

**EFFECTO DE TRES CLASES DE ALIMENTO VIVO EN LA PRIMERA  
ALIMENTACIÓN DE POST-LARVAS DE CAPITÁN DE LA SABANA  
(*Eremophilus mutisii*, Humboldt 1805), EN LA ESTACIÓN PISCÍCOLA  
GUAIRAPUNGO - CORPONARIÑO, ENCANO, COLOMBIA**

**CLAUDIA MERCEDES PARRA PÉREZ  
IVONNE MARCELA RODRÍGUEZ ARCOS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
SAN JUAN DE PASTO  
2012**

**EFFECTO DE TRES CLASES DE ALIMENTO VIVO EN LA PRIMERA  
ALIMENTACIÓN DE POST-LARVAS DE CAPITÁN DE LA SABANA  
(*Eremophilus mutisii*, Humboldt 1805), EN LA ESTACIÓN PISCÍCOLA  
GUAIRAPUNGO - CORPONARIÑO, ENCANO, COLOMBIA**

**CLAUDIA MERCEDES PARRA PÉREZ  
IVONNE MARCELA RODRÍGUEZ ARCOS**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero en Producción Acuícola**

**Presidente  
RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO  
Ingeniera en Producción Acuícola., MSc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
SAN JUAN DE PASTO  
2012**

### **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO**  
Presidente de Tesis

---

**VILMA YOLANDA GÓMEZ NIEVES**  
Jurado delegado

---

**SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ**  
Jurado

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

Ruth Dayana Lucero Salcedo	Ingeniera en Producción Acuícola. Máster en Biología Marina.
Vilma Yolanda Gómez Nieves	Bióloga Marina.
Sandra Espinosa Narváez	Tecnóloga Química., Ingeniera en Producción Acuícola.
Jorge Nelson López Macías	M.V.Z. MSc. PhD. Profesor titular. Facultad de Ciencias Pecuarias Universidad de Nariño. Director del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola.
Álvaro Burbano	Ingeniero en Producción Acuícola. Máster en Estadística.
Marco Antonio Imuéz Figueroa	Zootecnista. Esp. MSc.
Luis Alfonso Solarte Portilla	Zoot., Esp. Secretario Académico Facultad de Ciencias Pecuarias
Camilo Lenin Guerrero	Ingeniero en Producción Acuícola.
Jullbrainer Salas Benavides	Biólogo-Ecólogo
Oscar Mejía Santacruz	Departamento de Recursos Hidrobiológicos
Piedad Mejía Santacruz	
Janeth Chañac	
Félix Jojoa Morales	Ingeniero en Producción Acuícola.
Juan Carlos Arteaga	Subdirector de Intervención para la Sostenibilidad Ambiental CORPONARIÑO
Guido Gómez	Interventor CORPONARIÑO
Vicente Rodríguez	Fundación FUNDAMBIENTE-CORPONARIÑO
Héctor Erazo	
Amilkar Arteaga	Director Estación Piscícola Guairapungo-CORPONARIÑO
Rafael Rosado	Propietario Truchas La Sierra.
Luis Quizphe, Isabel Piscal, Rosa Orfa Santacruz, John Jossa	Habitantes Corregimiento El Encano.

A todas las personas que hicieron posible la realización de éste proyecto.

## DEDICATORIA

*A Dios por las muchas bendiciones, por permitirme el privilegio de ésta experiencia que fue la de estudiar ésta carrera en ésta prestigiosa universidad, y tener la oportunidad de conocer muchas personas valiosas y vivir muchos gratos y difíciles momentos que dejaron grandes recuerdos en mi vida. A mi mamá Mariana, a mi madrina Mercedes, a mi prima Mónica; por su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida. A todas las personas que de una u otra forma motivaron la terminación de ésta gran meta.*

*Claudia Mercedes Parra Pérez*

Dedico:

A mis maravillosos padres Aura y José, por su amor, sus valores, sus consejos y su apoyo incondicional. Por ese esfuerzo tan grande que hicieron en pro de mi proyecto de vida sufriendo toda clase de privaciones todo porque yo alcance este gran sueño de ser una profesional, capaz de sortear toda clase de dificultades y de enfrentar con valentía los retos que puedan presentarse en mi vida. Gracias mamá y papá por enseñarme que cuando se quiere algo se lo consigue con esfuerzo, sacrificio y dedicación.

A mis hermanos Yardani y Leider por ser un buen ejemplo, unos buenos hermanos, por su cariño por que siempre me apoyaron y me dieron fuerzas para no desfallecer.

A mis seres queridos que desde el cielo interceden por mí, a mi abuelita por su cariño, a mis tíos, tías, primos y demás familiares y a todas las personas que hicieron posible que este sueño que parecía esquivo y tan lejano sea ahora una realidad.

Un agradecimiento de corazón a cada uno de mis amigos con los que compartí muchos momentos difíciles de los que aprendí mucho, por los momentos hermosos que siempre recordare, gracias por que hicieron el camino más ameno y llevadero que con su amistad desinteresada e incondicional aportaron mucho para poder llegar donde quería y debía llegar.

Ivonne Marcela Rodríguez Arcos

## RESUMEN DEL PROYECTO

La presente investigación se realizó en la Estación Piscícola Guairapungo perteneciente a la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), ubicada en la vereda Casapