva.
 - **Canibalismo sobre larvas, juveniles y adultos.** El canibalismo ocurre sobre esos estadios posteriores a la eclosión del huevo. Este tipo de canibalismo demanda algún grado de predación activa, aunque existe un período de duración variable posterior a la eclosión en el que la captura de la larva no requiere más esfuerzo que la predación sobre huevos.

⁸⁶ PÁJARO, Marcelo. El canibalismo como mecanismo regulador denso-dependiente de mortalidad natural en la anchoíta argentina (*Engraulis anchoita*). Su relación con las estrategias reproductivas de la especie. Trabajo de grado para optar al título de Doctor. Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de ciencias exactas y naturales. Departamento de ciencias marinas. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). 1998. p. 6.

Cuadro 2. Categorías para la clasificación del canibalismo en peces.

| Estadio de desarrollo de la presa | Relación genética del canibal y la presa | Relación de edades del canibal y la presa | Ejemplo | Origen de la información |
|-----------------------------------|--|---|--------------------------------|------------------------------|
| Huevos | Filial | Intracohortes | No observable | --- |
| | | Intercohortes | <i>Gasterosteus aculeatus</i> | Rohwer (1978) |
| | Entre hermanos | Intracohorte | <i>Eugomphodus taurus</i> | Gilmore <i>et al.</i> (1983) |
| | | Intercohortes | --- | --- |
| | No sanguíneo | Intracohortes | --- | --- |
| | | Intercohortes | <i>Engraulis capensis</i> | Valdés <i>et al.</i> (1987) |
| Larvas, juveniles | Filial | Intracohortes | No observable | --- |
| Adultos | Filial | Intercohortes | <i>Poecilia reticulata</i> | Fahrig (1972) |
| | Entre hermanos | Intracohortes | <i>Esox lucius</i> | Bry & Gillet (1980) |
| | | Intercohortes | --- | --- |
| | No sanguíneo | Intracohortes | <i>Stizostedion v. Vitreum</i> | Li & Mathias (1980) |
| Intercohortes | | <i>Theragra chalcogramma</i> | Dwyer <i>et al.</i> (1987) | |

Fuente: Smith y Reay citado por PÁJARO, Marcelo. El canibalismo como mecanismo regulador denso-dependiente de mortalidad natural en la anchoíta argentina (*Engraulis anchoita*). Su relación con las estrategias reproductivas de la especie. Trabajo de grado para optar al título de Doctor. Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de ciencias exactas y naturales. Departamento de ciencias marinas. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). 1998. p.9.

- **Según la relación genética del canibal y la presa.**
 - **Canibalismo filial.** Implica el canibalismo de los padres sobre las crías, independientemente del estadio de las mismas.
 - **Canibalismo de hermanos.** El canibalismo entre hermanos también es independientemente del estadio de desarrollo de éstos.
 - **Canibalismo no sanguíneo.** Este canibalismo es común entre peces con fertilización externa, y se produce presumiblemente entre individuos no emparentados.

- **Según la relación de edades del caníbal y la presa.**

- **Canibalismo intracohortes.** El canibalismo actúa sobre miembros de la misma cohorte. En este caso, el caníbal y la presa pertenecen a la misma clase anual.
- **Canibalismo intercohortes.** El canibalismo se produce sobre miembros de una cohorte de edad menor. El caníbal pertenece a una cohorte de mayor edad, aunque no necesariamente involucra canibalismo filial.

2.3.2. Factores intraespecíficos que influyen en el canibalismo.

- **Alimento.** Es el principal factor para desencadenar el comportamiento caníbal según Atencio y Zaniboni⁸⁷, el canibalismo se considera una estrategia alimentaria que garantiza la supervivencia de una especie, teniendo en cuenta que reduce la competencia intraespecífica cuando existe limitada disponibilidad del alimento.

En términos prácticos como se menciona en el numeral de larvicultura, un alimento es adecuado y disponible cuando cumple con las características organolépticas, físicas y químicas requeridas por la especie, además una distribución uniforme, frecuencia adecuada y tamaño de partícula según la abertura de la boca de las larvas recomendado por Atencio y Zaniboni⁸⁸.

- **Densidad de peces.** Segura citado por Díaz *et al.*,⁸⁹, determinaron que el aumento de la densidad de siembra en *P. corruscans* afectó negativamente las variables productivas y provocó un aumento lineal en las tasas de mortalidad por canibalismo a través de un incremento en las tasas de encuentro entre el predador y la presa.

Por otro lado Díaz *et al.*⁹⁰, sostienen que al incrementar la densidad en *P. fasciatum*, pero manejando una adecuada alimentación y calidad de agua se puede reducir la tasa de mortalidad, aunque esto puede generar una descompensación en el crecimiento aumentando el riesgo de canibalismo.

⁸⁷ ATENCIO y ZANIBONI, Op. cit., p. 11.

⁸⁸ *Ibid.*, p. 13.

⁸⁹ DÍAZ OLARTE, John J., CRUZ CASALLAS, Nubia E., MARCIALES CARO, Lili J., MEDINA ROBLES, Víctor M., y CRUZ CASALLAS, Pablo E. Efectos de la densidad de siembra y disponibilidad de alimento sobre el desarrollo y sobrevivencia de larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum*. En: Orinoquía: Villavicencio. Vol 13, No. 1. 2009. p. 23.

⁹⁰ *Ibid.* p. 28

- **Fotoperiodo, turbidez, refugios.** Smith *et al.*, citado por Atencio⁹¹, clasifican los refugios, la intensidad lumínica y la turbidez como factores exógenos naturales que afectan directamente el canibalismo, por lo cual a mayor disponibilidad de refugios tiende a disminuir el canibalismo, logrando las potenciales presas eludir a los caníbales.

La intensidad lumínica es otro factor que adquiere importancia, Núñez *et al.*⁹², mencionan que larvas de *P. fasciatum* presentan fotofobia, es decir buscan rápidamente áreas oscuras, sugiere además que el canibalismo y la intensidad lumínica son directamente proporcionales en la producción de la especie y que la turbidez contribuye a disminuir la visibilidad para el encuentro de la presa por parte del predador.

- **Estado nutricional.** Dentro de una unidad productiva o experimental algunas larvas presentarán mejor estado nutricional que otras, este fenómeno según Díaz *et al.*⁹³, se debe a la heterogeneidad en el desarrollo embrionario y larval, puesto que los tiempos de eclosión en *Pseudoplatystoma sp* ocurren entre las 14 a 18 horas post-fertilización (HPF), dejando en desventaja las larvas que eclosionan al final de las 18 HPF.

Baras *et al.*, citado por Marciales⁹⁴, mencionan que el estado nutricional de las larvas depende del tipo de alimento suministrado, por ejemplo: el zooplancton natural tiene baja digestibilidad de nutrientes y contenido de energía, por ende los individuos caníbales tendrán un mayor crecimiento al introducir en la dieta un nutriente de mejor calidad.

Venegas *et al.*, citado por Atencio⁹⁵, manifiestan la presencia de un mal estado nutricional en aquellas larvas que han sido sometidas a ayuno, por lo cual es indispensable conocer el tiempo exacto para la primera alimentación, además, en la especie yamú (*Brycon siebenthalae*) la primera alimentación acontece a las 36 HPE a $27,9 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$, esto indica que al no ofrecer alimento en este instante, el

⁹¹ ATENCIO y ZANIBONI, Op. cit., p. 11.

⁹² NÚÑEZ, Jesús, DUGUÉ, Rémi, CORCUY ARANA, Navil, DUPONCHELLE, Fabrice, FRANÇOIS RENNO, Jean, RAYNAUD, Thomas, HUBERT, Nicolas, LEGENDRE, Marc. Induced breeding and larval rearing of Surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), from the Bolivian Amazon. En: Aquaculture Research, mayo, 2008. Vol. 39. Issue 7. p.769.

⁹³ DÍAZ OLARTE, John, MARCIALES-CARO, Lili J., CRISTANCHO VÁSQUEZ, Freddy y CRUZ CASALLAS, Pablo E. Comparación del Desarrollo Embrionario de *Piaractus brachyomus* (Serrasalminidae) y *Pseudoplatystoma sp.* (Pimelodidae). En: International Journal of Morphology. 2010. Vol. 28, N°. 4. p.1202.

⁹⁴ MARCIALES *et al.* 2010. Op. Cit., p. 314.

⁹⁵ ATENCIO y ZANIBONI, Op. cit., p. 13.

canibalismo será evidente, siendo responsable de la disminución de la población larval entre un 35% al 50%.

- **Diferencias de tamaño.** La asincronía en la eclosión de larvas de *Pseudoplatystoma* es un factor en la diferencia de tamaño⁹⁶, sin embargo existe otro aspecto más importante, que es la carga genética de un individuo según lo indica De Angelis *et al.*, citado por Atencio⁹⁷, es así como se definirá la tasa de crecimiento individual en una camada. Drert *et al.*, citado por Atencio⁹⁸, recomienda seleccionar los individuos cuando se presente este acontecimiento, de lo contrario las pérdidas por canibalismo serán de hasta el 90% de la población larval.

2.3.3. Control de canibalismo. De acuerdo con Atencio y Zaniboni⁹⁹, es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones para controlar esta conducta:

- Preferir los alimentos vivos en el manejo de la primera alimentación.
- Ofrecer un tamaño de alimento adecuado a la abertura bucal de la larva.
- Ofrecer alimentación a saciedad, con una frecuencia óptima y considerando una distribución homogénea del alimento en toda la superficie del agua.
- Realizar gradualmente el cambio de dietas vivas a dietas inertes.
- Identificar el momento de la primera alimentación para evitar someter las larvas a ayuno, lo cual estimula la conducta caníbal. De igual manera, es importante establecer el mejor momento para iniciar el cambio gradual de dietas vivas a dietas inertes.
- Determinar la densidad de siembra adecuada.
- Realizar una selección periódica por tamaño para su homogeneidad.
- Hasta donde sea posible renovar los individuos dominantes caníbales.
- Determinar las preferencias ambientales de las larvas (luz, transparencia).

2.4. ARTEMIA (*Artemia* sp)

Según Andy *et al*¹⁰⁰, es un pequeño crustáceo, braquiópodo perteneciente al orden Anostraca. Es conocida vulgarmente como Artemia, y en algunos casos

⁹⁶ DÍAZ *et al.* 2010. Op. cit., p. 1202.

⁹⁷ ATENCIO y ZANIBONI, Op. cit., p. 13.

⁹⁸ *Ibid.*, p. 13.

⁹⁹ ATENCIO y ZANIBONI. Op. Cit., p. 14.

¹⁰⁰ GREEN, Andy J., SÁNCHEZ, Marta I., AMAT, Francisco, FIGUEROLA, Jordi, HONTORIA, Francisco, RUIZ, Olga y HORTAS Francisco. Dispersal of invasive and native brine shrimps artemia (anostraca) via waterbirds. En: Limnology and Oceanography: marzo, 2005. Vol. 50, No. 2. p. 737.

erróneamente llamada *Artemia salina*. Habitan en aguas con altas concentraciones de sal como las salinas.

De acuerdo con Lavens y Sorgellos¹⁰¹, la *A. franciscana* es el alimento vivo más usado en la acuicultura. En los últimos años ha tenido un papel central en el desarrollo de la piscicultura debido a su contenido de ácidos grasos (n-3 y n-6), que permite su suministro a especies de agua dulce y marina, y más del 47% en contenido de proteínas. Además su importancia se basa en la practicidad del almacenamiento y el manejo de sus cistos. Debido a su tamaño en el estadio de nauplio es un alimento práctico para muchas larvas de peces y crustáceos en la larvicultura comercial. Presenta varias enzimas proteolíticas con importante función en el tracto digestivo.

Amat, afirma que:

El desarrollo de la acuicultura de especies carnívoras en todo el mundo depende del suministro de alimento vivo, especialmente durante la fase de cultivo larvario y post-larvario. Aunque el uso tradicional de nauplios de *Artemia* como alimento larvario se ha justificado por sí mismo desde los inicios de la acuicultura moderna, en la actualidad se está investigando activamente en la elaboración de micro dietas inertes como alternativas posibles al uso de alimentos vivos (rotífero *Brachionus* y nauplios de *Artemia*) pero los resultados hasta ahora son apenas satisfactorios.

En las presas vivas se encuentran factores nutritivos y de otro tipo que no pueden incorporarse a las dietas inertes. En la nutrición de larvas de peces tienen enorme peso los estímulos visuales y químicos, unidos o por separado, que provocan en las larvas incrementos en la tasa de ingestión alimenticia superior al 120%. Estos quimioestimulantes, suelen ser aminoácidos producidos por los propios nauplios de *Artemia*.

“La combinación de nauplios y micro dietas provoca adecuados peristaltismos en el tracto digestivo de las larvas, incrementa la digestión y el aprovechamiento de la dieta inerte. Se han obtenido resultados positivos con otros factores nutritivos y digestivos añadidos a micro dietas, vehiculadas por, o en presencia de nauplios de *Artemia*, entre ellos lípidos polares y neutros, vitaminas, diversas enzimas y aminoácidos”¹⁰².

¹⁰¹ VAN STAPPEN, Gilbert. *Artemia*. En: LAVENS Patrick y SORGELOOS Patrick. Manual on the production and use of live food for aquaculture. Op. Cit. p. 79.

¹⁰² AMAT DOMENECH, Francisco. Localización, caracterización y evaluación del potencial extractivo de artemia en Iberoamérica con destino a la acuicultura proyecto CYTED II-A/2. Subprograma II: Acuicultura. En: IX alimentos en larvicultura. Ribera de Cabanes, Castellón, España. Instituto de Acuicultura de torre de la Sal. p. 560.

2.4.1. Bioencapsulación de Artemia. Shelbourne, Reeve, Bookhout y Costlow, Wickins, Matsuoka, Provenzano y Goy, citados por Monroing¹⁰³ señalan que a mediados de los años sesenta y principios de los setenta se presentaron mortalidades masivas en larvas de diferentes especies de peces marinos y crustáceos, cuando se empleaba nauplios de artemia, esto impulsó el interés por conocer el valor nutritivo de los nauplios. A partir de estas evidencias los estudios sobre nutrición se enfocaron a corregir estas carencias nutricionales de las presas vivas a través de diversos procedimientos, éstos coinciden con el aprovechamiento de filtración pasiva de rotíferos y *Artemia*, de forma que estos organismos son incubados en medios ricos en sustancias nutritivas cuyo tamaño hace posible la ingestión y almacenamiento en su tracto digestivo de microemulsiones, micropartículas, microorganismos etc., surgiendo el concepto de bioencapsulación, según Roque¹⁰⁴ éste es un proceso mediante el cual un organismo vivo es utilizado como vector o transmisor de tratamientos químicos, vitaminas, microorganismos probióticos, ácidos grasos¹⁰⁵, carotenoides¹⁰⁶, antibióticos¹⁰⁷ y aminoácidos¹⁰⁸, .ha determinado estadio de animales acuáticos,

Teniendo en cuenta la alimentación de peces de acuario, “este procedimiento es de considerable importancia, puesto que se deben optimizar los métodos de eclosión para lograr la transferencia al medio de enriquecimiento, por el cual se debe lograr en el menor tiempo posible, obteniendo el máximo nivel de

¹⁰³ MONROING, Oscar. Diseño y optimización de liposomas para su uso como sistema de suministro de nutrientes a larvas de peces marinos. Trabajo de grado para optar al título de doctor en ciencias biológicas. Valencia. Universidad de Valencia. Departamento de Biología, Cultivo y Patología de especies Marinas. 2007. p. 16.

¹⁰⁴ ROQUE, A., MAZARI, A., GÓMEZ GIL, B. Infección oral experimental de post-larvas de *Litopenaeus vannamei* a través de bioencapsulación de *Vibrio parahaemolyticus* en *Artemia franciscana*. En: Ciencias Marinas. Vol. 26. No. 1. 2000. p. 67.

¹⁰⁵ HERNÁNDEZ TÉLLEZ, Ana Rosa. Efecto del enriquecimiento de *Artemia franciscana* con diferentes proporciones de ω -3 DHA/EPA sobre el crecimiento de juveniles de pez blanco *Menidia estor*. Tesis para optar al título de maestría en ciencias biológicas. Morelia, Michoacán. Universidad de Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Facultad de Biología. 2009. p. 9.

¹⁰⁶ WATANABE, T.; F. OOWA, C. KITAJIMA y S. FUJITA. Relationship between dietary value of brine shrimp *Artemia* and their content of W3 highly unsaturated fatty acids. Citado por CASTRO MEJÍA, Germán. Incorporación de tres antibióticos en nauplios, metanauplios, juveniles y adultos de *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) para inhibir el crecimiento de la bacteria *Aeromonas hydrophila*. Tesis para obtener el título de maestro en biología. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. División de ciencias biológicas y de la salud. Maestría en biología. Septiembre, 2005. p. 22.

¹⁰⁷ MAJACK, T.J., M.B. RUST, K.C. MASSEE, G.W. KISSIL, R.W. HARDY y M.E. PETERSON. 2000. Bioencapsulation of erythromycin using adult brine shrimp, *Artemia franciscana* (Latreille). Citado por CASTRO MEJÍA, Germán. Incorporación de tres antibióticos en nauplios, metanauplios, juveniles y adultos de *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) para inhibir el crecimiento de la bacteria *Aeromonas hydrophila*. Op. Cit., p. 22.

¹⁰⁸ HOSHIBA. Op. Cit., p. 28.

enriquecimiento, de hecho cuanto mayor sea el período, mayor será el tamaño de la Artemia y más tardío el estadio larval al que se le podrá ofrecer al animal, por lo que se recomienda hasta 72 horas de enriquecimiento después de la eclosión”¹⁰⁹.

“La artemia en el segundo estado larvario (24 HPE) se convierte en un filtrador no selectivo, aparece un aparato digestivo ya funcional, periodo ideal para el enriquecimiento por bioencapsulación”¹¹⁰. Hoshiba¹¹¹, describe que la artemia posee tres pares de apéndices con funciones sensoriales, locomotoras, filtradoras y de captación de alimento, ingiere partículas de materia orgánica al ser no selectiva”

Hoshiba¹¹², menciona que la Artemia enriquecida ofrece mejores resultados en el estado fisiológico de la larva (mayor tamaño y actividad natatoria), se incrementa la supervivencia y crecimiento en las fases posteriores de finalización en cultivo.

2.4.2. Importancia nutricional del alimento vivo. De acuerdo a Luna *et al*¹¹³, un aspecto de gran importancia en la acuicultura es la nutrición, pero se ha observado que los alimentos no contienen los nutrientes que las especies requieren para su óptimo crecimiento, principalmente en su primera etapa de vida, donde se presenta la mayor mortalidad. En la larvicultura de peces, posterior a la absorción del saco vitelino se inicia la alimentación exógena, por lo que el alimento vivo es esencial para el crecimiento y la supervivencia.

En este sentido, el alimento vivo es un recurso de gran valor nutricional para el cultivo de peces, debido a que presenta características importantes como lo describe Castro *et al*¹¹⁴:

- Presencia de movimiento, que estimula ser atrapado por el depredador.
- Color, que es atractivo para su captura.
- Calidad nutritiva, debido a que los organismos que se aprovechan como alimento y que se cultivan, contienen la cantidad y la calidad de nutrimentos indispensables para el adecuado crecimiento de las especies en el agua.

¹⁰⁹ PORTAL PEZ. Alimentación De Peces De Acuario: La artemia salina (online). [citado el 25 Enero de 2014]. Disponible en internet: <http://www.portalpez.com/la-artemia-salina-vt2425.html>.

¹¹⁰ Ibid., p.1.

¹¹¹ HOSHIBA, Op., Cit. p. 9.

¹¹² HOSHIBA, Op., Cit. p. 9.

¹¹³ LUNA FIGUEROA, J., VARGAS, Z. T de Jesús y FIGUEROA, T. J. Alimento vivo como alternativa en la dieta de larvas y juveniles de *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823). En: Avances en Investigación Agropecuaria. Vol. 14, N°. 3. 2010. p. 64.

¹¹⁴ CASTRO BARRERA, Thalía, DE LARA ANDRADE, R., CASTRO MEJÍA, G., CASTRO MEJÍA, J. y MALPICA SÁNCHEZ, A. Alimento vivo en la acuicultura. En: Contactos. Junio, 2003. Vol. 48. p. 28.

- No afecta la calidad del agua, debido a que éste es consumido antes de que llegue al fondo, a diferencia del alimento inerte, el cual se descompone y afecta al medio, causando a veces una mortalidad total en el estanque.

Esto ha generado que se incorporen a la acuicultura una mayor variedad de organismos considerados como alimento vivo, entre las especies más utilizadas según Luna *et al*¹¹⁵, se encuentran: *Artemia franciscana*, *Daphnia pulex*, *Eisenia fetida*, *Spirulina* sp., *Moina macrocopa*, *Brachionus plicatilis* y *Tubifex tubifex*, debido a su alto valor nutritivo, alta disponibilidad y abundancia, tamaño aceptable, cuerpo blando, altas densidades de cultivo, ciclo de vida corto y movilidad.

2.5. NUTRICIÓN DE PECES CARNÍVOROS

El éxito del cultivo de bagres amazónicos “radica en conocer primordialmente características comportamentales, altos grados de canibalismo, y exigencias nutricionales”¹¹⁶. Resende *et al*¹¹⁷, sostienen que el 92% del contenido estomacal de *P. fasciatum* corresponde a peces vivos en medio natural, esto indica un alto grado de exigencia en cuanto a proteína digestible. Además Lundstedt *et al*¹¹⁸, mencionan que, esta especie presenta dificultad para digerir y absorber alimentos complejos, entre ellos los polisacáridos. Stone¹¹⁹, afirma que la utilización de carbohidratos es aparentemente limitada como fuente de energía para el bagre rayado. Por otra parte Martino *et al*¹²⁰, señalan que, el alimentar con diferentes niveles de lípidos y dietas isoproteicas, revelaron que la conversión alimenticia y la ingesta de alimentos, presentaron una relación inversa respecto a la variación de lípidos.

¹¹⁵ LUNA *et al*. Op. Cit. p. 65.

¹¹⁶ ALMEIDA, Roberto. HONORATO, Cláudia. DE ALMEIDA, Luciana. USHIZIMA, Thiago. SANTAMARIA, Fábio. Nutrição de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) – desafio para aquicultura. Em: Revista Eletrônica Nutrime. Vol.9. No. 05, 2012. p. 1996.

¹¹⁷ RESENDE E. K. CATELA, C. A. NASCIMENTO, L. F. Biología do Curimatá (*Prochilodus lineatus*), Pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) e Cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) na Bacia Hidrográfica do rio Miranda, Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil, citado por ALMEIDA, Roberto. Op cit. p. 1999.

¹¹⁸ LUNDSTEDT L. M., MELO, J. F. B., MORAES, G. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma coruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition, citado por ALMEIDA, Roberto. Op cit. p. 2002

¹¹⁹ STONE, D. A. J. Dietary carbohydrate utilization by fish. Citado por ALMEIDA, Roberto. Op cit., p. 2002.

¹²⁰ MARTINO, R. C., CYRINO, J. E. P., PORTZ, L., TRUGO, L. C. Effect of dietary lipid level on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma Coruscans*. Citado por ALMEIDA, Roberto. Nutrição de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) – desafio para aquicultura Op cit. p. 2003.

Goncalves citado por Almeida¹²¹, encontró que el tiempo de flujo gastrointestinal era de 450 minutos (7,5h), poco tiempo en comparación con otras especies. “Es así como la complejidad de la nutrición en peces carnívoros, requiere de dietas asimilables en tiempo corto, con alto perfil de aminoácidos y valores del 45,38% de proteína digestible”¹²².

Estudios realizados en base al concepto de proteína ideal (evalúa el contenido de aminoácidos en el filete), sugiere los siguientes valores (tabla 2) para la administración de suplementos de aminoácidos en las dietas de bagre¹²³.

Tabla 2. Valores de proteína bruta y aminoácidos en el tejido muscular de bagre (*P. coruscans*).

| | MS (%) | MH (%) | AAE/L |
|-------------------------|--------|--------|-------|
| PB | 86,73 | 100 | |
| Lisina | 7,91 | 9,12 | 100 |
| Metionina | 2,34 | 2,70 | 29,58 |
| Metionina + cistina | 3,35 | 3,86 | 42,35 |
| Treonina | 2,65 | 3,06 | 33,50 |
| Triptófano | 0,89 | 1,03 | 11,25 |
| Arginina | 5,38 | 6,20 | 68,02 |
| Histidina | 1,89 | 2,18 | 23,89 |
| Isoleucina | 3,38 | 3,90 | 42,73 |
| Leucina | 3,94 | 4,54 | 49,81 |
| Fenilalanina | 3,43 | 3,95 | 43,36 |
| Fenilalanina + tirosina | 6,08 | 7,01 | 76,86 |
| Valina | 4,15 | 4,78 | 52,47 |

Fuente: FURUYA W. M., BARRIVIERA, V. Composição de aminoácidos da carcaça do pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) baseada no conceito de proteína ideal. Zootecnia Tropical. Instituto de Investigações Agrícolas Venezuela. Vol. 21, No. 2, 2003; p. 112.

MS: cantidad del aminoácido en base a materia seca; **MH:** cantidad del aminoácido en base a materia húmeda; **AAE/L:** relación de cada aa con respecto a la Lisina.

¹²¹ ALMEIDA, Op., cit. p. 2005.

¹²² Ibid., p. 2004.

¹²³ FURUYA W. M., BARRIVIERA, V. Composição de aminoácidos da carcaça do pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) baseada no conceito de proteína ideal. Zootecnia Tropical. Instituto de Investigações Agrícolas Venezuela. Vol. 21, No. 2, 2003; p. 112.

La tabla 2 indica un valor alto de aminoácidos acumulados (Fenilalanina+tirosina) con 6,08 g/100 g de la dieta, Vásquez *et al*¹²⁴, reporta para el *Ictalurus punctatus* (Bagre de canal) un valor de 1,05 g Tir/100 g de dieta. Por otra parte Hoshiba¹²⁵, encontró que los niveles de tirosina en artemia eclosionada corresponde a 0,19 g/100 g de artemia, se puede inferir que es necesario un nivel más alto de este aminoácido en la artemia salina para alimentación de bagre.

2.6. PROTEÍNAS Y AMINOÁCIDOS

Nutrient Requirements of Coldwater fishes (NRC)¹²⁶, cataloga a las proteínas como el material orgánico principal en ciertos tejidos animales, produciendo cerca del 65 al 75% del total en base al peso seco, por lo tanto los animales deben consumir proteínas para proveer un suministro continuo de los 20 aminoácidos. Después de que la proteína es consumida, esta es digerida o hidrolizada para liberar los aminoácidos libres que serán absorbidos por el tracto intestinal del animal y distribuidos por la sangre a los diferentes órganos y tejidos. Estos aminoácidos son entonces usados en la síntesis de nueva proteína.

Ciertos aminoácidos son considerados indispensables porque los animales no pueden sintetizarlos en modo alguno, o ellos no son sintetizados en cantidades suficientes para el mantenimiento del máximo crecimiento. La NRC¹²⁷, señala que los peces requieren los mismos 10 aminoácidos indispensables que el resto de los animales superiores, que son: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina (tirosina), treonina, triptófano y valina.

2.6.1. Tirosina. Es un sólido que forma cristales y que generalmente presenta un color blanquecino, también puede ser incoloro. Se considera un aminoácido polar y protonable. Aunque normalmente se clasifica como aminoácido hidrofóbico a causa de su anillo aromático. Hay que tener en cuenta que también contiene un grupo hidroxilo. Normalmente se encuentra sin carga, aunque a pH muy básico presenta carga negativa.

Por lo que respecta a la solubilidad de la tirosina “se sabe que es soluble en agua y requiere calentar a 40°C aproximadamente, además de ser ligeramente soluble

¹²⁴ VÁSQUEZ, Walter. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Editorial Juan XXII Ltda. Universidad de los Llanos, 2004. p. 29. ISBN 958-97289-3-6

¹²⁵ HOSHIBA. Op., Cit., p. 34

¹²⁶ NATIONAL ACADEMY PRESS. Nutrient Requirements Of Coldwater Fishes (Nrc): Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. Revised Edition. United States of America. National academy Press, 1983. p. 2. ISBN – 10: 0309034280.

¹²⁷ Ibid., p. 2.

en alcohol. El promedio de aparición de dicho aminoácido en las proteínas es del 3,5%”¹²⁸.

Wilson citado por López¹²⁹, define la tirosina como un aminoácido no esencial, debido a que se sintetiza en el organismo a partir de la fenilalanina, pero Drillet¹³⁰ cataloga a este aminoácido como esencial en el perfil proteico de los organismos planctónicos, para la alimentación larvaria de peces exigentes en el porcentaje de proteína. La inclusión de tirosina puede representar un efecto de ahorro 50% en la dieta, puesto que reduce la necesidad metabólica del pez de sintetizarlos.

De acuerdo con Bentley citado por Hoshiba¹³¹, la tirosina es un aminoácido importante para la síntesis de hormonas tiroideas, que contribuye a la construcción del esqueleto de carbono de las yodotironinas (T4 y T3), así como melanina y catecolaminas.

2.6.1.1. Absorción de aminoácidos. En las larvas de peces se realiza en el intestino anterior debido a que el estómago todavía esta indiferenciado y sin glándulas gástricas y aparece cerca de la metamorfosis o algo más tarde¹³². El incompleto desarrollo de su tracto digestivo limita su capacidad de aprovechar satisfactoriamente los nutrientes de la dieta¹³³, “utilizando las enzimas de las presas, constituidas principalmente por zooplancton, para facilitar el proceso de digestión y estimular la producción de las enzimas endógenas”¹³⁴. Una vez, “los aminoácidos llegan al intestino, inicia la absorción desde la luz intestinal hacia el citosol de los enterocitos y después hacia los vasos sanguíneos mediante transporte activo” (figura 3)¹³⁵.

¹²⁸ DEVLIN, T. NELSON, D. y COX, M. STRYER, L., BERG J. y TYMOCZKO, J. HAWLEY. VOLLHARDT, C. y SCHERE, E. ALBIR, M., SERRA, A. y CHICOTE, J. VOET, D. y VOET, J. Tirosina [online]. En: Wikipedia, La enciclopedia libre, agosto, 2013, (fecha de consulta: 23 octubre, 2013). Disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Tirosina&oldid=69040744>.

¹²⁹ LÓPEZ MACÍAS, Jorge Nelson. Nutrición y alimentación acuícola. San Juan de Pasto, Universidad de Nariño, 1997. p. 9.

¹³⁰ DRILLET, Guillaume., JORGENSEN, Niels., SORENSEN, Thomas., RAMLOV, Hans., HANSEN, Benni. Biochemical and technical observations supporting the use of copepods as live feed organisms in marine larviculture. *Aquaculture Research*. Vol.37, 2006; p.767.

¹³¹ HOSHIBA. Op. Cit. p. 4.

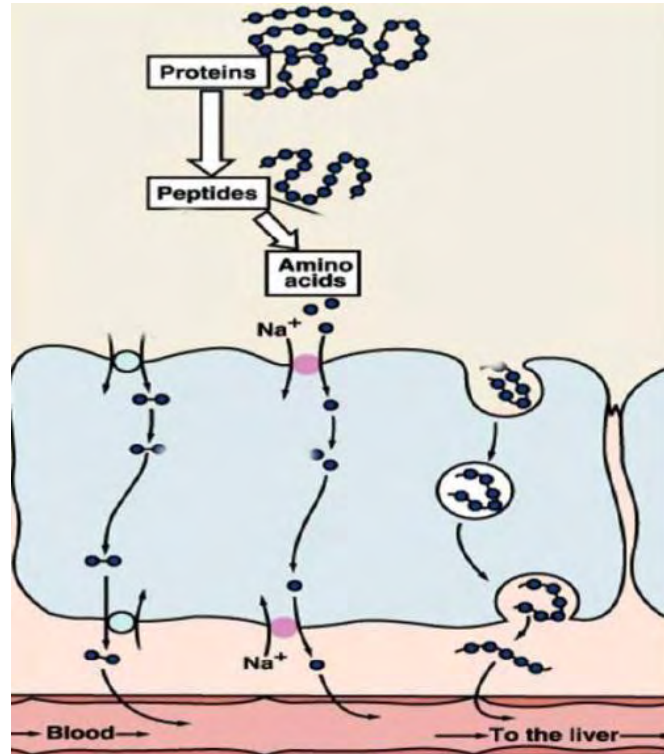
¹³² GUILLAUME, J. KAUSHIK, S. BERGOT, P. MÉTAILLER, R. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Versión española de SOPEÑA BLANCO, Aixa. INRA. 2002. p. 56. ISBN: 84-8476-150-9.

¹³³ ZIMEMERMANN S, Jost HC. Recentes avanços na nutrição de peixes: a Nutrição por fases em piscicultura intensiva. Citado por PRIETO y ATENCIO. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. p. 1416.

¹³⁴ PRIETO y ATENCIO. Op. Cit. p. 1416.

¹³⁵ GUILLAUME, *et al.* Op. Cit. p. 68.

Figura 3. Absorción de aminoácidos hacia los vasos sanguíneos.



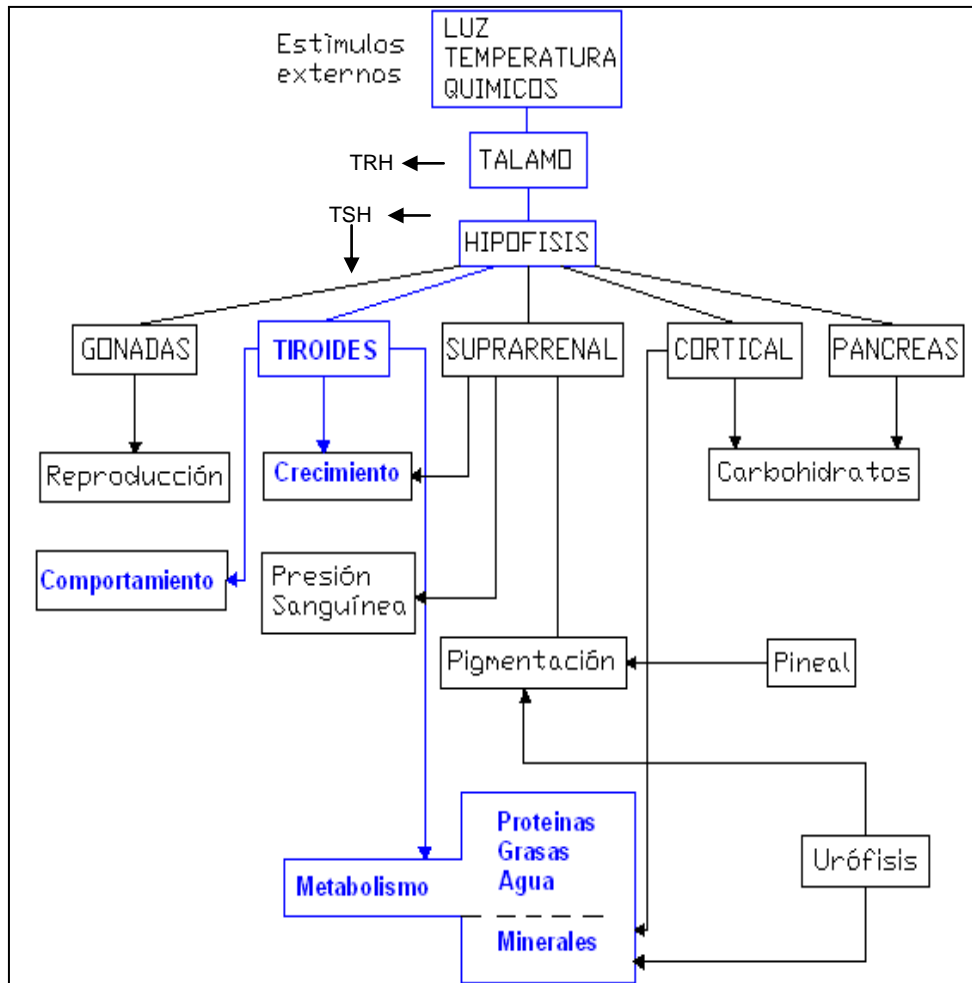
Fuente: GENOMASUR. Capítulo 12. Sistema digestivo. (Fecha de consulta: Enero, 2014) Disponible en internet: http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_12.htm

“Cuando el organismo detecta niveles bajos de tiroxina, se estimula la secreción de TRH (hormona liberadora de tirotropina), esta viaja a través del flujo sanguíneo hacia las células tirotropas donde se va a producir la glucoproteína”¹³⁶ “TSH (hormona estimuladora de la glándula tiroides), activando el retículo endoplasmático rugoso, para la captación de la L-tirosina y la producción de tiroglobulinas que posteriormente serán yodadas para la formación de hormonas tiroideas”¹³⁷ (Figura 4.).

¹³⁶ VEGAS VÉLEZ, Manuel. Ictiología: texto experimental. Cali, Colombia, Universidad del Valle, 1977. p. 170.

¹³⁷ RUIZ JARABO, Ignacio, VARGAS CHACOFF, Luis, ARJONA, Francisco Jesús, MARTÍN DEL RÍO, María del Pilar y MANCERA, Juan Miguel. Hormonas tiroideas y osmorregulación en los teleósteos. En: Encuentros en la Biología, 2006. p. 1. N°. 112. ISSN-e 1134-8496.

Figura 4. Esquema de las interrelaciones entre las glándulas endocrinas de los peces.



Fuente: VEGAS VÉLEZ, Manuel. Ictiología: texto experimental. Cali, Colombia, Universidad del Valle, 1977. p. 170.

2.7. GLÁNDULA TIROIDEA

“El sistema endocrino de los peces tiene semejanzas con el de los otros vertebrados, debido a que existen tejidos similares que producen hormonas equivalentes a las conocidas para seres más evolucionados”¹³⁸. Como lo describe Roberts¹³⁹, el sistema endocrino de los peces tiene los mismos elementos de base que el de los vertebrados superiores, pero con distintas características a causa de las considerables diferencias y limitaciones del medio ambiente y del desarrollo evolutivo de los teleósteos.

“El sistema endocrino de los teleósteos involucra numerosas glándulas, cuyas secreciones hormonales controlan diversos procesos fisiológicos del animal. Dentro de estas glándulas destaca la glándula tiroidea, cuya hormona controla aspectos relacionados con metabolismo, metamorfosis, osmorregulación, esmoltificación en salmónidos, reproducción, etc. Por este motivo, el conocimiento de la fisiología del sistema tiroideo es esencial para poder comprender los procesos que dichas hormonas controlan en los teleósteos”¹⁴⁰.

Según Vegas¹⁴¹, el tejido tiroideo se encuentra, en la mayor parte de los peces, concentrado en pequeños corpúsculos que se sitúan a lo largo de la aorta ventral, en lo que podríamos denominar la región faríngea del animal, sin embargo, en ciertas especies, se ha podido observar los corpúsculos sobre el corazón y sobre los riñones, a veces sobre el globo ocular (Figura 5); igualmente, es posible que se realice una migración, si se compara juveniles de una especie con los adultos. Roberts¹⁴², también resalta algunos tejidos como las venas hepáticas y tejido renal hematopoyético donde puede también encontrarse este tejido.

Vegas¹⁴³, afirma que en los vertebrados superiores, se produce tiroxina y requiere yodo para cumplir con esta síntesis. En forma semejante, existe una hormona tirotrópica que proviene de la hipófisis y que regula el funcionamiento tiroideo, la cual a su vez, depende de la actividad neurosecretora del hipotálamo. Este recibe influencias del medio ambiente, en especial estímulos luminosos y de temperatura, que son capaces de modificar su función (Figura 4).

¹³⁸ VEGAS. Op. Cit., p. 168.

¹³⁹ ROBERTS, Ronald. Patología de los peces. Traducido por BLANCO CACHAFEIRO, M. Carmen. España. Mundi-prensa. 1981. p. 251.

¹⁴⁰ RUIZ *et al.* Op Cit., p. 1.

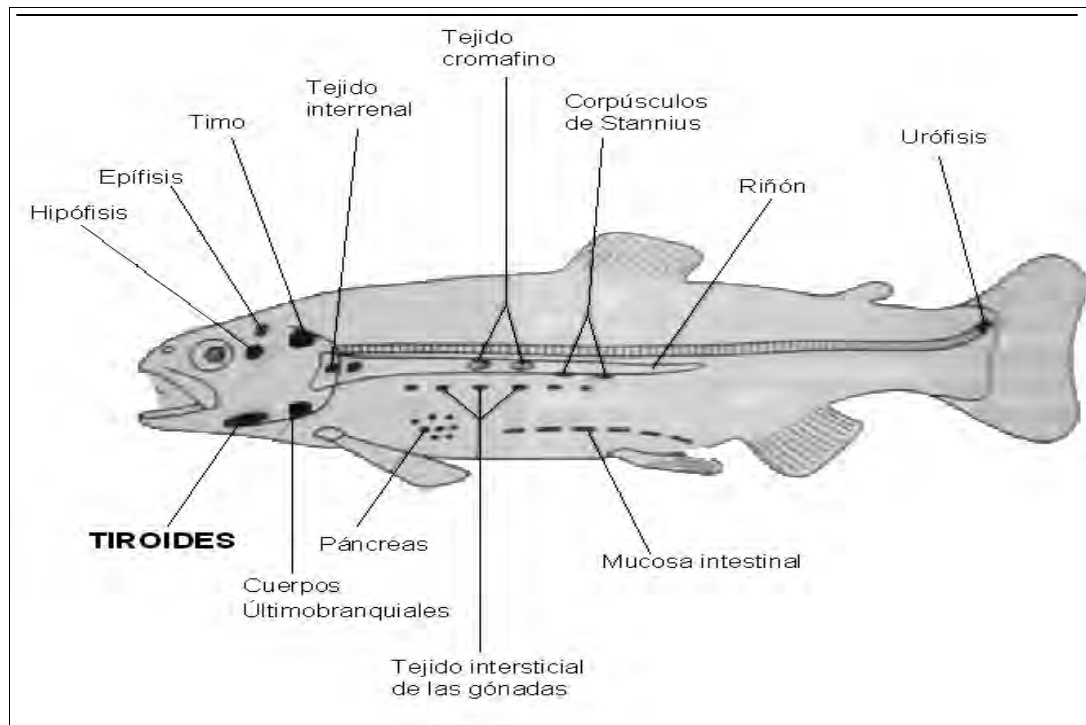
¹⁴¹ VEGAS Op. Cit., p. 168.

¹⁴² ROBERTS, Op. Cit., p. 251.

¹⁴³ VEGAS. Op cit., p. 166.

“La estructura básica de la glándula tiroidea es el folículo tiroideo, que es la unidad funcional tiroidea. Un folículo tiroideo consta de una pared constituida por una sola capa de células epiteliales cilíndricas o tirocitos”¹⁴⁴.

Figura 5. Representación esquemática de la localización de las glándulas endocrinas en los peces teleósteos.



Fuente: KINKELIN, Pierre, MICHEL, Christian y GHITTINO, Pietro. Tratado de las enfermedades de los peces. Traducido por MÚZQUIZ MORACHO, José Luis y ALONSO MARTÍNEZ, José Luis. España. Acribia, S.A. 1991. P. 14. ISBN: 84-200-0686-6.

De acuerdo a Tresguerres¹⁴⁵, las hormonas tiroideas (TH) se sintetizan en la glándula tiroides, están reguladas por una cascada de mensajeros neuroendocrinos que inicia en el hipotálamo con la secreción de la hormona hipotalámica liberadora de la hormona estimulante de la tiroides o TRH (Por sus

¹⁴⁴ HILLMAN GADEA, Natalia. Enfermedades tiroideas. En: El medico interactivo: Diario electrónico de la sanidad. Enero 2003. N° 892. Disponible en internet: <http://www.elmedicointeractivo.com/ap1/emiold/aula2001/tema13/enfermedadestiroideas0.php>.

¹⁴⁵ TRESGUERRES, J.A.F. Fisiología Humana. Citado por NAVARRETE, Pamela. Efecto de la administración de Tiroxina en el crecimiento de juveniles del pez blanco de Pátzcuaro *Menidia estor*. Trabajo de grado para optar al título de Maestra en ciencias biológicas. Morelia, Michoacán, México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Programa institucional de Maestría en ciencias biológicas. 2009. p. 7.

siglas en inglés Thyrotropin-Releasing Hormone), continua en la hipófisis con la secreción de la hormona estimulante de la tiroides o TSH y culmina en la glándula tiroides con la síntesis y secreción de las TH. Estas últimas establecen un sistema de retroalimentación negativa por el cual el aumento de su concentración plasmática inhibe las síntesis y liberación de TSH.

Navarrete¹⁴⁶, señala que la vía metabólica del yodo que conduce a la biosíntesis de las TH ocurre primeramente por la captura de yoduro (I^-) de la sangre a la región baso lateral de los tirocitos el cual es mediado por el transportador sodio/yoduro (NIS). Una vez en el interior, el yodo pasa por la membrana apical al coloide, gracias a transportadores como la pendrina (Cl^-/I^-). “Al mismo tiempo la tiroglobulina (tg) es sintetizada en el retículo endoplasmático rugoso del núcleo del folículo tiroideo”¹⁴⁷. “La tg es transportada hacia el borde apical, para entrar al coloide en el lumen del folículo tiroideo por exocitosis”¹⁴⁸. “En el coloide la presencia de la enzima tiroperoxidasa (TPO), situada en la membrana apical, actúa sobre el yodo mediante una reacción compleja en 3 pasos secuenciales, este proceso es denominado organificación del yodo”¹⁴⁹:

- 1) El yoduro (I^-) es oxidado a yodo (I) por una enzima llamada yoduro peroxidasa.
- 2) Este es incorporado a los residuos de L-tirosina de la tiroglobulina
- 3) La yodación da como resultado en la síntesis de los yodo aminoácidos: monoyodotirosina (MIT) y diyodotirosina (DIT).

“Dependiendo de las necesidades de hormonas tiroideas por parte del organismo, la tiroglobulina yodada es endocitada por la membrana apical en forma de gotas de coloide que posteriormente son degradadas por varias peptidasa que liberan las moléculas de tiroxina (T4) y triyodotironina (T3), que luego entran al torrente sanguíneo”¹⁵⁰ (figura 6).

¹⁴⁶ NAVARRETE. Op. Cit. p. 6

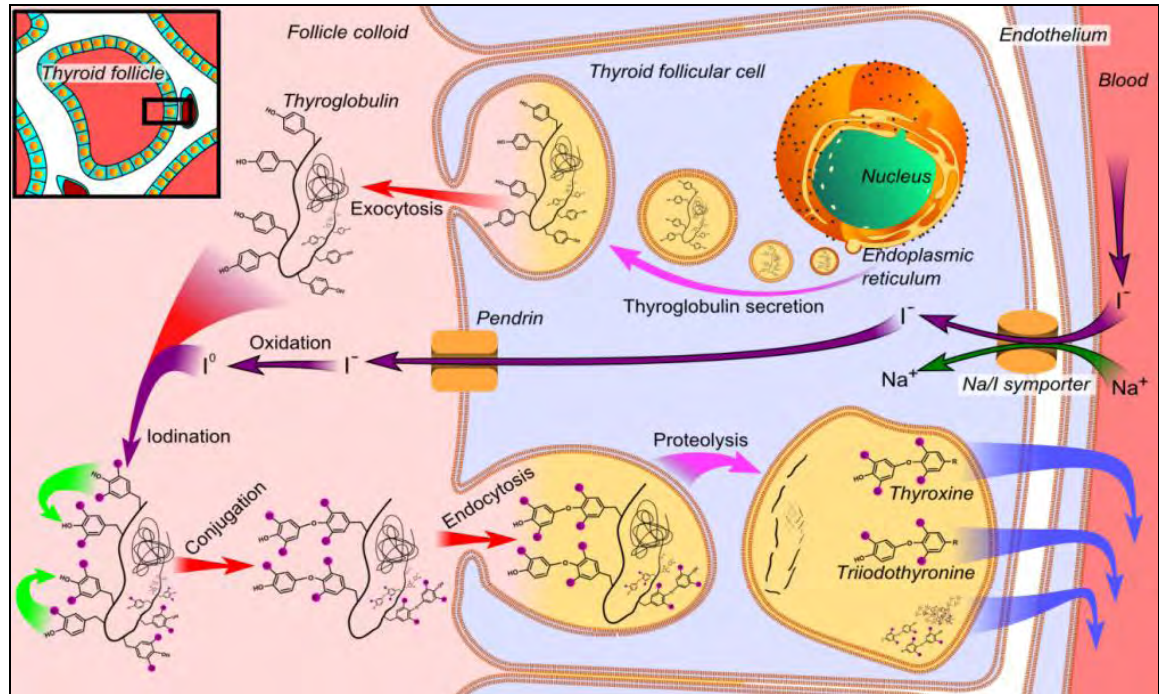
¹⁴⁷ COLABORADORES DE WIKIPEDIA. Hormona tiroidea [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2014 [fecha de consulta: 23 de marzo del 2014]. Disponible en internet: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Hormona_tiroidea&oldid=72099646.

¹⁴⁸ Ibid. p. 1

¹⁴⁹ RIESCO EIZAGUIRRE, Garcilaso y SANTISTEBAN, Pilar. Transportador de yodo (NIS) y su aplicación diagnóstica y terapéutica en diferentes enfermedades. En: Endocrinología y nutrición. Vol 55. Nº 3. 2008. p.1.

¹⁵⁰ RIESCO y SANTISTEBAN. Op. Cit. p.1.

Figura 6. Síntesis de las hormonas tiroideas, vista en una célula folicular tiroidea individual.



Fuente: COLABORADORES DE WIKIPEDIA. Hormona tiroidea [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2014 [fecha de consulta: 23 de marzo del 2014]. Disponible en internet: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Hormona_tiroidea&oldid=72099646

2.7.1. Transporte de las Hormonas Tiroideas (TH). De acuerdo a Robbins citado por Navarrete¹⁵¹, las TH son moléculas altamente hidrofóbicas, por lo que circulan en la sangre unidas a proteínas transportadoras. Estas proteínas van a tener un cierto porcentaje de TH de acuerdo de a la afinidad que tenga la hormona con respecto a la proteína transportadora. Se conocen tres proteínas que unen y transportan a las yodotironinas: la globulina transportadora de tiroxina o TBG, la transtiretina o TTR y la albumina (Alb), de las cuales en “peces se encuentra la TTR y la Alb”¹⁵². “El resultado neto de su interacción con las yodotironinas que es

¹⁵¹ ROBBINS, J. Thyroid hormone transport proteins and the physiology of hormone binding. Citado por NAVARRETE, Pamela. Efecto de la administración de Tiroxina en el crecimiento de juveniles del pez blanco de Pátzcuaro *Menidia estor*. Op. Cit. p. 9.

¹⁵² RICHARDSON, S. J., BRADLEY, A. J., DUAN, W., WETTENHALL, R. E. H., HARMS, P. J., BABON, J. J., SOUTHWALL, B. R., NICOL, S., DONNELLAN, S. C. & SCHREIBER, G. Evolution of marsupial and other vertebrate thyroxinebinding plasma proteins. Citado por NAVARRETE, Pamela. Efecto de la administración de Tiroxina en el crecimiento de juveniles del pez blanco de Pátzcuaro *Menidia estor*. Op. Cit. p. 9.

más del 99% de las TH circulantes se encuentran unidas a estas proteínas pero pueden ser fácilmente liberadas para su entrada a las células. Así en condiciones normales, la concentración de hormona libre es de 0.02% y menor de 0.3% para T4 y T3 respectivamente¹⁵³.

2.7.2. Desyodación. Orozco y Valverde¹⁵⁴, afirman que en los peces la mayor expresión de las desyodasas se presenta en el hígado, pero también ocurre en otros tejidos como el cerebro, intestino, riñón y branquias, y la regulación de la actividad desyodativa en peces responde a diversos factores medioambientales y fisiológicos, tales como la calidad y la cantidad de alimento, el pH, la salinidad, la turbidez del medio, etc.

Eales y Brown citados por Navarrete¹⁵⁵, afirman que la conversión de T4 a las diferentes TH, ocurre mediante la remoción de átomos de yodo de la molécula, proceso conocido como desyodación. De esta manera, la desyodación secuencial de la T4 genera compuestos que contienen menos átomos de yodo en su molécula, la cual se lleva a cabo prácticamente en todos los tejidos periféricos, y esta catalizada por una serie de enzimas llamadas desyodasas, D1, D2 y D3. Estas enzimas difieren en sus propiedades catalíticas y muestran un distinto patrón de expresión durante el desarrollo, así como especie y órgano específico. Además, estas enzimas están reguladas diferencialmente por factores fisiológicos, patofisiológicos y medio ambientales.

2.7.3. Hormonas tiroideas en piscicultura. Navarrete¹⁵⁶, menciona que el uso de hormonas tiroideas en algunas especies de teleósteos, generan efectos positivos al administrarse de manera exógena (cuadro 3).

¹⁵³ ROBBINS, J. Thyroid hormone transport proteins and the physiology of hormone binding. Citado por NAVARRETE, Pamela. Efecto de la administración de Tiroxina en el crecimiento de juveniles del pez blanco de Pátzcuaro *Menidia estor*. Op. Cit. p. 9.

¹⁵⁴ OROZCO y VALVERDE. Thyroid Hormone Deiodination in fish. Citado por NAVARRETE, Pamela. Efecto de la administración de Tiroxina en el crecimiento de juveniles del pez blanco de Pátzcuaro *Menidia estor*. Op. Cit. p. 13.

¹⁵⁵ EALES, J. G. y BROWN, S. B. Measurement and regulation of thyroidal status in teleost fish. Citado por NAVARRETE, Pamela. Efecto de la administración de Tiroxina en el crecimiento de juveniles del pez blanco de Pátzcuaro *Menidia estor*. Op. Cit. p. 11.

¹⁵⁶ NAVARRETE. Op. Cit., p. 20

Cuadro 3. Efecto en la supervivencia y crecimiento por la administración de TH en algunas etapas del desarrollo de peces.

| Especie | Tratamiento/ Edad | Hormona (días de exposición) | Dosis | Supervivencia | Crecimiento | Referencia |
|---------------------------------|------------------------------|---|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------|
| <i>Sarotherodon mossambicus</i> | IL/2DPH | T4 (9) | 0.1 ppm | + | + | Lam, 1980 |
| <i>Tilapia nilotica</i> | IL/3DPH | T4 (30) | 0.1 – 0.3 ppm | ND | + | Nacario, 1983 |
| <i>Cyprinus carpio</i> | IL, IH / 2DPH | T4 (8) | 0.01 – 0.05 ppm | + | + | Lam y Sharma, 1985 |
| <i>Carassius auratus</i> | IL/30dph | T4 (40) | 0.05 y 0.1 ppm | ND | + | Reddy y Lam, 1992 |
| <i>Epinephelus coioides</i> | IL/30DPH | T3, T4 (15) | 0.01, 0.1, 1 ppm | 0.01 – 0.1 (+) 1 ppm (-) | ND | De Jesús <i>et al.</i> , 1998 |
| <i>Paralichthys dentatus</i> | IL / 50DPH | T4 (30) | 0.1 ppm | = | Aceleró metamorfosis | Schreiber y Specker, 1998 |
| <i>Danio rerio</i> | IL / 5DPH | T4 (42) | 0.03 ppm | ND | + | Lam <i>et al.</i> , 2005 |
| <i>Salvelinus alpinus</i> | Juveniles / 120 DPH | T4 (5) | 50, 75 mg/kg dieta | ND | + | Martínez <i>et al.</i> , 1995 |
| <i>Morone saxatilis</i> | IM | T3 | 20 mg/kg peso | + | + | Brown, 1988 y 1989 |
| <i>Siganus guttatus</i> | IM | T4 | 1, 10, 100 µg/g peso | + | = | Ayson y Lam, 1993 |
| <i>Pagrus major</i> | IM | T3 | 20 mg/kg peso | - | - | El-Zibdeh <i>et al.</i> , 1996 |
| <i>Seriola lalandi</i> | IMP | T3 | 20 mg/kg peso | + | - | Tachira <i>et al.</i> , 1997 |

Donde **IL**: inmersión de larvas, **IH**: inmersión huevos, **IM**: inyección a madre, **IMP**: inyección a madre y padre, **DPB**: días después de eclosión, **+**: mayor al tratamiento control; **-**: menor al tratamiento control, **=**: sin diferencia significativa con el tratamiento control, **ND**: no determinado.

Fuente: NAVARRETE, Pamela. Efecto de la administración de Tiroxina en el crecimiento de juveniles del pez blanco de Pátzcuaro *Menidia estor*. Trabajo de grado para optar al título de Maestra en ciencias biológicas. Morelia, Michoacán, México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Programa institucional de Maestría en ciencias biológicas. 2009. p. 21.

2.7.4. L-tirosina en piscicultura. El uso de hormonas en el cultivo de animales, comienza a ser visto de manera nociva para el medio ambiente y los consumidores. Con la falta de normas para el control de los insumos o productos utilizados en los sistemas de producción animal a escala industrial, las consecuencias potenciales para la salud de las comunidades son de gran preocupación. Por lo anterior Hoshiba¹⁵⁷, recomienda el enriquecimiento de los alimentos y los piensos con L-tirosina, puede ser una manera de estimulación en la producción de las hormonas tiroideas, por ende una alternativa para reemplazar el uso directo de hormonas en criadero de peces.

Hoshiba¹⁵⁸, en ensayos realizados con *Brycon amazonicus*, reporta que el uso de Artemia enriquecida con L-tirosina ha mejorado las variables productivas como longitud, peso, reducción del canibalismo y supervivencia; sin embargo los resultados aún no son lo suficientemente satisfactorios debido a que no se ha estandarizado las dosis y el método de inclusión adecuado que permita porcentajes de enriquecimiento alto dentro del alimento vivo utilizado actualmente como es la Artemia, el cuál permita obtener mejores rendimientos durante la fase de larvicultura, debido a que está comprobado que el uso de este aminoácido tiene influencia indirecta.

¹⁵⁷ HOSHIBA. Op. Cit. p. 31.

¹⁵⁸ Ibid., p. 42.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Ficología y Productividad Primaria del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño (Figura 7), ubicado en la ciudad de San Juan de Pasto, en coordenadas geográficas: 1°12' 52.48" Norte, 77° 16' 41.22" Oeste, a 2527 m.s.n.m.¹⁵⁹ temperatura promedio de 13.3°C y una humedad relativa de 60 a 88%¹⁶⁰.

Figura 7. Localización geográfica de la Universidad de Nariño.



Fuente: VIVE NARIÑO. Disponible en internet. URL: <http://www.vivenarino.com/>

3.2. INSTALACIONES

El laboratorio está conformado por un sistema de acuarios, sistema eléctrico, de aireación, gas y agua potable. (Figura 8).

3.2.1. Sistema eléctrico y termostatos. Se realizaron conexiones eléctricas para el suministro de energía a termostatos de 50 Watts, dispuestos en cada unidad

¹⁵⁹ ALCALDÍA DE PASTO. Información general. San Juan de pasto. Colombia, Pasto. (Fecha de consulta: 19 de octubre 2011). Disponible en internet: http://www.pasto.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=60&Itemid=61.

¹⁶⁰ COLABORADORES DE WIKIPEDIA. San Juan de Pasto. (fecha de consulta: 19 de octubre 2011) .En: Wikipedia La Enciclopedia Libre. Disponible en internet: http://es.wikipedia.org/wiki/San_Juan_de_Pasto.

experimental. La energía eléctrica en el laboratorio presentó una frecuencia de 50 Hertz y una tensión o voltaje de 110 voltios.

3.2.2. Sistema de aireación. Constó de un sistema de tubería para la distribución de aireación a los diferentes acuarios, se acondicionó un blower GF-180 con caudal de 300 Lpm de aire y 180 watts, el cual funcionó de manera constante. La regulación de aire se controló por llaves de acuario para cada unidad experimental.

Figura 8. Instalaciones para la evaluación de larvas de bagre rayado alimentadas con artemia enriquecida con tirosina.



3.3. EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

Equipos

- Balanza de precisión, OHAUS PA313, capacidad máx. 310 g sensibilidad 0,001 g
- Cámara digital Sony, DSC – W120.
- Blower GF-180
- pH metro Vwt8010
- Computador HP Pavilion g4-1072la
- Calculadora CASIO fx- 82 MS

- Termostato 50 watts
- Microscopio con micrómetro, OLYMPUS CX 21FS1
- Estereoscopio, NATIONAL 407TBL
- Cámara Sedgwick Rafter
- Sonda multiparámetros YSI 550 A
- Fotómetro Ecotech

Materiales

- Tamiz de 60 y 100 micras
- Piedras difusoras
- Manguera de aireación 5 mm
- Llaves de acuario
- Plástico negro
- Beakers de 50 ml y de 500 ml
- Cajas Petri
- Mortero
- Acuarios en acrílico 18 L de capacidad
- Estante metálico
- Tanque plástico de 50 L
- Nasas
- Jeringas
- Baldes plásticos de 10 L

Insumos

- L-Tirosina, Solgar
- Alimento vivo *Artemia*, Mackay Marine AAA
- Hipoclorito comercial
- Sal marina
- Quinaldine “QLD”- Water Treatment

3.4. MATERIAL BIOLÓGICO

Se realizó la reproducción inducida de bagre rayado *P. fasciatus* (anexo A) en la estación piscícola Aquamazonia del departamento del Putumayo, donde se obtuvieron 2160 larvas de bagre rayado *P. fasciatus* de 20 horas post eclosión (HPE), requeridas para esta investigación.

3.5. PERIODO DE ESTUDIO

La investigación se realizó durante un año, tiempo en el cual se realizó la adecuación y acondicionamiento de reproductores en la empresa Aquamazonia, adecuación de laboratorio, obtención del material biológico, sistematización de los protocolos productivos en campo y en condiciones de laboratorio mediante pre-ensayos, elaboración del informe final y trabajo de campo durante 12 días

3.6. PLAN DE MANEJO

3.6.1. Lavado y desinfección. Los acuarios y los elementos del laboratorio se desinfectaron, con una solución de hipoclorito a una concentración de 2000 ppm, posteriormente estos fueron lavados con abundante agua. Adicionalmente se realizó una limpieza al sistema de recirculación con permanganato de potasio a razón de 3 mg.L⁻¹, con el fin de evitar la presencia de agentes contaminantes en los acuarios.

3.6.2. Montaje del sistema de acuarios. Se usaron 12 acuarios de 20 L de capacidad total, con forma trapezoidal con las siguientes dimensiones: Longitud: 0,38 m, ancho: 0,24m, altura: 0,24 m., estos permanecieron tapados con plástico azul, con el fin de evitar la evaporación del agua y generar una atmósfera de aire caliente, evitando trastornos fisiológicos en las larvas.

3.6.3. Fotoperiodo. Se manejó 19 horas oscuridad y 5 horas luz, con el fin de estimular el hipotálamo¹⁶¹, para la producción de hormonas tiroideas

3.6.4. Sustrato de fijación: Se empleó trozos de tubería dispuestos horizontalmente sobre las unidades experimentales para la fijación de larvas, siendo este un factor importante en las especies bentónicas durante su estado larval.

3.6.5. Aclimatación y siembra. Se realizó la aclimatación de las larvas, hasta que las condiciones físico-químicas del agua en que llegaron se estabilicen con la presente en los acuarios de recepción, para esto se midieron los siguientes parámetros: pH, temperatura y oxígeno continuamente; finalmente se distribuyeron las larvas aleatoriamente en cada unidad experimental.

3.6.6. Alimento y Alimentación. La Artemia se descapsuló de acuerdo a lo descrito por Wedler¹⁶² modificado, posteriormente los nauplios de artemia se

¹⁶¹ VEGAS. Op. Cit., p. 170.

¹⁶² WEDLER, Op. cit., p. 208.

colocaron en una solución de 0, 130, 260 y 520 mg de L-tirosina.L⁻¹ de agua durante el periodo de eclosión. El suministro de Artemia se llevó a cabo de acuerdo a la tabla 4, y se inició la alimentación a las 52 HPE, 5 veces al día, en intervalos de cada cuatro horas, esto con el fin de evitar la acumulación de alimento no consumido y disminuir la calidad del agua, observado en un ensayo preliminar donde se percató que en los primeros días post-eclosión (DPE) estos no consumen altas cantidades de nauplios, por lo cual se realizó una tabla de alimentación por día, como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3. Cantidad de nauplios para la alimentación de larvas de bagre rayado (*P. fasciatus*).

| Día | Nauplio/día |
|-----|-------------|
| 1 | 300 |
| 2 | 350 |
| 3 | 400 |
| 4 | 450 |
| 5 | 500 |
| 6 | 550 |
| 7 | 600 |
| 8 | 650 |
| 9 | 700 |
| 10 | 750 |
| 11 | 800 |
| 12 | 850 |

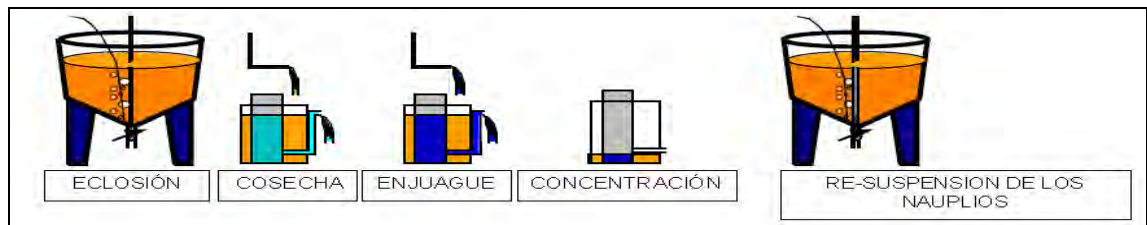
Para el conteo de artemia se tuvo en cuenta la técnica volumétrica establecida por Gallardo citado por Acosta *et al*¹⁶³, que consiste en cosechar y confinar los nauplios recién eclosionados en un recipiente de 4.L. Se homogenizan y se seleccionan en tres muestras de 1,0 ml en la cámara Sidgewick Rafter previamente fijadas con lugol para inmovilizar los nauplios y posteriormente realizar el conteo de cada muestra y extrapolar el promedio al volumen de 4 L.

¹⁶³ GALLARDO P. Alimentación planctónica de larvas de camarón blanco (*Penaeus vannamei*). Citado por ACOSTA MUÑOZ, Alfonso Hernando, ORTEGA MONTENEGRO, Cesar, SANGUINO ORTIZ, Wilmer René, CEBALLOS RUIZ, Bráulio Leonel y LÓPEZ MACÍAS, Jorge Nelson. Evaluación de tres tipos de alimento como dieta en post-larvas de sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*, Cope 1872). 2010. Vet. Zootec: Vol. 4 N° 1. p. 44.

3.6.7. Bioencapsulación de Artemia. Las dosis se calcularon de acuerdo a Hoshiba¹⁶⁴, quien obtuvo un 5% de enriquecimiento al usar 6,5, 13 y 26 mg de tirosina/L, dichos niveles fueron incrementados a un 100% para la presente investigación.

El procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera: los nauplios de artemia se colocaron en un recipiente de vidrio con capacidad de 5 L, para ser enriquecidos con el aminoácido L-tirosina (Figura 9). El medio de enriquecimiento consistió en agua dulce, a una temperatura de 40°C (Figura 10), con el fin de disolver la L-tirosina y suministrarla al medio de cultivo de artemia, el cual fue dosificado en dos partes (figura 11) una a las 12 horas y otra a las 24 HPE de la artemia, al 50% de la dosis mencionada en los tratamientos. La artemia permaneció inmersa en la solución por 36 horas, finalmente a las 48 HPE¹⁶⁵ se cosechó en tamices de 60 µm por fototropismo positivo, los cuales fueron lavados y ofrecidos como alimento de forma inmediata a las larvas de bagre.

Figura 9. Preparación de nauplios de artemia.



Fuente: Manual para la producción y Uso de organismos Zooplanctónicos. (Fecha de consulta: agosto, 2012). P 27. Disponible en internet: <http://mail-cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/artemia/cartillas/27-30.pdf>

Figura 10. Preparación de L-tirosina.

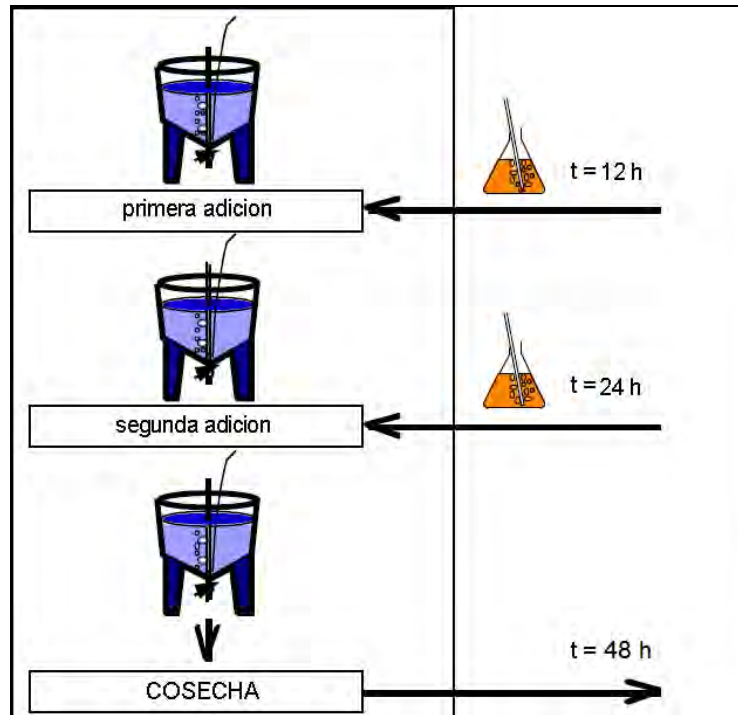


Fuente: Modificado. Manual para la producción y Uso de organismos Zooplanctónicos. (Fecha de consulta: agosto, 2012). P 27. Disponible en internet: <http://mail-cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/artemia/cartillas/27-30.pdf>.

¹⁶⁴ HOSHIBA. Op. Cit., p. 40.

¹⁶⁵ PORTAL PEZ. Alimentación De Peces De Acuario: La artemia salina (online). [citado el 25 Enero de 2014]. Disponible en internet: <http://www.portalpez.com/la-artemia-salina-vt2425.html>.

Figura 11. Protocolo de enriquecimiento de artemia con L-tirosina.



Fuente: Modificado. Manual para la producción y Uso de organismos Zooplanctónicos. (Fecha de consulta: agosto, 2012). P 27. Disponible en internet: <http://mail-cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/artemia/cartillas/27-30.pdf>.

3.6.8. Condiciones del agua. Se contó con dos tanques plásticos de 100L y 200L de capacidad, los cuales mantuvieron constantemente agua limpia y declorinada. Se taparon con plástico para evitar la suspensión de partículas como polvo e insectos. Se tuvo en cuenta que al tomar agua del acueducto, ésta debió permanecer en reposo al menos 2 días para ser utilizada, con el fin de garantizar la sedimentación de metales pesados que puede afectar el sistema.

3.6.9. Recambios y sifoneo de Acuarios. El sifoneo se realizó diariamente utilizando una manguera de 5 mm de diámetro y un recipiente colector, para evitar la acumulación de materia orgánica en forma de heces o alimento no consumido sobre el fondo, y se reemplazó el 20% de agua diaria, este volumen de recambio se tomó de acuerdo a un pre-ensayo.

3.6.10. Monitoreo de Parámetros Físico-Químicos del agua. Se tomaron los siguientes parámetros: pH, oxígeno disuelto, temperatura, dos veces por día mediante pH-metro y sonda multiparámetros; el amonio, nitritos, nitratos, se

midieron mediante fotómetro, los sólidos suspendidos totales y DQO por colorimetría, dureza total por titulación y DBO₅, por el método winkler los cuales fueron medidos dos veces en semana, mediante los procedimientos de los laboratorios de calidad de aguas del programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño¹⁶⁶.

3.6.11. Muestreos. Se llevó a cabo un muestreo inicial del 2% para toda la población con lo cual se determinó el peso y longitud inicial para todas las unidades experimentales. Durante el experimento se realizaron 3 muestreos para peso y longitud a los 4, 8 y 12 días, para ello se capturaron el 6% de larvas de cada unidad experimental, de las cuales se tomó la longitud con ayuda de un estereoscopio con micrómetro.

3.6.12. Descarte de mortalidad. Los animales muertos se retiraron diariamente, antes de alimentar y durante los recambios de agua revisando cada unidad experimental y posteriormente fueron registrados.

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con sub-muestreo conformado por cuatro tratamientos y tres réplicas por tratamiento, para un total de 12 unidades experimentales. Cada unidad experimental estaba conformada por un acuario de 18 litros de capacidad efectiva y 180 larvas de bagre rayado. Para la toma de decisiones se asumió un $\alpha = 0,05$.

Este diseño está representado por el siguiente modelo matemático:

Dónde:
$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} + \eta_k$$

Y_{ijk} = Variable respuesta.

μ = Media poblacional.

τ_i = Efecto medio del i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Error experimentado asociado a la j-ésima réplica sometida al i-ésimo tratamiento.

η_k = Error de muestreo asociado a la k-ésima muestra.

¹⁶⁶ CÁRDENAS, Gloria. Guía de laboratorio calidad de agua para acuicultura I: Métodos adaptados de los "Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales" 17 Edición de la APHA, AWWA y WPCF, 1998. y de las guías de laboratorio de la Universidad del Valle. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 2009.

Las variables como tasa de crecimiento específico de peso y longitud, temperatura, oxígeno, pH, nitritos, nitratos, dureza, sólidos suspendidos, DBO₅ y DQO, cumplieron con los supuestos estadísticos de: independencia (Durbin-Watson), verificación de varianza (Bartlett), prueba de normalidad (valor Z- para asimetría) e identificación de valores atípicos (Prueba de Grubbs') (Anexo B), los cuales fueron analizados a través del análisis de varianza (ANOVA), posteriormente las variables que obtuvieron diferencias significativas se analizaron con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Para las variables supervivencia y canibalismo se aplicó la prueba de Brand-Snedecor y la prueba de contraste de 2 proporciones, para las variables que presentaron diferencias significativas.

3.7.1. Tratamientos. Se evaluaron cuatro tratamientos con tres réplicas de la siguiente manera:

T1: Artemia sin inclusión de L-tirosina
T2: Artemia enriquecida con 130 mg de L-tirosina /L
T3: Artemia enriquecida con 260 mg de L-tirosina /L
T4: Artemia enriquecida con 520 mg de L-tirosina /L

3.7.2. Formulación de hipótesis. Las hipótesis a comprobar fueron:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

No existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Por lo menos una de las medias de los tratamientos presenta diferencia estadísticas significativas.

3.7.3. Variables evaluadas. Se evaluaron las siguientes variables:

- **Incremento de peso.** Ganancia de peso que presentan los individuos durante el periodo de estudio. Por lo tanto es la diferencia entre el peso adquirido al final del periodo y el peso inicial.

$$IP = Pf - Pi$$

Dónde:

IP: Incremento de peso al final del periodo experimental
PF: Peso final
PI: Peso inicial

- **Incremento de longitud.** Diferencia entre la longitud final que se obtiene al finalizar el periodo experimental, menos la longitud inicial a las 48 HPE.

$$IL = L_f - L_i$$

Dónde:

IL: Incremento de longitud al final del periodo experimental

LF: Longitud final

LI: Longitud inicial

- **Tasa de crecimiento específica.** Es el incremento de peso expresado en porcentaje, de un individuo durante el periodo de estudio. Se estimó de acuerdo con Hopkins citado por Toledo y Viana¹⁶⁷.

$$TCE = \frac{Ln_f - Ln_i}{t} \times 100$$

Dónde:

Ln (w_f): Logaritmo natural del peso final.

Ln (w_i): Logaritmo natural del peso inicial.

T: tiempo de cultivo.

- **Mortalidad atribuida al canibalismo (%) (MC):** Conocida como tasa de canibalismo, se calculó según la formula descrita por Hung citado por Martínez¹⁶⁸. Representa el porcentaje de larvas desaparecidas en los acuarios.

$$MC \% = 100 - [\text{supervivencia} (\%) + MNC (\%)]$$

Dónde:

MNC: mortalidad no atribuida al canibalismo.

¹⁶⁷ TOLEDO AGÜERO, P. y VIANA MT. Composición de ácidos grasos en juveniles de abulón *Haliotis tuberculata coccinea* alimentados con dietas formuladas con diferentes contenidos de HUFA n3. *En: Ciencias marinas*. 2009. Vol. 35. Nº. 1. P. 105. ISSN 0185-3880.

¹⁶⁸ MARTÍNEZ SILVA, Fabián Leonardo. Desempeño de post-larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma* sp.) y yagre producto del cruce macho rayado (*Pseudoplatystoma* sp.) por hembra yaque (*Leiarius marmoratus*) Gill. 1871, durante un acondicionamiento alimentario. (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae). Trabajo de grado para optar el título de zootecnista. Bogota D.C. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales U.D.C.A. Facultad de ciencias pecuarias. Departamento de zootecnia. 2011. p. 46.

- **Supervivencia.** Porcentaje de individuos vivos en un periodo determinado; se define como la relación entre el número final y número inicial de animales.

$$S = \frac{N^{\circ} AF}{N^{\circ} AI} \times 100$$

Donde:

S: Supervivencia larval.

Nº AF: Número de animales finales.

Nº AI: Número de animales iniciales.

- **Análisis parcial de costos.** Es el índice que resulta de dividir los beneficios (flujos efectivos) entre los costos variables, a precios actuales de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$RBC = \frac{B}{C}$$

Dónde:

RBC: Relación beneficio costo.

B: beneficio.

C: costo.

4. RESULTADOS

4.1. PESO

El peso promedio inicial de las larvas presentó un bajo coeficiente de variación (CV) del 18,33%¹⁶⁹. Presentándose al finalizar el ensayo una mayor disparidad de pesos en el tratamiento control, reflejando un CV medio de 20.66%¹⁷⁰, por otra parte el T3 presentó mayor homogeneidad de pesos con un CV del 17,48%.

De acuerdo a la tabla 4, el mayor peso se presentó en el T2 con $74,15 \pm 13,44$ mg y el menor peso en el T3 con $55,73 \pm 9,74$ mg, al finalizar el periodo de estudio.

Tabla 4. Peso de larvas de *P. fasciatum* (mg) durante el periodo experimental.

| T | Peso inicial (mg) | 2 muestreo (mg) | 3 muestreo (mg) | 4 muestreo (mg) |
|---|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 1 | $1,17 \pm 0,21$ | $9,00 \pm 2,50$ | $31,97 \pm 7,84$ | $72,27 \pm 14,93$ |
| 2 | $1,17 \pm 0,21$ | $10,73 \pm 2,18$ | $33,03 \pm 5,74$ | $74,15 \pm 13,44$ |
| 3 | $1,17 \pm 0,21$ | $10,64 \pm 2,15$ | $26,70 \pm 4,33$ | $55,73 \pm 9,74$ |
| 4 | $1,17 \pm 0,21$ | $9,88 \pm 2,07$ | $26,76 \pm 5,82$ | $54,55 \pm 9,57$ |

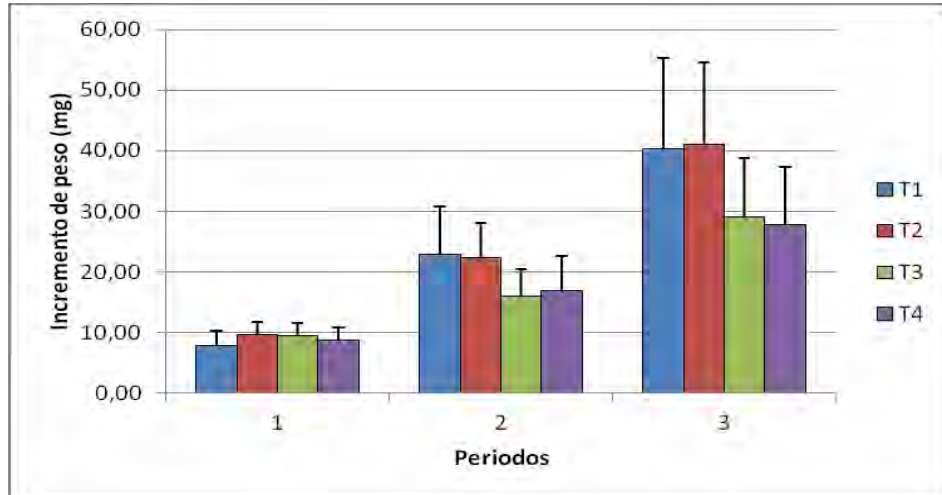
4.2. INCREMENTO DE PESO (IP)

La figura 12 indica el incremento periódico de peso, el periodo 1 corresponde entre el primer y cuarto día de evaluación, el periodo 2 entre el quinto y octavo día y finalmente el 3 periodo a partir del día nueve hasta finalizar el ensayo al 12º día. Se puede apreciar que el T1 y T2 obtienen una mayor ganancia de peso a partir del segundo periodo, esto refleja al final del estudio un mayor promedio de 5,93 y 6,08 mg/día respectivamente (ver anexo C). Los menores incrementos de peso se presentaron en el T3 y T4 con 4,55 y 4,45 mg/día.

¹⁶⁹ SOLARTE, Carlos. GARCIA, Hernán. IMUEZ, Marco. Bioestadística: Aplicaciones en Producción y Salud Animal. 2008. Universidad de Nariño. p 36.

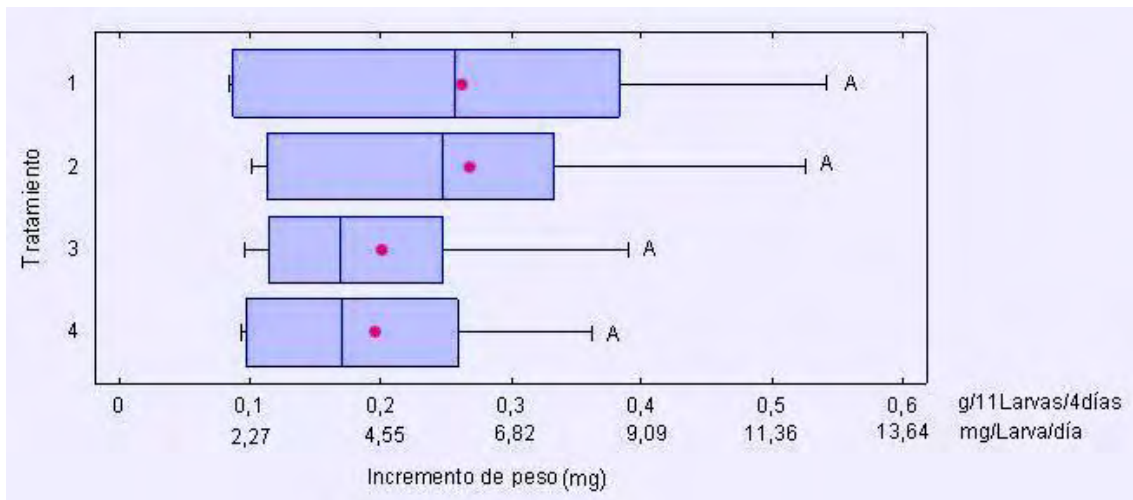
¹⁷⁰ Ibíd., p.36.

Figura 12. Incremento de peso (mg) por periodo.



La Figura 13 muestra los incrementos de peso durante los doce días de evaluación, se puede observar que el T3 presenta un rango intercuartílico menor a los demás, esto significa que existe mayor homogeneidad de las muestras analizadas, a diferencia del T1 y T2, el cual tiene el rango intercuartílico más amplio, por lo tanto se presentó los incrementos de pesos más variables. El máximo y mínimo incremento de peso corresponde a 11,5 y 2,1 mg/día aproximadamente, obtenidos en el tratamiento control. El análisis de varianza para TCE en peso indica que ninguno de los tratamientos presentó efecto sobre la variable incremento de peso con un 95% de significancia (ver anexo D).

Figura 13. Incremento de peso (mg) total.



4.3. TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (TCE)

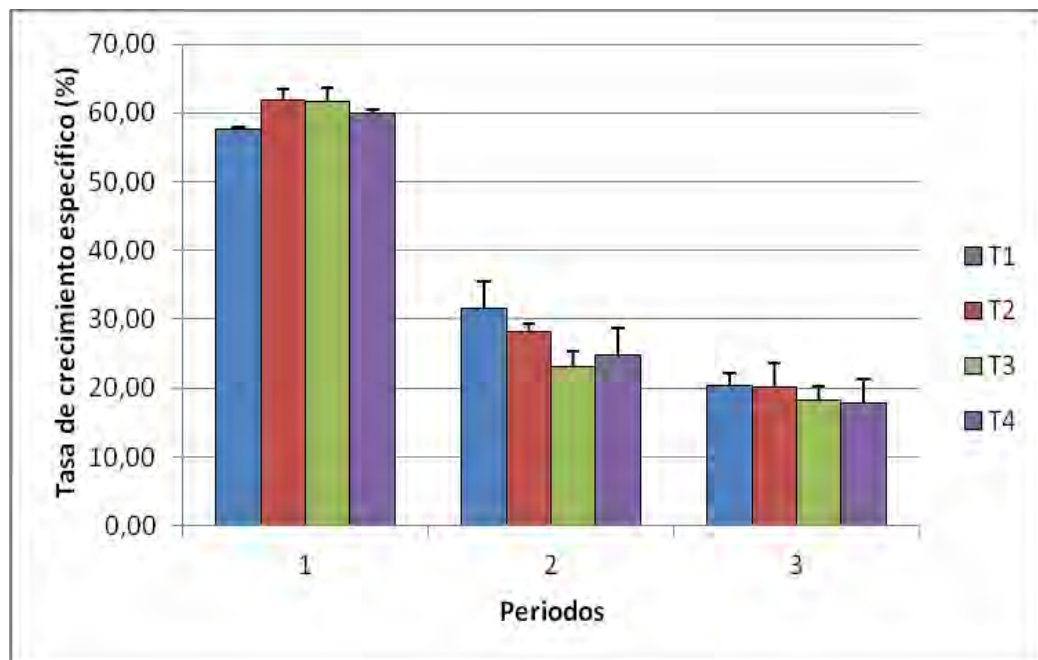
De acuerdo al análisis de varianza la tasa de crecimiento específica, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (ver anexo D). Conforme a la tabla 5 el tratamiento con mayor tasa de crecimiento específico es el T2 con un promedio de $36,72 \pm 22,20\%$ y presentando una tasa menor de $34,19 \pm 22,52\%$ en el T3.

Tabla 5. Valores promedio de la TCE (%) en larvas de *P. fasciatum*

| | Periodo 1 (%) | Periodo 2 (%) | Periodo 3 (%) | Promedio |
|----|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| T1 | $57,56 \pm 0,44$ | $31,52 \pm 3,92$ | $20,36 \pm 1,85$ | $36,48 \pm 19,09$ |
| T2 | $61,93 \pm 1,44$ | $28,14 \pm 1,17$ | $20,09 \pm 3,46$ | $36,72 \pm 22,20$ |
| T3 | $61,69 \pm 1,94$ | $23,02 \pm 2,41$ | $18,25 \pm 2,09$ | $34,32 \pm 23,82$ |
| T4 | $59,89 \pm 0,53$ | $24,76 \pm 3,87$ | $17,92 \pm 3,39$ | $34,19 \pm 22,52$ |

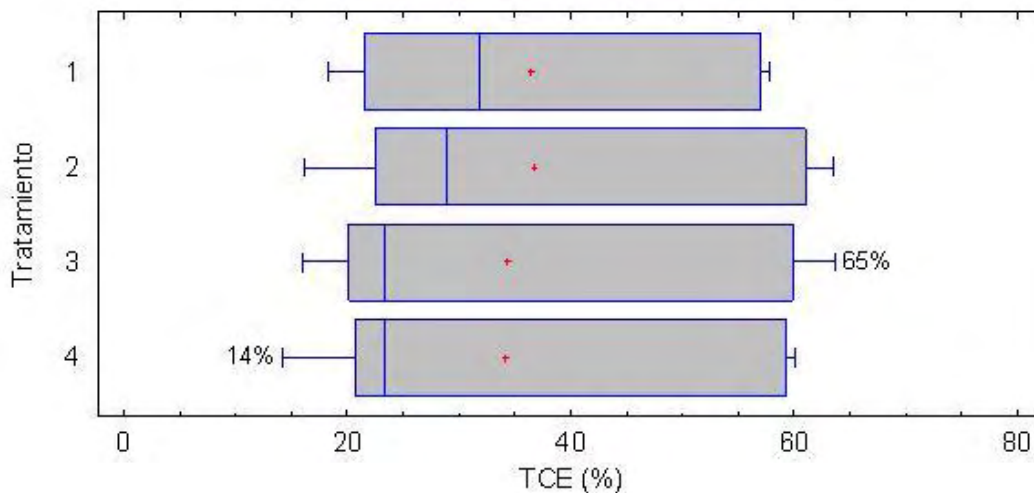
La Figura 14 muestra la disminución en el porcentaje de la TCE a medida que las larvas presentan mayor edad, pasando en promedio del 60% a un 20% entre el primer y 12º día de experimentación.

Figura 14. Tasa de crecimiento específico (%).



La Figura 15 sugiere que todos los tratamientos poseen un rango intercuartílico análogo, es decir que las variaciones en los porcentajes de crecimiento específico fueron similares. La máxima y mínima TCE corresponde a 65 y 14% en los tratamientos T3 y T4 respectivamente. De acuerdo al análisis de varianza la tasa de crecimiento específica, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, con un nivel de confianza del 95% (ver anexo D).

Figura 15. Diagrama de caja para tasa de crecimiento específico (%).



4.4. LONGITUD

Según la tabla 6 la longitud promedio inicial presentó un bajo coeficiente de variación del 6,34%¹⁷¹, igualmente en los demás muestreos el coeficiente de variación no superó el 20%. En cuanto a longitud final el T2 resultó con el mejor promedio de $22,19 \pm 1,19$ mm, y la menor longitud se obtuvo en el T4 con $19,78 \pm 1,66$ mm.

Tabla 6. Longitud de larvas de *P. fasciatum* durante el periodo experimental

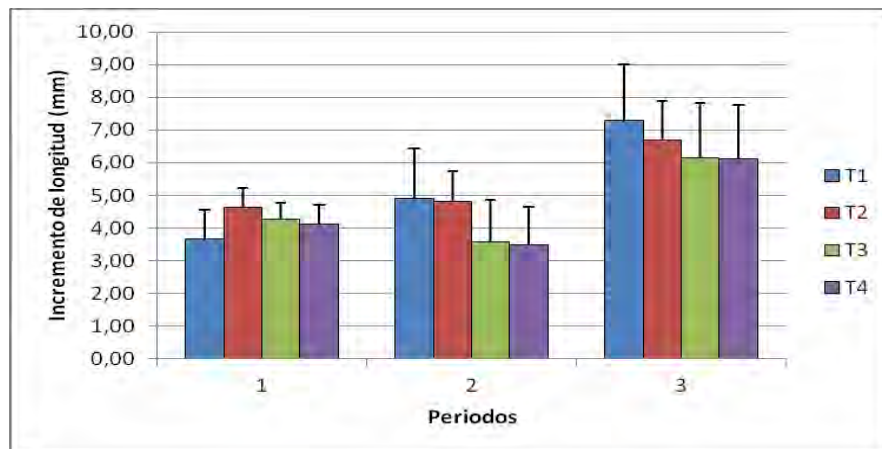
| T | L inicial (mm) | 2 muestreo (mm) | 3 muestreo (mm) | 4 muestreo (mm) |
|---|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | $6,04 \pm 0,38$ | $9,71 \pm 0,9$ | $14,61 \pm 1,51$ | $21,91 \pm 1,70$ |
| 2 | $6,04 \pm 0,38$ | $10,68 \pm 0,58$ | $15,50 \pm 0,92$ | $22,19 \pm 1,19$ |
| 3 | $6,04 \pm 0,38$ | $10,31 \pm 0,50$ | $13,89 \pm 1,28$ | $20,04 \pm 1,69$ |
| 4 | $6,04 \pm 0,38$ | $10,16 \pm 0,58$ | $13,66 \pm 1,15$ | $19,78 \pm 1,66$ |

¹⁷¹ SOLARTE. Op. Cit. P. 36.

4.5. INCREMENTO DE LONGITUD (IL)

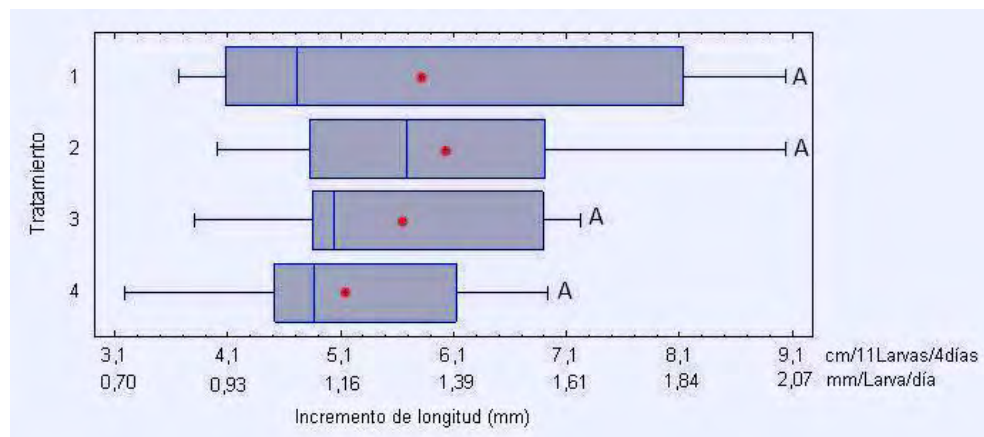
En la Figura 16 se puede apreciar que el T1 y T2 obtienen una mayor ganancia de longitud a partir del segundo periodo, esto refleja un mayor promedio al finalizar el periodo experimental con 1,32 y 1,35 mm/día respectivamente (ver anexo F).

Figura 16. Incremento de longitud por periodo (mm)



El T1 presento la mayor variabilidad de los datos posiblemente al canibalismo presentado, por el contrario la variabilidad de los datos fue similar en T3 y T4. El máximo incremento de longitud fue obtenido en el T1 y T2 con un crecimiento de 2 mm/día y el mínimo incremento de longitud de observó en torno a 0.7 mm/día para el T4 (Figura 17). El análisis de varianza para TCE en longitud indica que ninguno de los tratamientos presento efecto sobre la variable incremento de longitud con un 95% de significancia (ver anexo G).

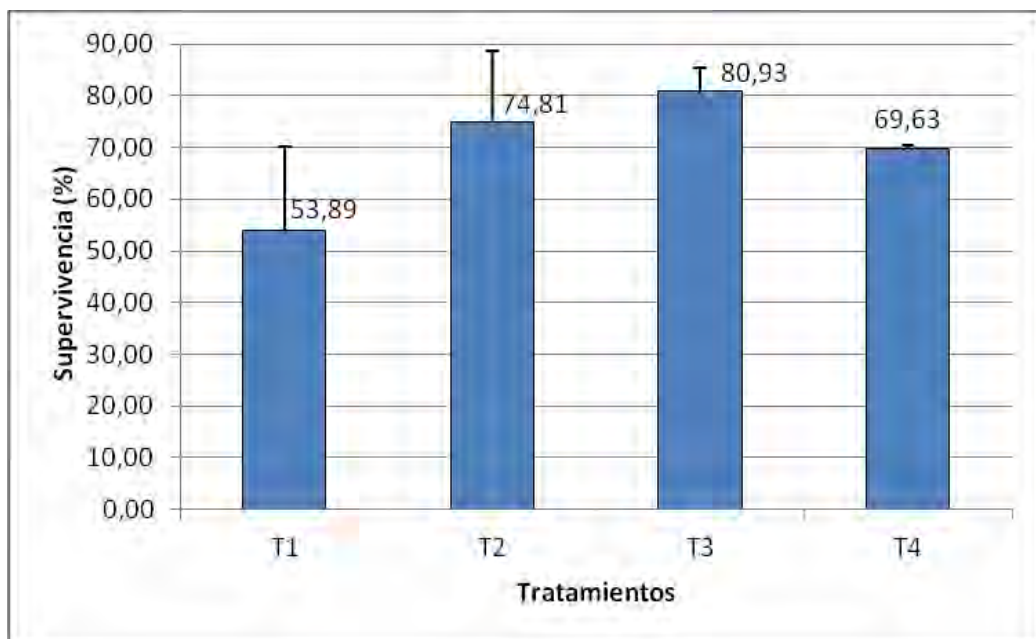
Figura 17. Diagrama de caja para incremento de longitud (mm)



4.6. SUPERVIVENCIA

La mayor tasa de supervivencia se encontró en el T3 con $80.93 \pm 4.5\%$, seguido por el T2: $74.81 \pm 13.9\%$, T4: $69.63 \pm 0.8\%$ y T1 $53.89 \pm 16.3\%$ como se muestra en la figura 18. Al finalizar el periodo de estudio, la prueba de Brand y Snedecor indicó la presencia de diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de confianza y la prueba de comparación de dos proporciones indicó diferencias significativas entre todos los tratamientos ($p < 0,05$) (ver anexo H).

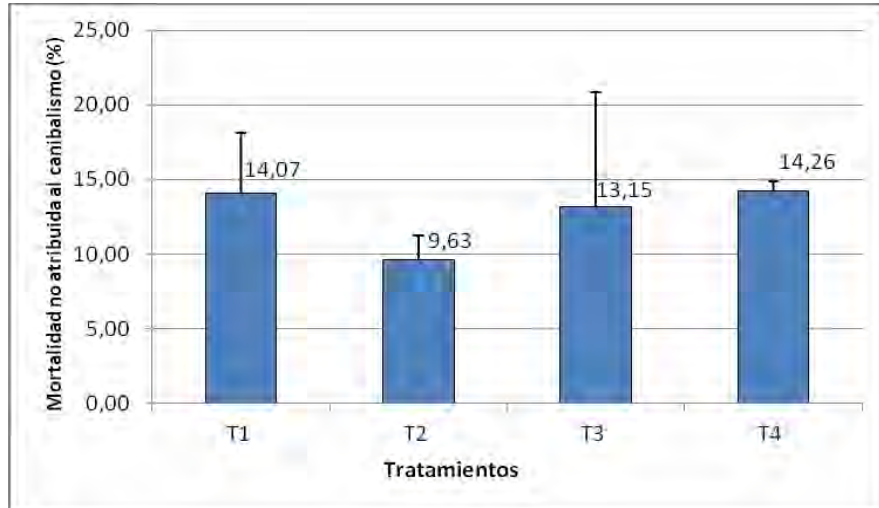
Figura 18. Porcentaje de supervivencia por tratamiento.



4.6.1. Mortalidad no atribuida al canibalismo.

Se observa en la figura 19 que el T4 presentó en promedio la más alta mortalidad con $14.26 \pm 0.6\%$, seguido del T1 con $14.07 \pm 4.0\%$, T3 con $13.15 \pm 7.7\%$ y T2 con $9.63 \pm 1.6\%$. De acuerdo a la prueba de Brand y Snedecor no existen diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de confianza (Ver anexo I).

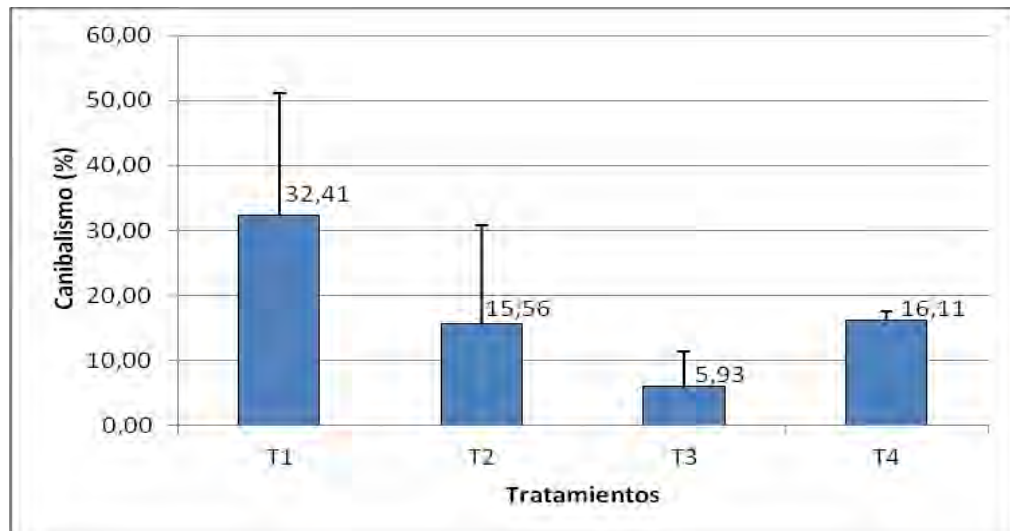
Figura 19. Mortalidad no atribuida a canibalismo (%)



4.7. CANIBALISMO

Al finalizar el periodo de estudio, la prueba de Brand y Snedecor indicó la presencia de diferencias significativas entre los tratamientos (ver anexo J) y de acuerdo a la prueba de contraste de dos proporciones, el tratamiento que presentó mayor canibalismo fue el T1 con un porcentaje del $32,41 \pm 18,8\%$ a diferencia del T3: $5,93 \pm 5,4\%$ con una menor tasa de canibalismo (figura 20).

Figura 20. Canibalismo (%) en larvas de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum*.



4.8. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

Los parámetros de calidad de agua no presentaron variaciones entre los diferentes tratamientos a lo largo del ensayo, como se puede observar en la tabla 7.

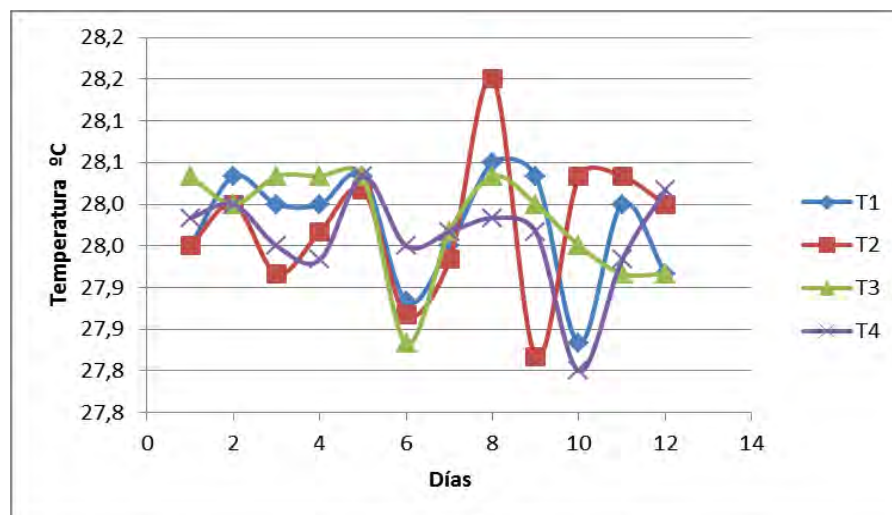
Tabla 7. Monitoreo de parámetros físico-químicos promedio del agua durante la evaluación de larvas de bagre rayado alimentados con artemia enriquecida con L-tirosina y sin enriquecer.

| PARÁMETROS | T1 | T2 | T3 | T4 |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| T° (°C) | 28,0 ± 0,25 | 27,99 ± 0,31 | 28,01 ± 0,15 | 27,98 ± 0,17 |
| OD (mg.L ⁻¹) | 3,67 ± 0,27 | 3,66 ± 0,26 | 3,67 ± 0,22 | 3,67 ± 0,24 |
| pH | 7,21 ± 0,12 | 7,20 ± 0,16 | 7,21 ± 0,20 | 7,20 ± 0,18 |
| Amonio (mg.L ⁻¹) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Nitritos (mg.L ⁻¹) | 0,23 ± 0,26 | 0,34 ± 0,24 | 0,18 ± 0,20 | 0,25 ± 0,21 |
| Nitratos (mg.L ⁻¹) | 3,25 ± 2,49 | 3,17 ± 2,07 | 3,39 ± 2,09 | 3,27 ± 2,54 |
| Dureza | 18,42 ± 2,43 | 18,08 ± 1,38 | 18,50 ± 1,62 | 17,50 ± 2,20 |
| TSS | 1,94 ± 1,59 | 1,88 ± 1,81 | 2,48 ± 1,85 | 1,70 ± 1,46 |
| DBO ₅ | 1,04 ± 0,28 | 0,98 ± 0,22 | 1,02 ± 0,34 | 1,13 ± 0,18 |
| DQO | 13,67 ± 5,63 | 13,17 ± 4,58 | 12,83 ± 5,43 | 13,17 ± 6,83 |

OD: oxígeno disuelto; TSS: Sólidos suspendidos totales.

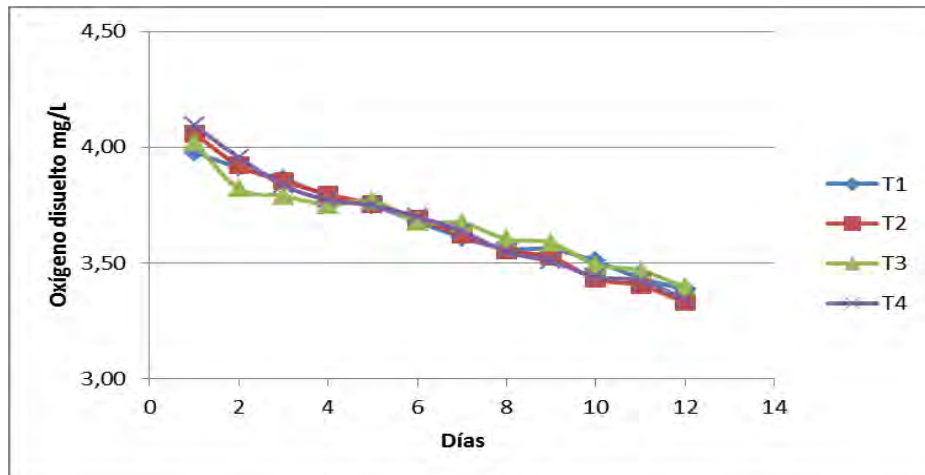
4.8.1. Temperatura (T°). En general, la temperatura medida a lo largo del ensayo no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) (Anexo K). En la figura 21, se puede observar que la temperatura se encuentra entre un rango de 28,2 y 27,8 °C.

Figura 21. Curva de temperatura (°C) promedio diaria por tratamiento.



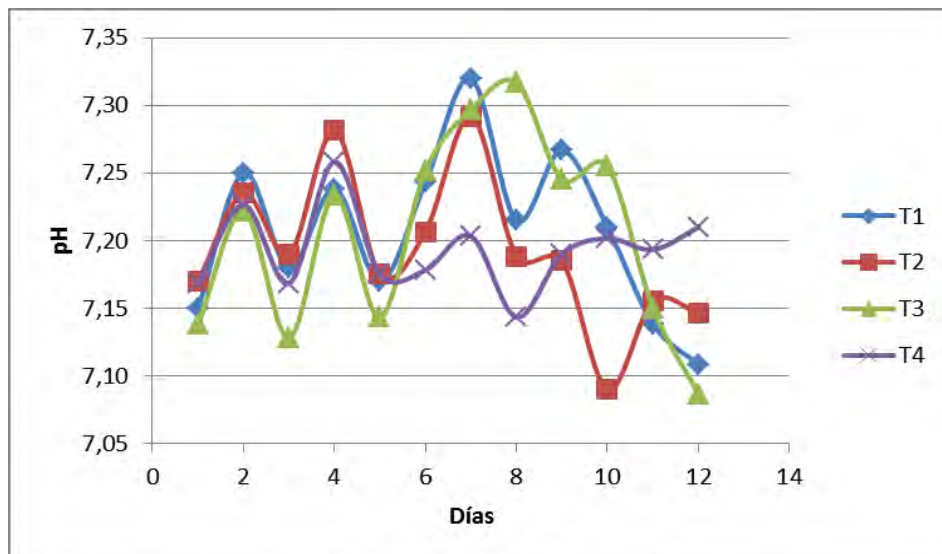
4.8.2. Oxígeno Disuelto (OD). La Figura 22 muestra una disminución del oxígeno al final del periodo de estudio, sin embargo el análisis de varianza, no presentó diferencias significativas entre los tratamientos con un 95% de confiabilidad (anexo M), esto debido al incremento de la biomasa.

Figura 22. Curva de oxígeno disuelto (mg/L) promedio diaria por tratamiento.



4.8.3. Potencial de hidrogeno (pH). De acuerdo al análisis de varianza, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con un porcentaje de confiabilidad del 95%, (ver anexo O), presentándose en un rango de 7,33 a 7,08 como se observa en la figura 23.

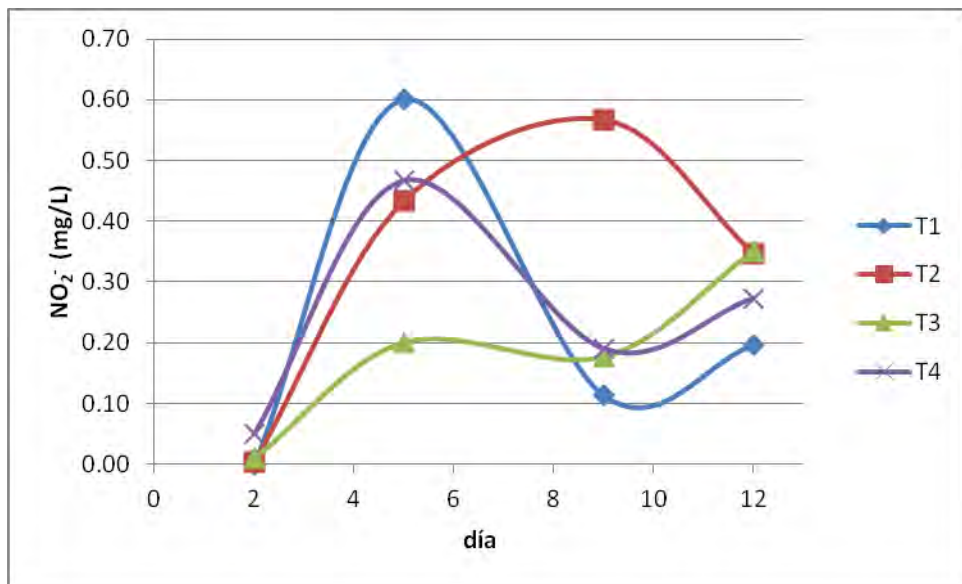
Figura 23. Curva de pH promedio diaria por tratamiento.



4.8.4. Amonio (NH_4^+). Los datos registrados para amonio fueron menores a $0,0 \text{ mg.L}^{-1}$ en todas las unidades experimentales, por lo tanto no fue necesario la utilización del análisis estadístico.

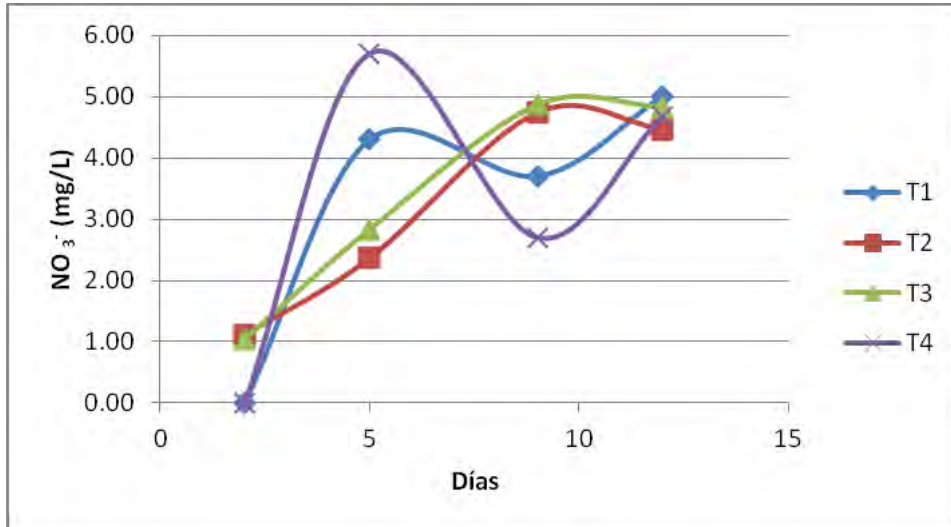
4.8.5. Nitritos (NO_2^-). El análisis de varianza, mostró no existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0,05$). Los cuales presentaron valores mínimos y máximos para el T1 de $0,0 \text{ mg.L}^{-1}$ y $0,6 \text{ mg.L}^{-1}$, para el T2 de $0,0 \text{ mg.L}^{-1}$ y $0,57 \text{ mg.L}^{-1}$, para el T3 de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ y $0,35 \text{ mg.L}^{-1}$ y finalmente para el T4 de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ y $0,47 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente, como se observa en la figura 24 (ver anexo Q)

Figura 24. Curva de nitritos (mg/L) por tratamiento.



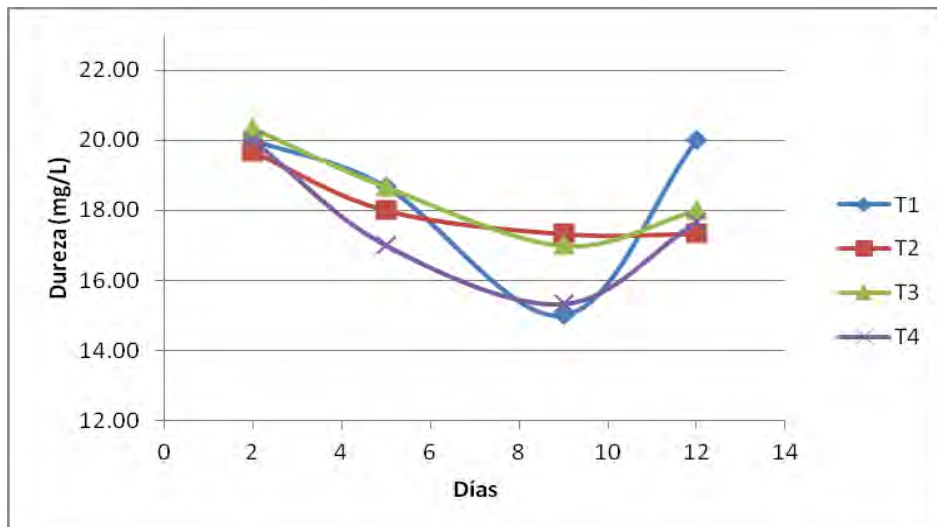
4.8.6. Nitratos (NO_3^-). Los valores máximos se presentaron en el T4 de $5,7 \text{ mg.L}^{-1}$ seguido del T1 con un valor de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$, como se indica en la figura 25, los cuales no presentaron diferencias significativas en los tratamientos (ver anexo R).

Figura 25. Curva de nitratos (mg/L) por tratamiento.



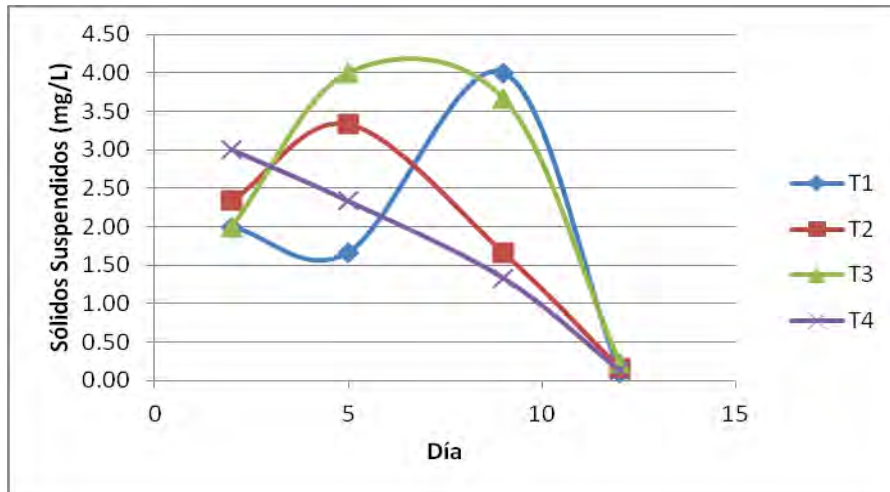
4.8.7. Dureza. Esta variable no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, presentándose rangos entre el 20 y 15 mg/L (figura 26), con un nivel del 95% de confiabilidad (Anexo S).

Figura 26. Curva de dureza (mg/L) por tratamiento.



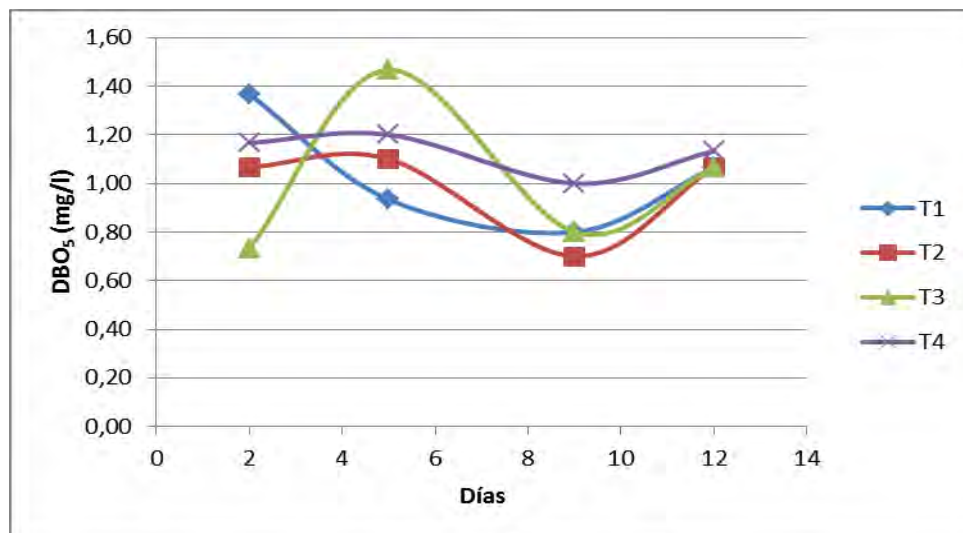
4.8.8. Sólidos suspendidos totales (SST). De acuerdo a la figura 27 al final del periodo de estudio se observó una disminución de los sólidos en suspensión (ver anexo T), lo que significó que no existieron diferencias entre los tratamientos, con un 95% de confianza.

Figura 27. Curva de sólidos suspendidos por tratamiento.



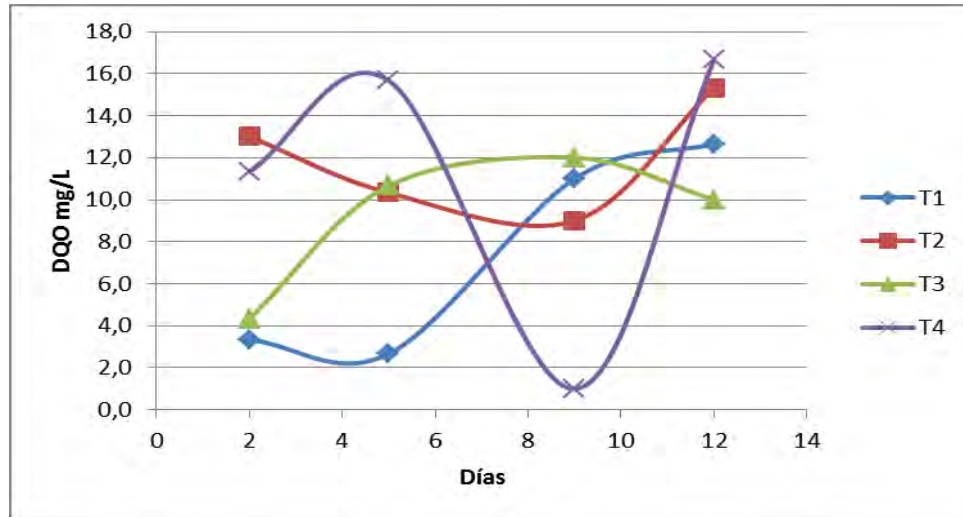
4.8.9. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅). Como se puede apreciar en la figura 28, la DBO₅ no presentó diferencias significativas entre los tratamientos, esta variable no fue representativa como fuente de variación para los tratamientos (ver anexo U).

Figura 28. Curva de DBO₅ (mg/L) por tratamiento.



4.8.10. Demanda química de oxígeno (DQO). La demanda química de oxígeno, presentó rangos entre los 16,9 y 1,5 mg/L de DQO como se muestra en la figura 29. Según el análisis estadístico esta variable no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (anexo V).

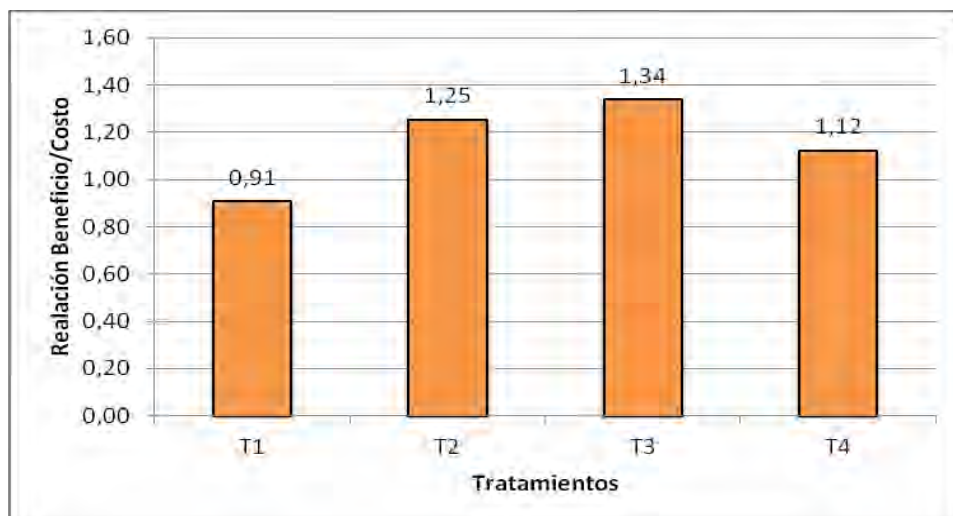
Figura 29. Curva de DQO (mg/L) por tratamiento.



4.9. ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

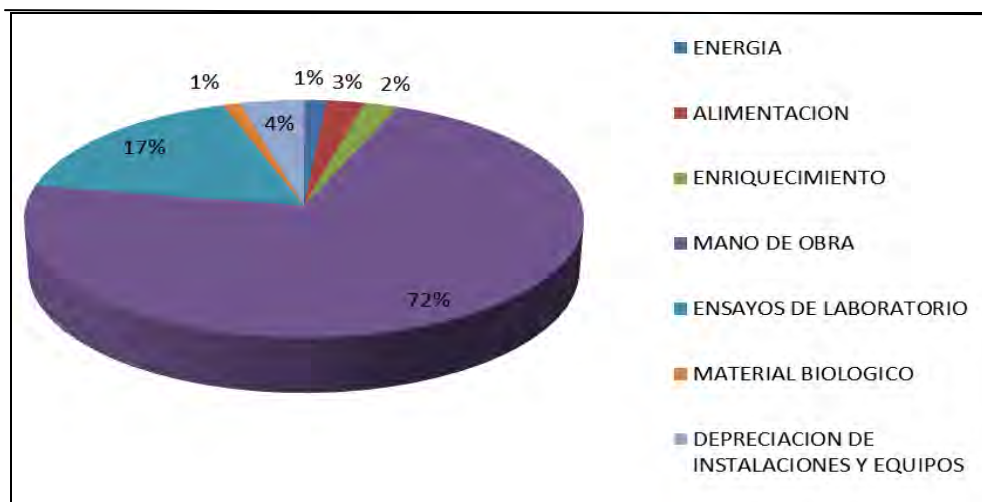
En el análisis de costos, se observa que el mejor tratamiento corresponde al T3 con 1.34 como se aprecia en la figura 30. Esto indica que por cada unidad monetaria invertida se tiene un beneficio a cambio de 0.34 unidades monetarias. Dicho tratamiento resulta más rentable debido a que presenta la mejor supervivencia.

Figura 30. Relación beneficio – costo.



De acuerdo a la figura 31, se obtuvo que los costos se concentran en un 71,7% hacia la mano de obra (Ver anexo W), puesto que la larvicultura de bagre requiere un suministro constante de alimento y una producción estable de biomasa de zooplancton, cada vez mayor conforme crecen los animales. Además se requiere una constante limpieza y monitoreo de las unidades productivas.

Figura 31. Costos de producción.



5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las condiciones experimentales manejadas en este ensayo fueron adecuadas para la especie, al obtener un buen crecimiento y supervivencia, que coincide con lo reportado por Brett, citado por Kapetsky y Nath¹⁷², en el que la disponibilidad de alimentos, el fotoperiodo, la temperatura, el oxígeno disuelto y las concentraciones de amonio no ionizado, afectan el desempeño productivo.

5.1. INCREMENTO DE PESO

Los resultados obtenidos en la presente investigación reflejan que la inclusión del aminoácido L-tirosina logró equiparar el incremento de peso del tratamiento control, debido a que este último pudo utilizar como fuente de proteína además de la artemia, sus conespecíficos, a diferencia de los demás tratamientos con L-tirosina, que posiblemente ayudo a la síntesis de la “hormona triyodotironina la cual actúa sobre el hígado”¹⁷³ siendo este el “órgano que metaboliza por excelencia todas las sustancias que llegan por vía sanguínea”¹⁷⁴, obteniendo las mayores tasas de supervivencia. Asimismo, varios autores como Bentley¹⁷⁵, Morales y Rodríguez¹⁷⁶, Slominski *et al*¹⁷⁷, entre otros citan la importancia de la L-tirosina para la síntesis de la hormonas tiroideas.

Hoshiba¹⁷⁸, reporta que larvas de *Brycon amazonicus* alimentadas con artemia enriquecida en diferentes dosis de L-tirosina y sin enriquecer no presentó el efecto esperado para esta variable, debido al mal enriquecimiento y a las bajas dosis empleadas, aunque al utilizar este aminoácido en el alimento inerte, se presentó

¹⁷² KAPETSKY, James M., y NATH, Shree S. Una evaluación estratégica de la potencialidad para la piscicultura dulceacuícola en América Latina. En: anexo 3 - El modelo del crecimiento íctico. COPECAL documento técnico. No 10. Roma, FAO. 1997. Fecha de consulta: 19 enero 2014. Disponible en internet: <http://www.fao.org/docrep/005/w5268s/W5268S09.htm#ch9>.

¹⁷³ HERNÁNDEZ PUGA, A. G., MAYORGA MARTÍNEZ, L., y VALVERDE R. C. Expresión de desyodasa tipo 3 (D3) en diversos tejidos de *Chiloscyllium punctatum*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Neurobiología. 2007. p. 1.

¹⁷⁴ TORRES, R. G.A., GONZÁLEZ, P. S. y PEÑA, S. E. descripción anatómica, histológica y ultraestructural de la branquia e hígado de tilapia (*Oreochromis niloticus*).En: Int. J. Morphol. Vol. 28. Nº. 3. 2010. p. 703.

¹⁷⁵ BENTLEY, P. J. Comparative vertebrate endocrinology. Citado por HOSHIBA. Op. Cit., p. 4.

¹⁷⁶ MORALES, Carlos A. y RODRÍGUEZ, Nélica. Hormonas tiroideas en la reproducción y en la producción láctea del ganado lechero: revisión de literatura. En: Rev. Col. Cienc. Pec. Vol. 18. Nº 2. 2005. p. 137.

¹⁷⁷ SLOMINSKI, Andrzej, ZMIJEWSKI, Michal y PAWELEK, Jhon. L-tyrosine and L-dihydroxyphenylalanine as hormone-like regulators of melanocyte functions. En: Pigment cell melanoma Res. Vol. 25. p. 15

¹⁷⁸ HOSHIBA. Op. Cit., p. 41.

diferencias entre los tratamientos obteniendo así como resultado una mejor ganancia de peso en el tratamiento T3 utilizando ración enriquecida con 4,5 g de L- tirosina/100g de ración.

Estudios realizados por Valente *et al*¹⁷⁹, pudo evidenciar que la tasa de crecimiento podría estar relacionada con los perfiles de hormonas promotoras de crecimiento (GH) en juveniles de *Oncorhynchus mykiss*, bajo diferentes regímenes de alimentación y posteriormente a 30 días de ayuno, y se pudo comprobar que existe evidencia de que la GH y las hormonas tiroideas (T3 y T4) aumentan el crecimiento del pez, por la estimulación de mayor consumo de alimento (apetito), mejorando la conversión de la comida y estimulando la síntesis de proteína, lo que coincide con el incremento de peso obtenido en los tratamientos en el cual se obtuvo un menor canibalismo y un incremento de peso igual al tratamiento control.

Landines¹⁸⁰, utilizo ovas de *Pseudoplatystoma coruscans* hidratados durante 15 minutos con diferentes dosis de triiodotironina y sin esta solución, los cuales no presentaron ningún efecto sobre el desarrollo embrionario y larvario, por otro lado se observó un mayor crecimiento en peso a partir de las 120 horas en larvas de huevos expuestos a la hormona en dosis de 0,1, 0,5 y 1 ppm. Sin embargo en el último muestreo no se observaron diferencias.

De acuerdo a la investigación ejecutada por Guerrero¹⁸¹, realizado en una fase pre-experimental del estudio de sustitución de artemia por concentrado comercial durante la larvicultura del pintado *Pseudoplatystoma coruscans*, utilizó larvas de 3 DPE durante 13 días de alimentación activa, las cuales fueron alimentadas exclusivamente con nauplios de artemia, en niveles diarios de 500 nauplios/larva en los 5 primeros días, de 1000 nauplios/larva del 6º al 10º día y de 1500 nauplios/larva hasta el 13º día, obteniendo así un crecimiento final de 38,17 ± 11,81 mg de peso húmedo, por lo cual, en nuestra investigación fue reflejado un mayor incremento de peso final en el tratamiento control de 71,1 mg, y en los tratamientos expuestos a la L-tirosina con un peso final de 72,98 mg (T2), 54,56 mg (T3) y 53,38 mg (T4).

¹⁷⁹ VALENTE, L. M. P., LE BAIL, P. Y., GOMES, E. F. S., FAUCONNEAU, B. Hormone profile in fast and slow growing strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to nutritional state. En: Aquaculture. April, 2003, (fecha de consulta: enero, 2014). Vol. 219. N° 1-4. p. 829. Disponible en internet: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848603000310>.

¹⁸⁰ LANDINES Op. Cit., p. 32.

¹⁸¹ GUERRERO ALVARADO, Camilo Ernesto. Treinamento Alimentar de pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829): sobrevivência, crescimento e aspectos econômicos. Trabalho de grado para optar al título de Mestre em Aquicultura. Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Universidade de Estadual Paulista. Centro de Aquicultura da UNESP. Campus de Jaboticabal. 2003. p. 13.

Por otra parte, Marciales *et al*¹⁸²., en una fase de acondicionamiento para ejecutar las condiciones experimentales de su ensayo, realizó durante un periodo de 15 días, la alimentación con artemia salina, a larvas de 63 HPE, a razón de 750 nauplios/ml/larva de *Pseudoplatystoma* sp. por día, a una densidad de 10 larvas/L, obteniendo como resultado animales con un peso final de $55,9 \pm 6,6$ mg siendo este resultado menor en 1,27 y 1,31 veces al obtenido en esta investigación por los tratamientos 1 y 2, respectivamente.

Otros estudios como los presentados por Díaz *et al*¹⁸³., mostraron incrementos de peso final de $40,6 \pm 12,6$ mg, a una densidad de 15 larvas/L, durante 15 días, a diferencia de la presente investigación, utilizando 10 larvas/L se obtuvo un incremento final de 72,98 mg a los 12 días, siendo este crecimiento 1,8 veces mejor

Estudios llevados a cabo por Griffin y Goldberg citado por Pizarro¹⁸⁴, demuestran que niveles fisiológicos de hormonas tiroideas inducen el crecimiento en roedores sin tiroides puesto que estimulan la síntesis proteica en músculo más que la degradación, esto explica porque el tratamiento 2, el cual presentó una supervivencia 1,4 veces mayor en comparación al tratamiento control, pudo suplementar su crecimiento debido al contenido extra de aminoácido y no por sus conespecíficos. Y los altos niveles de estas hormonas parecen ser los responsables de la pérdida muscular por incremento de la degradación proteica más que de la síntesis, por lo tanto los tratamiento 3 y 4 obtuvieron un menor incremento de peso a diferencia de los demás tratamientos, aunque en el análisis no presentó diferencias estadísticas significativas en la presente investigación.

La FAO¹⁸⁵ plantea que las hormonas son otras sustancias que despiertan preocupación. Por regla general, el uso de hormonas en animales se limita a la explotación agropecuaria intensiva, rubro en el que se emplean hormonas para acelerar el desarrollo y aumentar el valor económico de los ejemplares controlando su ciclo. Aunque se ha afirmado que algunas hormonas son carcinogénicas o que pueden adelantar la pubertad en los seres humanos. Estos efectos también pueden reflejar en los mismos animales de investigación, cuando

¹⁸² MARCIALES *et al.* 2010. Op. Cit. p. 181.

¹⁸³ DÍAZ *et al.* 2009. p. 26.

¹⁸⁴ PIZARRO SÁNCHEZ. Índices de malnutrición proteica y proteico-energética en musculo gastrocnemio de ratas por déficit dietario de fenilalanina, tirosina y triptófano. Trabajo de grado para optar al título de doctor. Centro mixto. Instituto de nutrición. Departamento de nutrición y bromatología. Facultad de farmacia. 1996. p. 67.

¹⁸⁵ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Estudio legislativo: Directrices en materia de legislación alimentaria (nuevo modelo de ley de alimentos para países de tradición jurídica. 2006. p. 91. ISBN. 9789253056262

son expuestos a altas concentraciones, como lo expone Nacario citado por Landines¹⁸⁶, donde observó en *Sarotherodon niloticus*, que el suministro de dosis bajas de tiroxina (0,1 ppm) mejoro el crecimiento, pero que a dosis más altas (0,5 ppm) fue perjudicial para las larvas, así mismo investigaciones de Huang *et al.*, citado por Landines¹⁸⁷ dosis bajas de T3 (1-10 ng ml⁻¹) no tuvieron efecto alguno sobre las larvas de *Morone saxatilis*, pero las dosis más altas (25-100 ng ml⁻¹) tuvieron un efecto negativo.

5.2. TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO

De acuerdo a Nickum citado por Pájaro¹⁸⁸, el canibalismo está asociado a menudo con una alta tasa de crecimiento, particularmente durante los estadios de vida temprana, debido a que los individuos conespecíficos representan una dieta de alta calidad nutricional, aporte vitamínico, minerales y aminoácidos en óptimas proporciones para un desarrollo máximo, por lo tanto, el suministro de la L-tirosina en cantidades adecuadas provee una semejante tasa de crecimiento comparable a cuando los ejemplares incluyen en la dieta a sus conespecíficos.

Según estudios realizados por Hoshiba¹⁸⁹, la tasa de crecimiento específico de larvas de sábalo (*Brycon amazonicus*) alimentadas con nauplios de artemia expuestas a L-tirosina, no presentaron diferencias entre los tratamientos, reportando valores entre 14,45% y 14,83%, siendo la tasa de crecimiento de esta investigación mucho más alta.

Medeiros¹⁹⁰, reporta tasas de crecimiento específico promedio para larvas de *P. coruscans*, alimentadas con nauplios de artemia del 26,39%, durante un periodo de 10 días a una densidad de 50 larvas/L., siendo la tasa de crecimiento para *P. fasciatum* entre un rango de 36,72% (T2) y 34,19% (T4), en la presente investigación, razón por la cual Segura *et al.*, citado por Díaz *et al.*¹⁹¹, sugieren que las altas densidades de siembra afectan negativamente y de forma lineal la ganancia de peso y la mortalidad por depredación intraespecífica.

¹⁸⁶ LANDINES. Op. Cit. p. 71

¹⁸⁷ Ibid., p. 71.

¹⁸⁸ PÁJARO. Op. Cit. p. 4.

¹⁸⁹ HOSHIBA. Op. Cit. p. 61.

¹⁹⁰ MEDEIROS MARINHO, Sérgio Antônio. Sobrevivência e crescimento de larvas de surubim *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix & Agassiz, 1829) sob diferentes condições alimentares. Trabalho de grado para optar al título de mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca e Aquicultura. Programa de Pós-graduação. Pesqueiros e Aquicultura. 2007. p. 44.

¹⁹¹ DÍAZ, *et al.* 2009. Op. Cit. p. 28.

Para Díaz *et al*¹⁹², la tasa de crecimiento presento rangos entre el 1,8% y 29,6%, siendo este último valor, el mejor tratamiento, alimentadas con 750 nauplios de artemia a una densidad de 30 larvas/L. lo que sugiere que si se alimentara a una densidad de 10 larvas/L la alimentación debería ser de 250 nauplios. Respecto a esta investigación los organismos fueron alimentados con un promedio de 575 nauplios, o sea 2,3 veces mayor la cantidad sugerida de alimento, obteniendo así una mayor tasa de crecimiento y supervivencia, sin afectar la calidad de agua.

5.3. INCREMENTO DE LONGITUD

Es importante destacar que a partir del cuarto (4^o) día el tratamiento testigo sobrepasa los incrementos de longitud obtenidos por los demás tratamientos (Figura 17), esto se explica por el comportamiento agresivo que desarrollaron los individuos, llevando al consumo de sus conoespecíficos, obteniendo así un mayor tamaño entre los días 4 al 12 correspondientes al periodo 2 y 3¹⁹³. Dicha variación en la dieta alimenticia de este tratamiento no fue suficiente para superar los tratamientos T2, T3 y T4 en el incremento de longitud total como lo indica el análisis de varianza, ratificando así que la inclusión del aminoácido L-tirosina funciona como precursor de hormonas tiroideas para obtener un buen crecimiento en los organismos alimentados con artemia enriquecida¹⁹⁴.

Estos resultados son contrarios a los obtenidos en larvas de sábalo (*Brycon amazonicus*) alimentadas con diferentes dietas enriquecidas con L-tirosina y dieta control sin enriquecimiento, donde se obtuvo una mayor longitud al 12^o día de evaluación con una dosis de 4.5 g de L-tirosina/100 g de alimento¹⁹⁵.

De acuerdo con Landines¹⁹⁶, al evaluar el efecto de triyodotironina (T3) disuelta en el agua para inmersión de huevos en el crecimiento de larvas de pintado (*P. coruscans*) no encontró diferencias significativas entre los tratamientos para la variable incremento de longitud durante 10 días de evaluación, dichos resultados coinciden con lo obtenido en esta investigación.

El estudio llevado a cabo por Guerrero¹⁹⁷, durante el entrenamiento alimentario de pintado (*P. coruscans*), obtuvo al día trece (13) de larvicultura una longitud máxima de 19,5 mm, las larvas fueron alimentadas con cantidades crecientes de

¹⁹² Ibid., p. 26.

¹⁹³ GUERRERO. Op. Cit. p. 1.

¹⁹⁴ HOSHIBA. Op. Cit. p. 53

¹⁹⁵ HOSHIBA. Op. Cit., p. 49.

¹⁹⁶ LANDINES. Op. Cit., p. 50

¹⁹⁷ GUERRERO. Op. Cit., p. 18.

artemia (500 nauplios.L⁻¹ cinco primeros días, 1000 nauplios.L⁻¹ sexto a décimo día, 1500 nauplios.L⁻¹ 11° al 13° día). Estos resultados son inferiores a los obtenidos en esta investigación para los tratamientos T2 (130 mg L-tirosina.L⁻¹) y T1 (0 mg L-tirosina.L⁻¹) con 22,19 ± 1,2 mm y 21,91 ± 1,7 mm lo cual representa un 13,8% y 12,3% mejor longitud final respectivamente.

Marciales *et al*¹⁹⁸, durante un periodo pre-experimental en bagre rayado (*Pseudoplatystoma sp.*) inicio con larvas de 6.8 ± 0.9 mm de longitud, durante los primeros 15 días, la densidad manejada fue de 10 Larvas.L⁻¹, se alimentaron a razón de 750 nauplios.ml⁻¹.Larva.día⁻¹. A los 15 DPE individuos seleccionados presentaron un incremento de longitud de 0,9 mm/día, este valor es inferior en un 34% al valor obtenido en el T2 de este experimento, T2 también presentó superioridad con respecto a ensayos de Díaz¹⁹⁹, Marciales²⁰⁰, Martínez²⁰¹ y Beltrán²⁰², en un 13,34%, 14,82%, 42,22% y 16,3% respectivamente. Comparando los resultados de T3 y T4 fueron similares a los obtenidos por dichos autores.

Investigaciones realizadas en bagre cabezón o moncholo (*Steindachneridion scriptum*), especie que alcanza una longitud máxima de 67 cm en medio natural, ha demostrado al sexto día un crecimiento de las larvas alimentadas con artemia alrededor de los 12,7 mm de longitud total²⁰³, comparada con la estimada en bagre rayado de 12,10 mm, esto permite inferir que no necesariamente el tamaño de los reproductores influye sobre el crecimiento en las primeras fases, sino que el bagre rayado al alcanzar grandes longitudes entre 1 y 2 m en estado adulto²⁰⁴,

¹⁹⁸ MARCIALES, *et al.* 2011. Op. Cit., p. 182.

¹⁹⁹ DÍAZ, *et al.* 2009. Op. Cit., p. 26.

²⁰⁰ MARCIALES, *et al.* 2010. Op. Cit., p. 313.

²⁰¹ MARTÍNEZ. Op. Cit., p. 55.

²⁰² BELTRÁN TUMAL, Diana Mercedes y RIVERA ROSERO, María Isabel. Adaptación de postlarvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), al alimento inerte en diferentes tiempos de acostumbamiento, en el laboratorio de larvicultura - Universidad de Nariño. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Producción Acuícola. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. 2013. p.

52.

²⁰³ SCHÜTZ, Jackson Haroldo, WEINGARTNER, Marcos, ZANIBONI FILHO, Evoy y NUÑER, Alex Pires de Oliveira. Crescimento e sobrevivência de larvas de suruvi *Steindachneridion scriptum* nos primeiros dias de vida: influência de diferentes alimentos e fotoperíodos. Em: Boletim Instituto de Pesca. Fevereiro, 2008. Vol. 34 N° 3. p. 446.

²⁰⁴ RODRÍGUEZ, P. S. J., CORCUY, A. N., DUGUE, R. Evaluación del comportamiento de alevines de surubí (*Pseudoplatystoma fasciatum*) cultivados en dos sistemas de estanques artificiales (Estación acuícola el Prado, departamento de Santa Cruz). Tesis de grado para optar al título de Médico Veterinario Zootecnista. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Facultad de ciencias veterinarias. 2005. p. 18.

presenta variación en las dietas y crecimientos escalonados en sus diferentes fases de vida debido a su alto potencial genético²⁰⁵.

5.4. SUPERVIVENCIA

Hoshiba²⁰⁶, evaluando larvas de sábalo (*Brycon amazonicus*), manifiesta una mejora del 20% en la supervivencia respecto al control, utilizando 4.5 g de L-tirosina/100 g de alimento, esto lo corroboran otros experimentos con uso de hormonas tiroideas. Stickney citado por Hoshiba²⁰⁷, adicionó hormonas tiroideas en el agua de cultivo durante 30 días y aumentó la supervivencia en *Hippoglossus stenolepis*. De igual manera la supervivencia de las larvas fue significativamente mayor en sábalo cuando las hembras reproductoras recibieron triyodotironina (T3) antes del desove según Urbinati citado por Hoshiba²⁰⁸. También se ha examinado los efectos de la triyodotironina en la supervivencia de las larvas de sábalo y aumentó dicha variable con el uso de la hormona, en el control se obtuvo un 26,5% a los 12 días, mientras que las larvas de los huevos inmersos en triyodotironina tuvieron una supervivencia en torno al 40% de acuerdo con Leonardo citado por Hoshiba²⁰⁹. Estos estudios fortalecen la hipótesis del enriquecimiento de una dieta con L-tirosina, la cual se convierte en una posible forma indirecta de obtener los efectos de la triyodotironina²¹⁰.

Según investigaciones realizadas en ejemplares del género *Pseudoplatystoma*, Landines²¹¹, durante su ensayo obtuvo mejores resultados para la variable supervivencia en todos los tratamientos utilizando la hormona T3 diluida en agua para inmersión de huevos. Este hecho podría ser atribuido a una capacidad digestiva temprana, la cual hace que las larvas mejoren el uso o absorción de los alimentos en esta etapa, hipótesis demostrada por Urbinati citado por Landines²¹², en larvas de *Brycon cephalus*, en que la supervivencia era también mayor usando esta hormona.

El bagre rayado al compararlo con especies de la misma familia, se evidencia el alto grado de dificultad para el manejo de la primera alimentación en estas

²⁰⁵ PROJETO PACU, Aquicultura Ltda. Criação dos surubins em viveiros. (Fecha de consulta janeiro 2014). p. 2. Disponível em internet: <http://projetopacu.com.br/public/paginas/198-informativo-projeto-pacu-criacao-dos-surubins-viveiros.pdf>

²⁰⁶ HOSHIBA. Op. Cit. p. 52.

²⁰⁷ Ibid., p. 42.

²⁰⁸ Ibid., p. 51.

²⁰⁹ Ibid., p. 42.

²¹⁰ Ibid., p. 51.

²¹¹ LANDINES. Op. Cit., p. 51.

²¹² Ibid., p. 51.

especies de pimelódidos, resultados similares a los de este ensayo fueron obtenidos en el bagre cabezón o moncholo (*Steindachneridion scriptum*) con una supervivencia del 93,3% al sexto día, utilizando como primer alimento larvas forrajeras de curimbatá (*Prochilodus lineatus*) y un 91,1% utilizando nauplios de artemia en la larvicultura de la especie²¹³.

Guerrero²¹⁴, en la fase pre-experimental de su ensayo obtuvo 62,86% de supervivencia en larvas de pintado (*P. coruscans*) alimentadas con nauplios de artemia durante trece (13) días, comparado con los porcentajes del presente estudio, estos representan superioridad del 18% en los tratamientos donde se enriqueció los nauplios con el aminoácido L-tirosina.

De acuerdo con la literatura, las tasas de supervivencia obtenidas en este experimento son similares a los reportados para la misma especie entre 65% a 91% por Núñez *et al.*, a una densidad de 2 larvas/L²¹⁵. Si se compara el rango del presente estudio de 53,52% a 80,93%, dichos resultados son superiores a los obtenidos por Díaz *et al.*²¹⁶, y por Marciales *et al.*²¹⁷, quienes reportan una supervivencia mínima del 7% evaluando diferente densidad y disponibilidad de alimento (Artemia salina) y una máxima de 63.1% al utilizar alimento vivo natural enriquecido con ácidos grasos. También fue superada en un 14,8% la tasa de supervivencia máxima (70,5%) reportada por Martínez²¹⁸.

5.5. CANIBALISMO

Cuando se investiga la biología del canibalismo, la primera idea que surge es que dicha conducta tiene ciertos costos, lo cual implica que deberá tener algunos beneficios para la especie. Un individuo caníbal se beneficia directamente al satisfacer sus requerimientos nutricionales o energéticos, e indirectamente al recuperar la inversión reproductiva cuando las condiciones son tan adversas que no permitirán la supervivencia de sus crías²¹⁹.

Un estudio de comparación de desarrollo embrionario entre el *Piaractus brachypomus* y el *Pseudoplatystoma* sp. Realizado por Díaz *et al.*²²⁰, reporta que la heterogeneidad en el desarrollo embrionario y larval es un problema central en

²¹³ SCHÜTZ, *et al.* Op. Cit., p. 446.

²¹⁴ GUERRERO. Op. Cit., p. 22.

²¹⁵ NÚÑEZ, *et al.* Op. Cit., p. 768.

²¹⁶ DÍAZ, *et al.* 2009. Op. Cit., p. 26.

²¹⁷ MARCIALES, *et al.* 2010. Op. Cit., p. 313.

²¹⁸ MARTÍNEZ. Op. Cit., p. 51.

²¹⁹ HOSHIBA. Op. Cit., p. 2.

²²⁰ DÍAZ, *et al.* 2010. Op. Cit., p. 1202.

la larvicultura, especialmente en especies predadoras como el *Pseudoplatystoma* sp. Estas diferencias morfológicas que contribuyen a la heterogeneidad en el tamaño pueden ser atribuidas a diferencias en los tiempos de eclosión; en *Pseudoplatystoma* sp este proceso fue observado desde las 14:00 HPF y se extendió hasta las 18:00 HPF, dando origen a un crecimiento asincrónico que permitió que las primeras larvas alcancen su desarrollo cefálico y abran la boca más temprano, incurriendo en canibalismo, debido a que les proporciona mayores habilidades competitivas al momento de consumir larvas hermanas ligeramente más pequeñas.

Al comprender este antecedente, en la presente investigación, se observó un alto canibalismo en el tratamiento control con un 32,41% a diferencia de los otros tratamientos con valores menores del 15,56% (T2), 5,93% (T3) y 16,11% (T4), lo cual refleja que la suplementación del aminoácido L-tirosina pudo presentar efectos positivos, que tuvieron influencia en la producción de las hormonas tiroideas, debido a que estas, influyen en el comportamiento caníbal de los animales como lo reportan varios autores Hey *et al.*; de Jesús *et al.*; Gavlik *et al.*; Urbinati *et al.*, citados por Hoshiba²²¹. Además este mismo autor²²², menciona la importancia de este aminoácido, con el cual se podría estimular la producción de hormonas tiroideas en las larvas alimentadas con nauplios enriquecidos.

Estudios realizados por Martínez²²³, reflejaron una tasa de canibalismo del 27% utilizando nauplios de artemia en la alimentación del bagre rayado, a diferencia de la presente investigación, el cual obtuvo en el T3 un 5,93%, presentándose así un adelanto importante para la fase de larvicultura de esta especie, puesto que las innumerables características atribuidas a las especies carnívoras, en la producción a gran escala presenta problemas relacionados con el alto índice de canibalismo, la dificultad de alimentación y a los elevados costos de manutención.

De acuerdo con Hoshiba, utilizando artemia expuesta a diferentes dosis de L-tirosina obtuvo entre un 47 a 52% de canibalismo en sábalo, de acuerdo a nuestro estudio se presentó entre un 5,93 a 16,11%, lo cual expresa una ventaja en la utilización de 260 mg de L-tirosina para el bagre rayado, lo cual fue una dosis mucho más alta con respecto a la propuesta por Hoshiba.

Por otra parte la producción de bagres se ha visto afectada por la baja oferta de alevinos, debido a los altos índices de canibalismo presentada en la fase de larvicultura, el cual es considerado como un aspecto crucial para asegurar el éxito

²²¹ HOSHIBA. Op. Cit., p.

²²² Ibid., p. 40.

²²³ MARTÍNEZ. Op. Cit., p. 52.

de la especie tanto en la piscicultura de consumo alimenticio como en la conservación, puesto que se ha visto afectada por su gran demanda. Por lo tanto una forma de potencializar el mercado del bagre rayado, es aplicando la L-tirosina a las dietas alimenticias con el fin intensificar la producción de la especie.

5.6. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

5.6.1. Temperatura. Los valores de temperatura en el agua se encontraron dentro de los límites permisibles según investigaciones realizadas por Guerrero²²⁴, Landines²²⁵ y Beltrán²²⁶ en la especie bagre rayado (ver anexo Y), también están de acuerdo a lo recomendado por Campos *et al* citados por Tallarico²²⁷, dichos autores recomiendan un mejor desempeño de la especie entre 27 y 28°C.

5.6.2. Oxígeno Disuelto. Los niveles de oxígeno estuvieron entre los valores normales para la especie, superiores a 3 mg/L como lo indica Beltrán²²⁸, Augusto y Cortés²²⁹, además Colt *et al* citados por Tallarico²³⁰, indican este rango de valores adecuado para especies de aguas cálidas.

5.6.3. Potencial de hidrógeno. Los resultados de pH muestran cifras de 7,2, cercanas a la neutralidad como lo recomienda Marciales²³¹, Marciales²³², durante sus ensayos con bagre rayado, de igual manera coincide con los rangos sugeridos por Cortés y Coelho²³³, entre 6,5 a 8,5 en la producción intensiva de híbridos de *Pseudoplatystoma sp.*

5.6.4. Amonio. Las muestras analizadas presentaron valores inferiores a 0,01 mg/L, dichos valores son menores a las cantidades reportadas por Landines²³⁴, Guerra²³⁵ y Marciales²³⁶ en el género *Pseudoplatystoma* (ver anexo Y), por ende una mejor calidad de agua durante esta investigación.

²²⁴ GUERRERO, Op. cit., p. 22.

²²⁵ LANDINES, Op. cit., p. 46.

²²⁶ BELTRÁN y RIVERA. Op. cit., p. 67.

²²⁷ TALLARICO. Op. cit., p. 50.

²²⁸ BELTRÁN, y RIVERA. Op. cit., p. 67.

²²⁹ CORTÉS. Op. cit., p. 12.

²³⁰ TALLARICO. Op. cit., p. 51.

²³¹ MARCIALES, *et al.* 2010. Op. cit., p. 312.

²³² MARCIALES; *et al.* 2011. Op. Cit. p.183.

²³³ COELHO., Op. cit., p. 31.

²³⁴ LANDINES, Op. cit., p. 46.

²³⁵ GUERRA, Op. cit., p. 84.

²³⁶ MARCIALES, *et al.* 2010. Op. Cit. p. 312.

5.6.1. Nitrito. Se observó en las unidades experimentales niveles ligeramente elevados con magnitud de 0,25 mg/L respecto a ensayos de laboratorio, sin embargo se encuentra acorde a los valores manejados por Tallarico²³⁷, en el bagre (*P. coruscans*) correspondiente a 0,396 mg/L.

5.6.2. Nitrateo. Este compuesto se encontró en niveles bajos, en promedio valores en torno a 3 mg/L, acorde a lo recomendado para el cultivo de bagre en sistemas de recirculación donde se ha manejado concentraciones por debajo de 79,8 mg/L según manifiesta Tallarico²³⁸.

5.6.3. Dureza. Los resultados indican datos por debajo del valor recomendado en un 10%, esto de acuerdo con Campos citado por Rodrighero²³⁹, sin embargo existen investigaciones en el género *Pseudoplatystoma* realizadas por Landines²⁴⁰ y Guerra²⁴¹, quienes manejaron concentraciones de 13,3 y 4,75 mg/L respectivamente, estas cifras se alejan del límite recomendado en más del 50% para los dos casos sin presentarse trastornos fisiológicos en el género *Pseudoplatystoma sp.*

5.6.4. Demanda Biológica de Oxígeno (DBO). Según la cuadro 1 relacionada con el uso de las aguas para piscicultura propuesta por Wedler²⁴², sugiere que los datos de esta investigación se encuentran en las condiciones óptimas (< 4mg/L)²⁴³, esto lo corrobora información publicada para medios naturales en la especie bagre rayado que puede sobrevivir hasta con 16 mg/L²⁴⁴.

5.6.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO). Gonzáles, *et al*²⁴⁵, argumenta que el cultivo en embalse artificial de la especie carpa común (*Cyprinus carpio*) no fue afectado por los niveles de DQO, los cuales oscilaron entre 74 mg/L y 245 mg/L, para este ensayo los valores están por debajo de dicho valor e igualmente menores a 126 mg/L reportado en cuencas naturales donde habita el bagre rayado pero con mayor impacto por materia orgánica e inorgánica²⁴⁶.

²³⁷ TALLARICO. Op. cit., p. 60

²³⁸ TALLARICO. Op. cit., p. 61.

²³⁹ RODRIGHERO., Op. cit., p. 23.

²⁴⁰ LANDINES., Op. cit., p. 46.

²⁴¹ GUERRA., Op. cit., p. 84.

²⁴² WEDLER, Op. cit., p. 95.

²⁴³ Ibid. p. 95.

²⁴⁴ CARVAJAL, *et al.* Op. cit. p.114.

²⁴⁵ GONZÁLES, Javier., AURÓ DE OCAMPO, Ana. ANISLAO, Vicente. Evaluación del crecimiento de carpa común (*Cyprinus carpio, var communis*) alimentada con cerdaza ensilada. En: Revista de Veterinaria, México. Vol. 33 (2), 2002; p.115.

²⁴⁶ CARVAJAL, *et al.* Op. cit. p. 114.

5.6.6. Sólidos suspendidos totales (SST). El máximo valor obtenido corresponde a 2,5 mg/L, el cual clasificaría en tipo de aguas limpias según Cantor²⁴⁷, además aceptado para el desarrollo vital del bagre en medio natural según Carvajal²⁴⁸.

5.7. ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

En la evaluación de la variable B/C, se resalta como importante el costo que representó la mano de obra en este experimento, 71,7% de los costos de producción, diferentes autores coinciden con dicho resultado, Riche citado por Guerra²⁴⁹, manifiesta que el costo de las raciones alimenticias y las horas hombre empleadas en la alimentación son dos de las principales variables que afectan el costo final de las operaciones en acuicultura. Por otra parte la mano de obra representó un valor promedio cercano al 47% de los costos totales de producción en juveniles de pintado (*P. coruscans*)²⁵⁰. Similares resultados fueron encontrados por Ehrlich citado por Guerrero²⁵¹, donde los mayores costos se presentaron al utilizar artemia, debido a horas adicionales para su cultivo y limpieza constante en los tanques, puesto que los nauplios mueren rápido en agua dulce (ver anexo W)

La supervivencia muestra gran importancia en la variación del costo unitario en juveniles del género *Pseudoplatystoma*, cuanto mayor fue la tasa de supervivencia menor el costo unitario²⁵², para esta investigación por cada 1% más supervivencia el costo por unidad se reduce en 16 pesos, este último valor es casi el costo de una unidad de larva de bagre rayado al iniciar la primera alimentación.

Costos similares de producción por unidad fueron obtenidos por Guerrero²⁵³, con valores de 0,789832 BRL a los 10 días de larvicultura, calculando el valor futuro²⁵⁴, se obtiene un costo alrededor de 1355 pesos, lo cual está acorde con el valor promedio de producción en este ensayo de 1328 pesos por cada juvenil a los 12 días de larvicultura.

²⁴⁷ CANTOR, Op. cit., p.39

²⁴⁸ CARVAJAL, *et al.* Op. cit. p. 114.

²⁴⁹ GUERRA, *et al.* Op. Cit., p. 85.

²⁵⁰ GUERRERO. Op. Cit., p. 54.

²⁵¹ *Ibid.*, p. 5

²⁵² *Ibid.*, p. 39.

²⁵³ *Ibid.*, p. 53.

²⁵⁴ BUENAVENTURA V., Guillermo. Valor del dinero en el Tiempo: interés compuesto. (fecha de consulta: enero 2014). p. 5. Disponible en internet: <URL: <http://www.icesi.edu.co/blogs/finanzasbuenver/files/2009/01/vdt.pdf>

Respecto a la relación B/C, los resultados obtenidos en la producción de bagre rayado sugiere una actividad rentable con valores que oscilan entre 1,12 a 1,34 a excepción del control. Estos resultados se respaldan con el ensayo realizado por Beltrán²⁵⁵ quien obtuvo valores en torno a 1,06 y 1,53 en los tratamientos T3 y T4 respectivamente para la misma especie.

²⁵⁵ BELTRÁN y RIVERA. Op. Cit. p. 66.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

La utilización del aminoácido L-tirosina, como suplemento alimenticio en la larvicultura de *P. fasciatum*, indica una actividad promisorio para la piscicultura Colombiana y es una alternativa que permite: mantener buen crecimiento, mejorar la supervivencia y disminuir el canibalismo en la especie.

La bioencapsulación de L-tirosina en la artemia, permitió obtener iguales resultados estadísticos para el incremento de peso y longitud con respecto al tratamiento control, resaltando que este aminoácido aumentó la tasa de supervivencia.

La supervivencia se mejoró en un 21,6% y el canibalismo se disminuyó en un 19,9 % en comparación al método tradicional de producción (T1), reflejando una rentabilidad del 34% en el T3 utilizando 260 mg de L-tirosina/L.

La inclusión de L-tirosina en la primera alimentación de *P. fasciatum* sugiere mantener tasas de crecimiento específico alrededor del 35,08% sin presentar altos índices de canibalismo como el obtenido en el tratamiento control de 32,41%.

6.2. RECOMENDACIONES

Utilizar el aminoácido L-tirosina como agente bioencapsulante para alimentación de larvas de *P. fasciatum* en dosis menores o iguales a 260 mg.L⁻¹

Formular dietas alimenticias con inclusión del aminoácido L-tirosina en la fase de alevinaje para la especie *Pseudoplatystoma fasciatum*.

Medir el contenido de hormonas tiroideas en ejemplares tratados con L-tirosina.

Determinar el contenido de L-tirosina en la artemia enriquecida.

Emplear diseños estadísticos que disminuyan al máximo el error experimental con un mayor número de réplicas por tratamiento.

7. BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA MUÑOZ, Alfonso Hernando, ORTEGA MONTENEGRO, Cesar, SANGUINO ORTIZ, Wilmer René, CEBALLOS RUIZ, Bráulio Leonel y LÓPEZ MACÍAS, Jorge Nelson. Evaluación de tres tipos de alimento como dieta en post-larvas de sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*, Cope 1872). 2010. Vet. Zootec: Vol. 4 N° 1. P. 42 – 50.

AJIACO, R. E., H. RAMÍREZ Y R. ÁLVAREZ. *Pseudoplatystoma fasciatum*. En: MOJICA, J. I., C. Castellanos, S. Usma y R. ÁLVAREZ (Eds.). 2002. Libro rojo de peces dulce acuícolas de Colombia. La serie de libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia. P. 289.

ALCALDÍA DE PASTO. Información general. San Juan de pasto. Colombia, Pasto. [Fecha de consulta: 19 de octubre 2011]. Disponible en internet: http://www.pasto.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=60&Itemid=61

ALMEIDA. Roberto. HONORATO, Claudia. DE ALMEIDA, Luciana. USHIZIMA, Thiago. SANTAMARIA, Fabio. Nutrição de surubim (*Pseudoplatystoma sp.*) – desafío para acuicultura. Em: Revista Electrónica Nutrime. Vol.9. No. 05, 2012; p. 1995-2010.

ALIMENTACIÓN DE PECES DE ACUARIO: La artemia salina (online). (Citado el 25 Enero de 2014). Disponible en internet: <http://www.portalpez.com/la-artemia-salina-vt2425.html>.

AMAT DOMENECH, Francisco. Localización, caracterización y evaluación del potencial extractivo de artemia en Iberoamérica con destino a la acuicultura proyecto CYTED II-A/2. Subprograma II: Acuicultura. En: IX alimentos en larvicultura. Ribera de Cabanes, Castellón, España. Instituto de Acuicultura de torre de la Sal. P. 38.

ATENCIO GARCÍA, Víctor, y ZANIBONI FILHO, Evoy. El canibalismo en la larvicultura de peces. En: Revista MVZ Córdoba. Enero-junio, 2006. Vol. 11. Suplemento 1. P. 9-19.

ATENCIO GARCÍA, Víctor, KERGUÉLÉN, Eduardo, WADNIPAR Lina y NARVÁEZ Ana. Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). En: Revista MVZ Córdoba. 2003. Vol. 8 N°. 1. P. 254 – 260.

AURÓ DE OCAMPO, Ana, FRAGOSO CERVÓN, Marcela, SUMANO LÓPEZ, Héctor, OCAMPO CAMBEROS, Luis. Efecto de la fertilización con cerdaza ensilada, sobre los parámetros hidrobiológicos de un cuerpo de agua en el municipio de Molina Enríquez Estado de México. En: Redvet. 2003. (citado 24 noviembre 2009) disponible en internet: <http://comunidad.veterinaria.org/articulos/articulo.cfm?articulo=32010&pag=1&area=1&buscar=&donde=1>.

BELTRÁN TUMAL, Diana Mercedes y RIVERA ROSERO, María Isabel. Adaptación de post-larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), al alimento inerte en diferentes tiempos de acostumbramiento, en el laboratorio de larvicultura - Universidad de Nariño. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero en Producción Acuícola. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. 2013. P. 114.

BLAIR, Tammy, CASTELL, John, NEIL, Steven, D'ABRAMO, Louis, CAHU, Chantal, HARMON, Paul y OGUNMOYE, Kehinde. Evaluation of microdiets versus live feeds on growth, survival and fatty acid composition of larval haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). En: Aquaculture. July, 2003. Vol. 225. N° 1-4. P. 1 - 20.

BUENAVENTURA V., Guillermo. Valor del dinero en el Tiempo: interés compuesto. (Fecha de consulta: enero 2014). P. 11. Disponible en internet: <http://www.icesi.edu.co/blogs/finanzasbuenver/files/2009/01/vdt.pdf>.

CANTOR ATLATENCO, Fernando. Manual de producción de tilapia. Estado de puebla: Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. 2007. P. 135.

CÁRDENAS, Gloria. Guía de laboratorio calidad de agua para acuicultura I: Métodos adaptados de los "Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales" 17 Edición de la APHA, AWWA y WPCF, 1998. y de las guías de laboratorio de la Universidad del Valle. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 2009.P. 76.

CARVAJAL ROJAS, Lyndon; ARIZA VARGAS, Luz Aida; ORTIZ, Fernando. Formulación del plan de ordenación y manejo de la microcuenca Guanayas - Upin. En: Colombia Forestal. Noviembre, 2005. Vol. 9, n. 18. p. 109 - 127. ISBN 2256-201X.

CASTRO BARRERA, Thalía, DE LARA ANDRADE, R., CASTRO MEJÍA, G., CASTRO MEJÍA, J. y MALPICA SÁNCHEZ, A. Alimento vivo en la acuicultura. En: Contactos. Junio, 2003. Vol. 48. P.27 – 33.

CASTRO MEJÍA, Germán. Incorporación de tres antibióticos en nauplios, metanauplios, juveniles y adultos de *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) para inhibir el crecimiento de la bacteria *Aeromonas hydrophila*. Tesis para obtener el título de maestro en biología. México, D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa. División de ciencias biológicas y de la salud. Maestría en biología. Septiembre, 2005. P. 97.

CENTRO NACIONAL DE ACUICULTURA E INVESTIGACIONES (CENAIM). Manual para la producción y Uso de organismos Zooplanctónicos. (Fecha de consulta: agosto, 2012). P 36. Disponible en internet. <http://mail-cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/artemia.html>

CESTAROLLI, Marcos Antônio, PORTELLA Maria Célia y ROJAS TORRES, Eduardo Nilton. Efeito do nível de alimentação e do tipo de alimento na sobrevivência e no desempenho inicial de larvas de Curimatá *Prochilodus scrofa* (Steindachner, 1881). Em: Boletim do instituto de pesca. 1997. Vol. 24. Único. P.119 – 129.

COELHO, Silvio Romero de Carvalho. Produção intensiva de surubins híbridos em gaiolas: estudos de caso. Trabalho de grado Doutor em Agronomia. Piracicaba. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2005. P. 82.

COLABORADORES DE WIKIPEDIA. Hormona tiroidea [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2014 [fecha de consulta: 23 de marzo del 2014]. Disponible en internet:
http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Hormona_tiroidea&oldid=72099646

COLABORADORES DE WIKIPÉDIA. San Juan de Pasto. (Fecha de consulta: 19 de octubre 2011) .En: Wikipedia La Enciclopedia Libre. Disponible en internet: http://es.wikipedia.org/wiki/San_Juan_de_Pasto.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución Número 2210 (8 de noviembre de 2010). Por la cual se corrige la Resolución No. 383 de 2010, que declara las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2010. P. 2.

CONTRERAS CASTRO, Pedro Julián y CONTRERAS CASTRO, Jorge. Resultado preliminares de la reproducción inducida del bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1966). En: Proyecto estación piscícola san silvestre. Barrancabermeja. 1989. P. 11.

CONTRERAS CASTRO, Pedro Julián y CONTRERAS CASTRO, Jorge. Desarrollo embrionario y larval de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) Proyecto estación piscícola san silvestre. En: INDERENA, Barrancabermeja. 1989. P. 12

CORTÉS MILLÁN, Gilberto Augusto. Guía para el manejo, cría y conservación del bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2003. (Serie ciencia y tecnología, N°. 125). P. 56

CUBILLOS MAYORGA, D., RAMÍREZ MERLANO, J. A., OTERO PATERNINA, A. M., MEDINA ROBLES, V. M. y CRUZ CASALLAS, P. E. Evaluación del suministro de organismos vivos en el manejo de la primera alimentación de bagre rayado *Pseudoplatystoma metaense* (Teleostei, Pimelodidae), bajo condiciones de laboratorio. En: Seminario nacional de especies ícticas nativas: reproducción, tendencias y desafíos hacia la diversificación. (9 y 10, septiembre, 2010. Neiva, Huila). Memorias. P.106.

MNCN. Procedimientos Normalizados De Trabajo. Determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) por el método del dicromato (anónimo). Abril, 2010, (fecha de consulta: 3 diciembre 2013). N° 2. P. 1. Disponible en internet: http://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/dqo.pdf.

DEVLIN, T. NELSON, D. y COX, M. STRYER, L., BERG J. y TYMOCZKO, J. HAWLEY. VOLLHARDT, C. y SCHERE, E. ALBIR, M., SERRA, A. y CHICOTE, J. VOET, D. y VOET, J. Tirosina [online]. En: Wikipedia, La enciclopedia libre, agosto, 2013, (fecha de consulta: 23 octubre, 2013). Disponible en internet: <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Tirosina&oldid=69040744>

DÍAZ OLARTE, John J., CRUZ CASALLAS, Nubia E., MARCIALES CARO, Lili J., MEDINA ROBLES, Víctor M., y CRUZ CASALLAS, Pablo E. Efectos de la densidad de siembra y disponibilidad de alimento sobre el desarrollo y sobrevivencia de larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum*. En: Orinoquía: Villavicencio. Vol. 13, No. 1. 2009. P. 21 – 30.

DÍAZ OLARTE, John, MARCIALES-CARO, Lili J., CRISTANCHO VÁSQUEZ, Freddy y CRUZ CASALLAS, Pablo E. Comparación del Desarrollo Embrionario de *Piaractus brachypomus* (Serrasalmodidae) y *Pseudoplatystoma* sp. (Pimelodidae). En: International Journal of Morphology. 2010. Vol. 28, N°. 4. P. 1193 – 1204.

DRILLET, Guillaume., JORGENSEN, Niels., SORENSEN, Thomas., RAMLOV, Hans., HANSEN, Benni. Biochemical and technical observations supporting the use of copepods as live feed organisms in marine larvicultura. *Aquaculture Research*. Vol.37, 2006; p.756-772.

FROESE, R. & PAULY. D. Editors. 2011. *Pseudoplatystoma fasciatum* - Barred sorubim. Fish Base Organization. Disponible en internet: <http://www.fishbase.org/summary/Pseudoplatystoma-fasciatum.html>.

FURUYA W. M., BARRIVIERA, V. Composição de aminoácidos da carcaça do pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) baseada no conceito de proteína ideal. *Zootecnia Tropical*. Instituto de Investigaciones Agrícolas Venezuela. Vol. 21, No. 2, 2003; p. 109-117.

G. R. Juan. El excesivo crecimiento de la población mundial amenaza su sostenibilidad. En: Agua y Riego. España. Vol. 2, No.1. 2011. P. 7 - 8. GENOMASUR. Capítulo 12. Sistema digestivo. (Fecha de consulta: Enero, 2014) Disponible en internet: http://www.genomasur.com/BCH/BCH_libro/capitulo_12.htm

GONZÁLES, Javier., AURÓ DE OCAMPO, Ana. ANISLAO, Vicente. Evaluación del crecimiento de carpa común (*Cyprinus carpio, var communis*) alimentada con cerdaza ensilada. En: Revista de Veterinaria, México. Vol. 33 (2), 2002; p.115.

GREEN, Andy J., SÁNCHEZ, Marta I., AMAT, Francisco, FIGUEROLA, Jordi, HONTORIA, Francisco, RUIZ, Olga y HORTAS Francisco. Dispersal of invasive and native brine shrimps artemia (anostraca) via waterbirds. En: Limnology and Oceanography: marzo, 2005. Vol. 50, No. 2. P. 737-742.

GUARNIZO PINEDA, Melissa. Caracterización seminal y ensayos preliminares de crioconservación de semen de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum* – Linnaeus 1766). Trabajo de grado presentado para optar al título de zootecnista. Palmira. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ciencias agropecuarias, Departamento de Producción Animal. 2007. P. 102.

GUERRA GRANDEZ, Franco, LOZANO ANCANI, Fabiola, GARCÍA DÁVILA, Carmen, RODRÍGUEZ CHU, Luciano, CUBAS GUERRA, Rosana, PANDURO TAFUR, David y CHU KOO, Fred. Efecto de tres frecuencias de alimentación en el crecimiento, utilización de alimento y sobrevivencia de juveniles de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). En: Folia Amazónica. 2009. Vol. 18 Nº 1-2. P. 81 – 87.

GUERRERO ALVARADO, Camilo Ernesto. Treinamento Alimentar de pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829): sobrevivência, crescimento e aspectos económicos. Trabalho de grado para optar al título de Mestre em Aquicultura. Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Universidade de Estadual Paulista. Centro de Aquicultura da UNESP. Campus de Jaboticabal. 2003. P. 87.

GUILLAUME, J. KAUSHIK, S. BERGOT, P. MÉTAILLER, R. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Versión española de SOPEÑA BLANCO, Aixa. INRA. 2002. P. 482. ISBN: 84-8476-150-9.

HERNÁNDEZ TÉLLEZ, Ana Rosa. Efecto del enriquecimiento de *Artemia* franciscana con diferentes proporciones de ω -3 DHA/EPA sobre el crecimiento de juveniles de pez blanco *Menidia estor*. Tesis para optar al título de maestría en ciencias biológicas. Morelia, Michoacán. Universidad de Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología. 2009. P. 81.

HILLMAN GADEA, Natalia. Enfermedades tiroideas. En: El medico interactivo: Diario electrónico de la sanidad. Enero 2003. Nº 892. Disponible en internet: <http://www.elmedicointeractivo.com/ap1/emiold/aula2001/tema13/enfermedadestiroideas0.php>.

HOSHIBA, Marcio Aquio. Enriquecimento da alimentação das larvas de matrinxã (*Brycon amazonicus*) com aminoácidos. Influência no crescimento inicial e sobrevivência das larvas. Trabalho de Grado Mestre em Zootecnia. Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Programa de Zootecnia. 2007. P. 118.

IBARRA VALLEJO, Guillermo Alexander y ORTEGA ORTEGA, Nixon Riquer. Evaluación del potencial acuícola de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) a diferentes densidades de siembra, en el centro experimental amazónico (CEA) Mocoa departamento del Putumayo. Trabajo de grado Ingeniero en Producción Acuícola. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. 2008. P. 127.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Veda para peces ornamentales, de consumo y bagre pintado o rayado (online). Colombia, 30 de abril 2009, (fecha de consulta: 10 de Febrero de 2012). Disponible en internet: <http://www.ica.gov.co/Noticias/Pesca-y-Acuicultura/2009/Veda-para-peces-ornamentales,-de-consumo-y-bagre-p.aspx>.

KAPETSKY, James M., y NATH, Shree S. Una evaluación estratégica de la potencialidad para la piscicultura dulceacuícola en América Latina. En: anexo 3 - El modelo del crecimiento íctico. COPESCAL documento técnico. No 10. Roma,

FAO. 1997, (Fecha de consulta: 19 enero 2014). Disponible en internet: <http://www.fao.org/docrep/005/w5268s/W5268S09.htm#ch>.

KINKELIN, Pierre, MICHEL, Christian y GHITTINO, Pietro. Tratado de las enfermedades de los peces. Traducido por MÚZQUIZ MORACHO, José Luis y ALONSO MARTÍNEZ, José Luis. España. Acribia, S.A. 1991. P. 353. ISBN: 84-200-0686-6.

KOLKOVSKI, Sagiv. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles – implications and applications to formulated diets. En: Aquaculture. Agosto, 2001. Vol. 200 N° 1-2. P. 181 – 201.

KOSSOWSKI, Christophe. Perspectives de L'élevage des poissons-chats (Siluroidei) en Amérique du Sud. En: Aquat. Living Resour. Junio, 1996. Vol. 9. Hors Série: p.189-195.

LANDINES PARRA, Miguel Angel. Efeito da triiodotironina (T3) no desenvolvimento embrionário e no desempenho das larvas de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), piraicanjuba (*Brycon orbignyanus*) e dourado (*Salminus maxillosus*). Trabalho de grado para optar al titulo da Doutor em Aquicultura. Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista. Centro de aquicultura da UNESP. Campus de Jaboticabal. 2003. P. 154.

LAVENS Patrick y SORGELOOS Patrick. Manual on the production and use of live food for aquaculture. Ghent, Belgium: FAO 1996. P. 305. ISBN: 92 – 5 – 103934 – 8.

LÓPEZ MACÍAS, Jorge Nelson. Nutrición y alimentación acuícola. San Juan de Pasto, Universidad de Nariño, 1997. P. 211.

LUCHINI, Laura. Manual para el cultivo de bagre sudamericano (*Rhamdia sapo*). Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 1990. RLAC/90/16 - PES – 20. P. 58.

LUNA FIGUEROA, J., VARGAS, Z. T de Jesús y FIGUEROA, T. J. Alimento vivo como alternativa en la dieta de larvas y juveniles de *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823). En: Avances en Investigación Agropecuaria. Vol. 14, N°. 3. 2010. P. 63 – 72.

MARCIALES CARO, Lili J., DÍAZ OLARTE, John J., MEDINA ROBLES, Víctor M. y CRUZ CASALLAS, Pablo E. Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de larvas de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) alimentadas con

alimento vivo natural y enriquecido con ácidos grasos. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 23, No 3. Julio – Septiembre, 2010. p. 308-316.

MARCIALES CARO, Lili J., CRUZ CASALLAS, Nubia E., DÍAZ OLARTE, John J., MEDINA ROBLES, Víctor M., y CRUZ CASALLAS, Pablo E. Crecimiento y sobrevivencia de post-larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma sp*) y yaque (*Leiarius marmoratus*) consumiendo una dieta seca. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol. 24. 2011. P. 179-190.

MARTÍNEZ SILVA, Fabián Leonardo. Desempeño de post-larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma sp.*) y yagre producto del cruce macho rayado (*Pseudoplatystoma sp.*) por hembra yaque (*Leiarius marmoratus*) Gill. 1871, durante un acondicionamiento alimentario. (Piscis, Siluriformes, Pimelodidae). Trabajo de grado para optar el título de zootecnista. Bogotá D.C. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales UDCA. Facultad de ciencias pecuarias. Departamento de zootecnia. 2011. P. 85.

MEDEIROS MARINHO, Sérgio Antônio. Sobrevivência e crescimento de larvas de surubim *Pseudoplatystoma corruscans* (Spix & Agassiz, 1829) sob diferentes condições alimentares. Trabalho de grado para optar al título de mestre em Recursos Pesqueiros e Aquicultura. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Pesca e Aquicultura. Programa de Pós-graduação. Pesqueiros e Aquicultura. 2007. P. 66.

MOJICA BENITEZ, Hermes Orlando, RODRÍGUEZ PULIDO, José Ariel y OROZCO ZAPATA, Carlos Robinson. Manual de reproducción y cultivo: El bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum*. INPA-PRONATTA. Villavicencio: editorial, 2003. P. 25.

MONROING, Oscar. Diseño y optimización de liposomas para su uso como sistema de suministro de nutrientes a larvas de peces marinos. Trabajo de grado para optar al título de doctor en ciencias biológicas. Valencia. Universidad de Valencia. Departamento de Biología, Cultivo y Patología de especies Marinas. 2007. p. 669.

MORALES, Carlos A. y RODRÍGUEZ, Nélica. Hormonas tiroideas en la reproducción y en la producción láctea del ganado lechero: revisión de literatura. En: Rev. Col. Cienc. Pec. Vol. 18. N° 2. 2005. p. 136 – 148.

National Academy Press. Nutrient Requirements Of Coldwater Fishes (NRC): Nutrient requirements of warm water fishes and shellfishes. Revised Edition. United States of America. National academy Press, 1983. P. 102. ISBN – 10: 0309034280.

NAVARRETE, Pamela. Efecto de la administración de Tiroxina en el crecimiento de juveniles del pez blanco de Pátzcuaro *Menidia estor*. Trabajo de grado para optar al título de Maestra en ciencias biológicas. Morelia, Michoacán, México. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Programa institucional de Maestría en ciencias biológicas. 2009. P. 55.

NÚÑEZ, Jesús, DUGUÉ, Rémi, CORCUY ARANA, Navil, DUPONCHELLE, Fabrice, FRANÇOIS RENNO, Jean, RAYNAUD, Thomas, HUBERT, Nicolas, LEGENDRE, Marc. Induced breeding and larval rearing of Surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), from the Bolivian Amazon. En: Aquaculture Research, mayo, 2008. Vol. 39. Issue 7. P. 764 - 776.

OBSERVATORIOS AMBIENTALES URBANOS. Concentración de DQO (demanda química de oxígeno) en las masas de agua [en línea]. Bogotá. 2000. (Fecha de consulta: 4 agosto 2013). Disponible en internet: <http://oau.colnodo.apc.org/nivel3.php?indicador=DQO&observ=2>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. El estado mundial de la pesca y acuicultura 2012. Informe del grupo científico del departamento de pesca y acuicultura de la FAO. Roma, 2012. P. 251.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Estudio legislativo: Directrices en materia de legislación alimentaria (nuevo modelo de ley de alimentos para países de tradición jurídica. 2006. p. 91. ISBN. 9789253056262

PÁJARO, Marcelo. El canibalismo como mecanismo regulador denso-dependiente de mortalidad natural en la anchoíta argentina (*Engraulis anchoita*). Su relación con las estrategias reproductivas de la especie. Trabajo de grado para optar al título de Doctor. Argentina. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de ciencias exactas y naturales. Departamento de ciencias marinas. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP). 1998. P. 297.

PINZÓN ARCINIEGAS, S. M., MOJICA RODRÍGUEZ, J. E., y CRUZ CASALLAS, P. E. Ensayos preliminares sobre crioconservación de semen de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum* Linnaeus, 1766). En: Orinoquia, Colombia: Villavicencio. Octubre, 2005. Vol. 9, No. 002. P. 28-37.

PIZARRO SÁNCHEZ. Índices de malnutrición proteica y proteico-energética en musculo gastrocnemio de ratas por déficit dietario de fenilalanina, tirosina y

triptófano. Trabajo de grado para optar al título de doctor. Centro mixto. Instituto de nutrición. Departamento de nutrición y bromatología. Facultad de farmacia. 1996. P. 308.

PRIETO G. Martha y ATENCIO G. Víctor. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. En: Revista. MVZ Córdoba, Vol.13, Núm. 2. 2008. P. 1415-1425

PRIETO, Martha. HERNANDEZ, Jhiry. GOMEZ, Catalino. PARDO, Sandra. ATENCIO, Víctor. PRISCILA, Rosa. Efecto de tres tipos de presas vivas en la larvicultura de bagre blanco (*Sorubim cuspidatus*). En: Revista MVZ Córdoba. No. 18 (3) (Feb., 2013); p. 3790 -3798.

PROJETO PACU, Aquicultura Ltda. Criação dos surubins em viveiros. (Fecha de consulta janeiro 2014). P. 6. Disponível em internet: <http://projetopacu.com.br/public/paginas/198-informativo-projeto-pacu-criacao-dos-surubins-viveiros.pdf>.

QUINTERO PINTO, Luis Gabriel. Especies ícticas amazónicas promisorias para la acuicultura nacional. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. P. 9.

RIESCO EIZAGUIRRE, Garcilaso y SANTISTEBAN, Pilar. Transportador de yodo (NIS) y su aplicación diagnóstica y terapéutica en diferentes enfermedades. En: Endocrinología y nutrición. Vol 55. Nº 3. 2008. P.4.

ROBERTS, Ronald. Patología de los peces. Traducido por BLANCO CACHAFEIRO, M. Carmen. España. Mundi-prensa. 1981. P. 366.

RODRIGHERO MAIA, Cláudia. Treinamento alimentar de juvenis de surubim híbrido. Trabalho de grado de engenharia de Aquicultura. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Aquicultura, curso de Engenharia de Aquicultura. 2011. P. 35.

RODRÍGUEZ, P. S. J., CORCUY, A. N., DUGUE, R. Evaluación del comportamiento de alevines de surubí (*Pseudoplatystoma fasciatum*) cultivados en dos sistemas de estanques artificiales (Estación acuícola el Prado, departamento de Santa Cruz). Tesis de grado para optar al título de Médico Veterinario Zootecnista. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Facultad de ciencias veterinarias. 2005. P. 37.

ROQUE, A., MAZARI, A., GÓMEZ GIL, B. Infección oral experimental de post-larvas de *Litopenaeus vannamei* a través de bioencapsulación de *Vibrio parahaemolyticus* en *Artemia franciscana*. En: Ciencias Marinas. Vol. 26. No. 1. 2000. p. 65-77.

ROTTA, Marco Aurélio. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. 1ra edição. Corumbá, Brasil: Embrapa. 2003. P. 49.

RUIZ JARABO, Ignacio, VARGAS CHACOFF, Luis, ARJONA, Francisco Jesús, MARTÍN DEL RÍO, María del Pilar y MANCERA, Juan Miguel. Hormonas tiroideas y osmorregulación en los teleósteos (online). En: Encuentros en la Biología, 2006, (fecha de consulta: 14 junio, 2012). Nº. 112. ISSN-e 1134-8496 Disponible en internet: <http://www.encuentros.uma.es/encuentros112/hormonas.htm>.

SALINAS, C. Y., CÓRDOBA, E., ALONSO, J. C., PRIETO, E. F., BONILLA, O. Catálogo de la biodiversidad de Colombia: *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). 15 de junio 2007, (fecha de consulta: 14 septiembre 2011). Disponible en internet <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do?idBuscar=603&method=displayAAT>.

SCHÜTZ, Jackson Haroldo, WEINGARTNER, Marcos, ZANIBONI FILHO, Evoy y NUÑER, Alex Pires de Oliveira. Crescimento e sobrevivência de larvas de suruvi *Steindachneridion scriptum* nos primeiros dias de vida: influência de diferentes alimentos e fotoperíodos. Em: Boletim Instituto de Pesca. Fevereiro, 2008. Vol. 34 Nº 3. P. 443 - 451

SENHORINI, José Augusto y LANDINES PARRA, Miguel Ángel. Generalidades sobre el manejo y selección de reproductores de peces reofílicos. En: DAZA, Piedad Victoria, LANDINES PARRA, Miguel Ángel y SANABRIA OCHOA, Ana Isabel. Reproducción de los peces en el trópico. Bogotá- Colombia; INCODER. 2005. P. 79 – 90.

SLOMINSKI, Andrzej, ZMIJEWSKI, Michal y PAWELEK, Jhon. L-tyrosine and L-dihydroxyphenylalanine as hormone-like regulators of melanocyte functions. En: Pigment cell melanoma Res. Vol. 25. p. 14 -27.

TALLARICO DE MIRANDA, Mário Olindo. Cultivo de surubim pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) e híbrido (*P. reticulatum* X *P. coruscans*) em sistema de recirculação de água. Trabalho de grado Doutor em Ciências. São Carlos, Brasil. Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais. 2012. P. 91.

TESSER, Marcelo Borges y PORTELLA Maria Célia. Ingestão de ração e comportamento de larvas de pacu em resposta a estímulos químicos e visuais. En: Revista Brasileira de Zootecnia 2006. Vol. 35. Nº 5. P. 1887 – 1892.

TIMMONS, Michael B., EBELING, James M., WHEATON, Fred W., SUMMERFELT, Steven T. y VINCI, Brian J. Sistemas de recirculación para la acuicultura. Traducida por PARADA REBOLLEDO, Gustavo y HEVIA WERKMEISTER, Martin. 1 edición. Vitacura, Santiago de Chile: Fundación Chile. 2002. P. 748.

TOLEDO AGÜERO, P. y VIANA MT. Composición de ácidos grasos en juveniles de abulón *Haliotis tuberculata* coccinea alimentados con dietas formuladas con diferentes contenidos de HUFA n3. En: Ciencias marinas. 2009. Vol. 35. Nº. 1. P. 101 - 112. ISSN: 0185-3880.

TORRES, R. G.A., GONZÁLEZ, P. S. y PEÑA, S. E. descripción anatómica, histológica y ultraestructural de la branquia e hígado de tilapia (*Oreochromis niloticus*). En: Int. J. Morphol. Vol. 28. Nº. 3. 2010. p. 703 – 712.

VALENTE, L. M. P., LE BAIL, P. Y., GOMES, E. F. S., FAUCONNEAU, B. Hormone profile in fast and slow growing strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to nutritional state. En: Aquaculture. April, 2003, (fecha de consulta: enero, 2014). Vol. 219. Nº 1-4. P. 829. Disponible en internet: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848603000310>.

VEGAS VÉLEZ, Manuel. Ictiología: texto experimental. Cali, Colombia, Universidad del Valle, 1977. P. 271.

WEDLER, Eberhard. Introducción en la acuicultura con énfasis en los neotrópicos. Santa Marta, Colombia. 1ra edición. 1998. Biblioteca jurídica. P. 415. ISBN: 958-96207-4-4.

WOYNAROVICH, Andrés y WOYNAROVICH, Erek. Reproducción artificial de las especies *Colossoma* y *Piaractus*. Una guía detallada para la reproducción de alevinos de gamitana, paco y caraña. Fondo Nacional de Desarrollo pesquero – Fondepes. Lima, Perú. 1ra Edición 1998. P. 67.

8. ANEXOS

Anexo A. Reproducción inducida de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*).

Adecuación y manejo de reproductores. Se manejan en estanques de tierra con un área de 350 m² y una profundidad de 1,5 m, a una densidad de 450 g por m² como lo recomienda Senhorini y Landines²⁵⁶, dichos ejemplares se alimentan con balanceado comercial del 32% de proteína y pellet de 12 mm, a razón del 1% de la biomasa total, suministrados en dos comidas.

Selección de reproductores maduros. Según Woynarovich²⁵⁷, los animales se someten a cuarentena por 48 horas, para el caso de los machos al realizar una leve presión posterior a las aletas pectorales, se observa esperma sobre el abdomen, en las hembras, se realiza biopsia ovárica con una cánula plástica de 0.3 mm, seleccionando de esta manera las hembras que presenten mayor número de ovocitos migrando. Los reproductores escogidos se llevan a un tanque semicircular de 2,5 m³, para la aplicación de extracto pituitario de carpa (EPC).

Inducción a la reproducción. Se procede a anestésiar y se toma el peso húmedo de cada ejemplar. A continuación se calcula las dosis de hormona a inyectar de acuerdo a la tabla 8.

Tabla 8. Dosis de hormona para la inducción a la reproducción de bagre.

| Dosis | Tiempo (horas) | Hembras | Machos |
|---------|----------------|---------------|-------------|
| Primera | 0 | 0,6 mg EPC/Kg | ---- |
| Segunda | 12 | 6 mg EPC/Kg | 1 mg EPC/Kg |

Fuente: CORTÉS MILLÁN, Gilberto Augusto. Guía para el manejo, cría y conservación del bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2003. (Serie ciencia y tecnología, N°. 125). P. 15

Desove. Se procede a bajar el nivel del tanque semicircular, se aplica 2 mL de Quinaldine/200 L de agua para anestésiar nuevamente, esto en presencia de abundante aireación, y se toma el reproductor hembra con ayuda de un paño, donde se aplicará una leve presión sobre el abdomen con el fin de que expulse los huevos para la colección en recipientes plásticos, se toma el reproductor macho y se extrae el semen distribuyéndolo sobre los huevos, se procede a homogenizar completamente los productos sexuales, con

²⁵⁶ SENHORINI, José Augusto y LANDINES PARRA, Miguel Ángel. Generalidades sobre el manejo y selección de reproductores de peces reofílicos. En: DAZA, Piedad Victoria, LANDINES PARRA, Miguel Ángel y SANABRIA OCHOA, Ana Isabel. Reproducción de los peces en el trópico. Bogotá-Colombia; INCODER. 2005. p. 81.

²⁵⁷ WOYNAROVICH, Andrés y WOYNAROVICH, Erek. Reproducción artificial de las especies *Colossoma* y *Piaractus*. Una guía detallada para la reproducción de alevinos de gamitana, paco y caraña. Fondo Nacional de Desarrollo pesquero – Fondepes. Lima, Perú. 1ra Edición 1998. P. 34.

movimientos muy suaves y con ayuda de una pluma de ave durante 2 minutos, (Fertilización) y finalmente se hidrata con agua por 15 minutos.

Incubación y eclosión. Se utilizan incubadoras de 200 L de flujo ascendente, se incuba a razón de 3 L de huevos hidratados/incubadora. La temperatura del agua debe estar entre los 27 y 28°C. Pasadas 18 horas de incubación se produce la eclosión. Finalmente las larvas de 20 HPE se cosechan en una trampa colectora de 34 L para ser transportadas a las unidades productivas adecuadas y continuar con la primera alimentación.

Anexo B. Supuestos estadísticos para las variables evaluadas.

| Variables evaluadas | Prueba de Independencia (Durbin- Watson) | | Verificación de varianza (Bartlett) | | Prueba de normalidad (valor Z- para asimetría) | | Identificación de valores atípicos (Prueba de Grubbs') | |
|--|--|---------|-------------------------------------|----------|--|----------|--|---------|
| | Estadístico | Valor-P | Estadístico | Valor-P | Estadístico | Valor-P | Estadístico | Valor-P |
| Tasa de crecimiento específico peso | 2,43879 | 0,902 | 1,01247 | 0,94495 | 1,06905 | 0,285044 | 1,54527 | 1 |
| Tasa de crecimiento específico Longitud | 2,75395 | 0,9849 | 1,04566 | 0,715405 | 0,280011 | 0,779465 | 1,88629 | 1 |
| Temperatura | 1,79 | 0,1044 | 1,01295 | 0,619335 | 1,37066 | 0,170481 | 2,35415 | 1 |
| Oxígeno | 1,77957 | 0,0935 | 1,02252 | 0,37919 | 0,782196 | 0,434097 | 2,16773 | 1 |
| Potencial de hidrógeno (pH) | 1,73674 | 0,0573 | 1,05416 | 0,06301 | 0,98287 | 0,59962 | 2,61982 | 1 |
| Nitritos | 2,27621 | 0,8265 | 1,01209 | 0,916776 | 1,46461 | 0,143026 | 2,16694 | 1 |
| Nitratos | 1,58888 | 0,1366 | 1,01806 | 0,859249 | 0,209566 | 0,834002 | 1,6707 | 1 |
| Dureza | 2,18876 | 0,7519 | 1,10392 | 0,241521 | 0,24135 | 0,809279 | 2,00674 | 1 |
| Sólidos Suspendidos | 1,82203 | 0,3449 | 1,01854 | 0,854522 | 0,395423 | 0,692527 | 1,8137 | 1 |
| Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅) | 1,70022 | 0,2234 | 1,12355 | 0,176345 | 0,0113312 | 0,990953 | 2,18224 | 1 |
| Demanda Química de Oxígeno (DQO) | 1,87605 | 0,4053 | 1,19358 | 0,057506 | 0,79921 | 0,424167 | 2,76251 | 0,19543 |

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa, por tanto se acepta el supuesto estadístico.

Anexo C. Incremento de peso (mg) de larvas de bagre rayado *P. fasciatum*.

| Tratamiento | Días | | | Incremento total (mg) |
|-------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|
| | 4 (Periodo 1) | 8 (Periodo 2) | 12 (Periodo 3) | |
| 1 | 7.83 ± 2.5 | 22.97 ± 7.84 | 40.30 ± 14.93 | 71.10 |
| 2 | 9.56 ± 2.18 | 22.30 ± 5.74 | 41.12 ± 13.44 | 72.98 |
| 3 | 9.47 ± 2.15 | 16.06 ± 4.33 | 29.03 ± 9.74 | 54.56 |
| 4 | 8.71 ± 2.07 | 16.88 ± 5.82 | 27.79 ± 9.57 | 53.38 |

Anexo D. Tabla ANOVA tasa crecimiento específico.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|--------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Tratamientos | 49,7996 | 3 | 16,5999 | 0,05 | 0,9870 |
| Error experimental | 11740,9 | 32 | 366,902 | | |
| Total (Corr.) | 11790,7 | 35 | | | |

NS

NS: Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de tasa de crecimiento específico entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Anexo E. Tabla ANOVA para incremento de peso.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|--------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Tratamientos | 0,0398328 | 3 | 0,0132776 | 0,74 | 0,5371 |
| Error experimental | 0,575662 | 32 | 0,0179894 | | |
| Total (Corr.) | 0,615495 | 35 | | | |

NS

NS: Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de incremento de peso entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Anexo F. Incremento de longitud de larvas de bagre rayado *P. fasciatum*.

| Tratamiento | Días | | | Incremento Total |
|-------------|---------------|---------------|----------------|------------------|
| | 4 (Periodo 1) | 8 (Periodo 2) | 12 (Periodo 3) | |
| 1 | 3.67 ± 0.9 | 4.91 ± 1.51 | 7.30 ± 1.7 | 15.88 |
| 2 | 4.65 ± 0.58 | 4.82 ± 0.92 | 6.70 ± 1.19 | 16.16 |
| 3 | 4.27 ± 0.50 | 3.59 ± 1.28 | 6.14 ± 1.69 | 14.00 |
| 4 | 4.13 ± 0.58 | 3.50 ± 1.15 | 6.12 ± 1.66 | 13.75 |

Anexo G. Tabla ANOVA para incremento de longitud.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|--------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Tratamientos | 3,76167 | 3 | 1,25389 | 0,47 | 0,7022 |
| Error experimental | 84,5663 | 32 | 2,6427 | | |
| Total (Corr.) | 88,328 | 35 | | | |

NS

NS: Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Incremento de longitud entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Anexo H. Prueba de Brand-Snedecor para supervivencia.

| Respuesta | TRATAMIENTOS | | | | Total |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | |
| Éxito | 289 | 404 | 437 | 376 | 1.506,00 |
| Fracaso | 251 | 136 | 103 | 164 | 654,00 |
| Total | 540,00 | 540,00 | 540,00 | 540,00 | 2.160,00 |
| Pi | 0,535 | 0,748 | 0,809 | 0,696 | 0,697 |
| Pi*a_i | 154,669 ^a | 302,252 ^b | 353,646 ^c | 261,807 ^d | 1.050,017 |

Contraste de 2 proporciones

| | | |
|------------------|-------|--------------------|
| P ₁₋₂ | 0,642 | -7,30 ^a |
| P ₁₋₃ | 0,672 | -9,59 ^b |
| P ₁₋₄ | 0,616 | -5,44 ^c |
| P ₂₋₃ | 0,779 | -2,42 ^d |
| P ₂₋₄ | 0,722 | 1,90 ^e |
| P ₃₋₄ | 0,753 | 4,30 ^f |

Letras distintas indican diferencias significativas, con un nivel de confiabilidad del 95%.

Anexo I. Prueba de Brand-Snedecor para mortalidad.

| Respuesta | TRATAMIENTOS | | | | Total |
|-------------------------|--------------|---------|---------|---------|-----------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | |
| Éxito | 289 | 404 | 437 | 376 | 1.506,00 |
| Fracaso | 76 | 56 | 84 | 77 | 293,00 |
| Total | 365,00 | 460,00 | 521,00 | 453,00 | 1.799,00 |
| Pi | 0,792 | 0,878 | 0,839 | 0,830 | 0,837 |
| Pi*a_i | 228,825 | 354,817 | 366,543 | 312,088 | 1.260,720 |

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

Anexo J. Prueba de Brand-Snedecor para canibalismo.

| Respuesta | TRATAMIENTOS | | | | Total |
|--------------|--------------|--------|--------|--------|----------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | |
| Éxito | 175 | 84 | 32 | 87 | 378,00 |
| Fracaso | 365 | 456 | 508 | 453 | 1.782,00 |
| Total | 540,00 | 540,00 | 540,00 | 540,00 | 2.160,00 |
| Pi | 0,324 | 0,156 | 0,059 | 0,161 | 0,175 |
| Pi*ai | 56,713 | 13,067 | 1,896 | 14,017 | 66,150 |

Contraste de 2 proporciones

| | | |
|------------------|-------|--------------------|
| P ₁₋₂ | 0,230 | 7,38 ^a |
| P ₁₋₃ | 0,192 | 11,05 ^b |
| P ₁₋₄ | 0,243 | 6,25 ^c |
| P ₂₋₃ | 0,097 | 4,21 |
| P ₂₋₄ | 0,148 | -1,20 |
| P ₃₋₄ | 0,110 | -5,34 |

Letras distintas indican diferencias significativas, con un nivel de confiabilidad del 95%.

Anexo K. Tabla ANOVA para temperatura promedio.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|--------------------|-------------------|-----|----------------|---------|---------|
| Tratamientos | 0,011875 | 3 | 0,00395833 | 0,52 | 0,6661 |
| Error experimental | 1,05639 | 140 | 0,00754563 | | |
| Total (Corr.) | 1,06826 | 143 | | | |

NS

NS: Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Promedio entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Anexo L. Registro de temperatura promedio diaria.

| DÍA | T1R1 | T1R2 | T1R3 | T2R1 | T2R2 | T2R3 | T3R1 | T3R2 | T3R3 | T4R1 | T4R2 | T4R3 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 28,1 | 28,0 | 27,6 | 27,8 | 28,5 | 27,9 | 28,3 | 28,1 | 27,9 | 28,1 | 28,1 | 28,1 |
| 2 | 28,2 | 28,0 | 27,8 | 27,8 | 28,6 | 28,0 | 28,3 | 28,1 | 27,8 | 28,0 | 28,1 | 28,2 |
| 3 | 28,2 | 28,0 | 28,1 | 27,6 | 28,5 | 28,1 | 28,3 | 28,1 | 28,1 | 28,2 | 28,1 | 27,8 |
| 4 | 27,9 | 28,0 | 28,3 | 27,6 | 28,4 | 28,0 | 28,2 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 28,2 | 27,9 |
| 5 | 28,1 | 28,2 | 28,4 | 28,0 | 27,9 | 27,8 | 28,3 | 28,1 | 28,1 | 28,1 | 28,1 | 27,9 |
| 6 | 27,9 | 28,1 | 28,6 | 27,6 | 28,3 | 28,1 | 28,1 | 27,9 | 28,0 | 28,0 | 28,1 | 28,0 |
| 7 | 27,8 | 28,3 | 28,2 | 27,7 | 28,3 | 28,0 | 28,1 | 28,0 | 28,0 | 27,9 | 28,2 | 28,0 |
| 8 | 28,0 | 28,4 | 28,3 | 28,1 | 28,4 | 27,8 | 28,1 | 28,1 | 28,3 | 27,9 | 27,9 | 28,2 |
| 9 | 28,0 | 28,1 | 28,1 | 27,8 | 28,2 | 27,7 | 28,0 | 28,0 | 28,0 | 27,8 | 28,2 | 28,1 |
| 10 | 27,8 | 28,1 | 28,0 | 28,1 | 28,4 | 27,8 | 27,9 | 28,0 | 28,0 | 27,8 | 28,1 | 27,8 |
| 11 | 28,0 | 27,9 | 28,0 | 28,0 | 28,2 | 28,0 | 28,0 | 27,9 | 28,0 | 27,9 | 28,0 | 28,1 |
| 12 | 27,9 | 27,8 | 28,0 | 28,1 | 28,2 | 28,2 | 27,9 | 28,0 | 28,0 | 27,9 | 28,2 | 28,1 |

Anexo M. Tabla ANOVA para oxígeno promedio.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|--------------------|-------------------|-----|----------------|---------|---------|
| Tratamientos | 0,00184444 | 3 | 0,000614815 | 0,02 | 0,9974 |
| Error experimental | 5,63951 | 140 | 0,0402822 | | |
| Total (Corr.) | 5,64136 | 143 | | | |

NS

NS: Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Promedio entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Anexo N. Registro de oxígeno promedio diario.

| Día | T1R1 | T1R2 | T1R3 | T2R1 | T2R2 | T2R3 | T3R1 | T3R2 | T3R3 | T4R1 | T4R2 | T4R3 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 3,99 | 3,99 | 3,96 | 4,06 | 4,06 | 4,06 | 4,00 | 4,03 | 4,04 | 4,10 | 4,10 | 4,09 |
| 2 | 3,91 | 3,93 | 3,91 | 3,93 | 3,92 | 3,92 | 3,84 | 3,79 | 3,84 | 3,96 | 3,95 | 3,96 |
| 3 | 3,86 | 3,88 | 3,85 | 3,84 | 3,87 | 3,86 | 3,79 | 3,76 | 3,83 | 3,83 | 3,83 | 3,85 |
| 4 | 3,82 | 3,78 | 3,78 | 3,78 | 3,81 | 3,80 | 3,70 | 3,81 | 3,75 | 3,73 | 3,80 | 3,79 |
| 5 | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,77 | 3,80 | 3,74 | 3,78 | 3,75 | 3,75 | 3,76 |
| 6 | 3,70 | 3,68 | 3,66 | 3,67 | 3,70 | 3,70 | 3,69 | 3,66 | 3,70 | 3,65 | 3,77 | 3,68 |
| 7 | 3,61 | 3,61 | 3,62 | 3,57 | 3,64 | 3,66 | 3,73 | 3,65 | 3,64 | 3,62 | 3,64 | 3,66 |
| 8 | 3,56 | 3,56 | 3,57 | 3,54 | 3,57 | 3,57 | 3,61 | 3,58 | 3,63 | 3,54 | 3,55 | 3,56 |
| 9 | 3,62 | 3,54 | 3,53 | 3,51 | 3,51 | 3,57 | 3,62 | 3,55 | 3,60 | 3,51 | 3,51 | 3,51 |
| 10 | 3,52 | 3,49 | 3,52 | 3,42 | 3,41 | 3,47 | 3,48 | 3,47 | 3,53 | 3,45 | 3,45 | 3,43 |
| 11 | 3,41 | 3,44 | 3,46 | 3,46 | 3,39 | 3,37 | 3,50 | 3,44 | 3,47 | 3,44 | 3,42 | 3,41 |
| 12 | 3,39 | 3,39 | 3,39 | 3,33 | 3,33 | 3,33 | 3,39 | 3,38 | 3,42 | 3,34 | 3,35 | 3,34 |

Anexo O. Tabla ANOVA para pH promedio.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|--------------------|-------------------|-----|----------------|---------|---------|
| Tratamientos | 0,00644722 | 3 | 0,00214907 | 0,42 | 0,7425 |
| Error experimental | 0,72495 | 140 | 0,00517821 | | |
| Total (Corr.) | 0,731397 | 143 | | | |

NS

NS: Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Promedio entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Anexo P. Registro de pH promedio diario.

| DÍA | T1R1 | T1R2 | T1R3 | T2R1 | T2R2 | T2R3 | T3R1 | T3R2 | T3R3 | T4R1 | T4R2 | T4R3 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 7,13 | 7,15 | 7,17 | 7,21 | 7,08 | 7,23 | 7,13 | 7,14 | 7,16 | 7,14 | 7,20 | 7,18 |
| 2 | 7,30 | 7,24 | 7,22 | 7,26 | 7,19 | 7,26 | 7,26 | 7,19 | 7,22 | 7,22 | 7,28 | 7,18 |
| 3 | 7,26 | 7,17 | 7,12 | 7,16 | 7,21 | 7,21 | 7,19 | 7,09 | 7,12 | 7,19 | 7,21 | 7,11 |
| 4 | 7,25 | 7,25 | 7,22 | 7,31 | 7,27 | 7,28 | 7,22 | 7,23 | 7,26 | 7,23 | 7,35 | 7,21 |
| 5 | 7,22 | 7,20 | 7,10 | 7,18 | 7,17 | 7,18 | 7,18 | 7,07 | 7,19 | 7,17 | 7,19 | 7,17 |
| 6 | 7,25 | 7,27 | 7,22 | 7,25 | 7,22 | 7,16 | 7,29 | 7,20 | 7,27 | 7,17 | 7,27 | 7,11 |
| 7 | 7,33 | 7,31 | 7,33 | 7,29 | 7,33 | 7,26 | 7,39 | 7,18 | 7,33 | 7,18 | 7,24 | 7,20 |
| 8 | 7,13 | 7,31 | 7,21 | 7,23 | 7,16 | 7,19 | 7,35 | 7,34 | 7,27 | 7,22 | 7,19 | 7,03 |
| 9 | 7,24 | 7,31 | 7,26 | 7,16 | 7,24 | 7,16 | 7,34 | 7,11 | 7,29 | 7,15 | 7,27 | 7,16 |
| 10 | 7,20 | 7,24 | 7,20 | 7,11 | 7,14 | 7,03 | 7,33 | 7,19 | 7,25 | 7,25 | 7,27 | 7,10 |
| 11 | 7,14 | 7,16 | 7,12 | 7,15 | 7,16 | 7,16 | 7,23 | 7,13 | 7,10 | 7,23 | 7,15 | 7,21 |
| 12 | 7,12 | 7,09 | 7,12 | 7,11 | 7,12 | 7,21 | 7,17 | 7,08 | 7,02 | 7,22 | 7,22 | 7,20 |

Anexo Q. Registro de nitritos.

| Muestra | T1R1 | T1R2 | T1R3 | T2R1 | T2R2 | T2R3 | T3R1 | T3R2 | T3R3 | T4R1 | T4R2 | T4R3 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| 2 | 0,60 | 0,40 | 0,80 | 0,50 | 0,20 | 0,60 | 0,00 | 0,50 | 0,10 | 0,50 | 0,50 | 0,40 |
| 3 | 0,00 | 0,22 | 0,12 | 0,70 | 0,50 | 0,50 | 0,07 | 0,41 | 0,05 | 0,07 | 0,50 | 0,00 |
| 4 | 0,00 | 0,33 | 0,26 | 0,33 | 0,29 | 0,42 | 0,20 | 0,35 | 0,50 | 0,30 | 0,10 | 0,42 |

Anexo R. Registro de nitratos.

| Muestra | T1R1 | T1R2 | T1R3 | T2R1 | T2R2 | T2R3 | T3R1 | T3R2 | T3R3 | T4R1 | T4R2 | T4R3 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,8 | 0,1 | 2,4 | 0,0 | 2,4 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 4,8 | 2,0 | 6,1 | 2,9 | 2,1 | 2,1 | 4,0 | 2,5 | 2,0 | 7,0 | 4,5 | 5,6 |
| 3 | 1,8 | 3,0 | 6,3 | 2,2 | 7,0 | 5,0 | 3,0 | 5,6 | 6,0 | 2,1 | 4,0 | 2,0 |
| 4 | 3,5 | 5,5 | 6,0 | 3,0 | 6,2 | 4,2 | 3,5 | 4,0 | 7,0 | 7,0 | 4,0 | 3,0 |

Anexo S. Registro de dureza.

| Muestra | T1R1 | T1R2 | T1R3 | T2R1 | T2R2 | T2R3 | T3R1 | T3R2 | T3R3 | T4R1 | T4R2 | T4R3 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 21 | 20 | 19 | 20 | 19 | 20 | 19 | 21 | 21 | 20 | 18 | 22 |
| 2 | 17 | 20 | 19 | 20 | 17 | 17 | 19 | 20 | 17 | 16 | 17 | 18 |
| 3 | 15 | 15 | 15 | 17 | 18 | 17 | 16 | 17 | 18 | 15 | 16 | 15 |
| 4 | 20 | 18 | 22 | 16 | 18 | 18 | 19 | 18 | 17 | 20 | 17 | 16 |

Anexo T. Registro de sólidos suspendidos totales.

| Muestra | T1R1 | T1R2 | T1R3 | T2R1 | T2R2 | T2R3 | T3R1 | T3R2 | T3R3 | T4R1 | T4R2 | T4R3 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 0 | 4 | 3 | 3 | 0 | 4 | 3 | 2 |
| 2 | 2 | 1 | 2 | 4 | 4 | 2 | 5 | 3 | 4 | 3 | 1 | 3 |
| 3 | 4 | 3 | 5 | 1 | 4 | 0 | 5 | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |

Anexo U. Registro de DBO₅

| Muestra | T1R1 | T1R2 | T1R3 | T2R1 | T2R2 | T2R3 | T3R1 | T3R2 | T3R3 | T4R1 | T4R2 | T4R3 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 1,6 | 1,3 | 1,2 | 1,0 | 1,2 | 1,0 | 0,5 | 1,0 | 0,7 | 1,1 | 1,4 | 1,0 |
| 2 | 0,9 | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 1,1 | 0,9 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,2 | 1,0 | 1,4 |
| 3 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 0,6 | 1,0 | 0,8 | 1,2 |
| 4 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,3 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 1,0 |

Anexo V. Registro de DQO.

| Muestra | T1R1 | T1R2 | T1R3 | T2R1 | T2R2 | T2R3 | T3R1 | T3R2 | T3R3 | T4R1 | T4R2 | T4R3 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0 | 0 | 10 | 11 | 13 | 15 | 0 | 2 | 11 | 10 | 12 | 12 |
| 2 | 2 | 5 | 1 | 4 | 10 | 17 | 17 | 5 | 10 | 13 | 17 | 17 |
| 3 | 14 | 10 | 9 | 10 | 14 | 3 | 15 | 8 | 13 | 0 | 3 | 0 |
| 4 | 9 | 15 | 14 | 15 | 17 | 14 | 13 | 4 | 13 | 19 | 19 | 12 |

Anexo W. Costos totales de la evaluación del aminoácido L-tirosina en larvas de bagre rayado.

| ÍTEMS | T1 (\$) | T2 (\$) | T3 (\$) | T4 (\$) | TOTAL | % |
|--|----------|----------|-----------|-----------|-----------|------|
| ENERGÍA | 7.072,45 | 7.072,45 | 7.072,45 | 7.072,45 | 28.289,78 | 1,5 |
| ALIMENTACIÓN | 3.002,43 | 3.002,43 | 3.002,43 | 3.002,43 | 12.009,73 | 0,6 |
| ENRIQUECIMIENTO | 0 | 6.092,83 | 1.2185,66 | 2.4371,32 | 42.649,81 | 2,2 |
| MANO DE OBRA | 350.530 | 350.530 | 350.530 | 350.530 | 1.402.120 | 73,0 |
| ENSAYOS LABORATORIO | 83.100 | 83.100 | 83.100 | 83.100 | 332.400 | 17,3 |
| MATERIAL BIOLÓGICO | 5.400 | 5.400 | 5.400 | 5.400 | 21.600 | 1,1 |
| DEPRECIACIÓN DE INSTALACIONES Y EQUIPOS | 20.170 | 20.170 | 20.170 | 20.170 | 80.681 | 4,2 |
| TOTAL | 469.275 | 475.368 | 481.461 | 493.646 | 1.919.750 | 100 |

Anexo X. Valores de parámetros físico-químicos del agua manejados en el género *Pseudoplatystoma*, según varios autores.

| Parámetro | PUPIALES & PECILLO (2014) | | | | DÍAZ <i>et al</i> (2009). p24 | MARCIALES <i>et al</i> (2010). p312 | | | |
|-----------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | | T1 | T2 | T3 | T4 |
| Recambio | 20% al día | | | | 20-40% día | 30% día | | | |
| T° (°C) | 28,0 ± 0,25 | 27,99 ± 0,31 | 28,01 ± 0,15 | 27,98 ± 0,17 | Min: 25,5 ± 0,5 - Max: 26 ± 0,3. | 25,4 ± 0,3 | 25,5 ± 0,3 | 25,6 ± 0,3 | 25,6 ± 0,3 |
| OD | 3,67 ± 0,27 | 3,66 ± 0,26 | 3,67 ± 0,22 | 3,67 ± 0,24 | Min: 4,6 ± 1,2 - Max: 5,2 ± 1,4 | 4,6 ± 0,1 | 4,5 ± 0,1 | 4,6 ± 0,1 | 4,6 ± 0,1 |
| pH | 7,21 ± 0,12 | 7,20 ± 0,16 | 7,21 ± 0,20 | 7,20 ± 0,18 | | 6,8 ± 0,1 | 6,7 ± 0,2 | 6,9 ± 0,1 | 7,1 ± 0,1 |
| Amonio | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0,06 ± 0,04 | 0,5 ± 0,2 | 0,2 ± 0,1 | 0,06 ± 0,05 |
| Nitrato | 0,23 ± 0,26 | 0,34 ± 0,24 | 0,18 ± 0,20 | 0,25 ± 0,21 | | 0,03 ± 0,04 | 0,03 ± 0,005 | 0,04 ± 0,01 | 0,03 ± 0,009 |
| Nitrato | 3,25 ± 2,49 | 3,17 ± 2,07 | 3,39 ± 2,09 | 3,27 ± 2,54 | | 31,23 ± 5,4 | 35,1 ± 5,3 | 28,9 ± 3,4 | 25,1 ± 1,2 |
| TDS | ----- | ----- | ----- | ----- | Min:0,05 ± 0,010 Max: 0,06± 0,01 | 0,6 ± 0,1 | 0,7 ± 0,2 | 0,58 ± 0,1 | 0,6 ± 0,1 |
| Dureza | 18,42 ± 2,43 | 18,08 ± 1,38 | 18,50 ± 1,62 | 17,50 ± 2,20 | | | | | |
| TSS | 1,94 ± 1,59 | 1,88 ± 1,81 | 2,48 ± 1,85 | 1,70 ± 1,46 | | | | | |
| DQO | 13,67 ± 5,63 | 13,17 ± 4,58 | 12,83 ± 5,43 | 13,17 ± 6,83 | | | | | |
| DBO | 1,04 ± 0,28 | 0,98 ± 0,22 | 1,02 ± 0,34 | 1,13 ± 0,18 | | | | | |

Anexo X. Valores de parámetros físico-químicos del agua manejados en el género *Pseudoplatystoma*, según varios autores.

| Parámetro | MARCIALES <i>et al</i> (2011). p183 | | | | GUERRERO (2003). p22 | | | GUERRA (2009). p84 | | | LANDINES (2003). p46 | RIVERA & BELTRÁN (2013). p67 | | | | |
|-----------|-------------------------------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|-------------|-------------|--------------------|------------|------------|----------------------|------------------------------|--------|--------|--------|--|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | | | | | | | | | | | | |
| Recambio | 20% día | | | | | | | | | | | | | | | |
| T° (°C) | 26,3 ± 0,17 | 26,2 ± 0,16 | 26,3 ± 0,15 | 26,1 ± 0,22 | 29,84 ±0,08 | 30,42 ±0,07 | 30,24 ±0,04 | 26,2 ±0,96 | 26,4 ±1,12 | 26,3 ±1,41 | 27,13-28,54 | 27,74 | 27,76 | 27,75 | 27,73 | |
| OD | 4,9 ± 0,11 | 5,1 ± 0,08 | 4,7 ± 0,12 | 4,8 ± 0,08 | 6,55 ±0,06 | | | 5,73 ±0,32 | 5,61 ±0,54 | 5,7 ±0,61 | 5,63-7,01 | 3,8 | 3,76 | 3,83 | 3,79 | |
| pH | 6,7 ± 0,13 | 6,8 ± 0,15 | 6,9 ± 0,14 | 6,8 ± 0,16 | 8,76 ± 0,01 | | | 6,54 ±0,48 | 6,6 ±0,32 | 6,65 ±0,43 | 5,79-5,91 | 6,65 | 6,58 | 6,58 | 6,55 | |
| Amonio | | | | | | | | <0,2 | <0,2 | <0,2 | 0,05-0,09 | 0,0071 | 0,0081 | 0,0086 | 0,0162 | |
| Nitrito | 0,1 ± 0,04 | 0,1 ± 0,03 | 0,04 ± 0,02 | 0,09 ± 0,04 | | | | <0,05 | <0,05 | <0,05 | | | | | | |
| Nitrato | 59,3 ± 7,13 | 53,5 ± 7,25 | 53,6 ± 7,86 | 58,5 ± 6,4 | | | | | | | | 1,96 | 1,8 | 1,72 | 1,8 | |
| TDS | 1,02 ± 0,21 | 0,98 ± 0,18 | 0,93 ± 0,18 | 1,0 ± 0,17 | | | | | | | | | | | | |
| Dureza | | | | | | | | 12±3 | 14±2 | 14±3 | 4,25-5,25 | | | | | |

TDS: Sólidos disueltos totales, TSS: Sólidos suspendidos totales, OD: Oxígeno disuelto, DQO: Demanda química de oxígeno, DBO: Demanda biológica de oxígeno. A excepción de la T° y pH, todos los parámetros se encuentran en unidades de: mg/L o ppm.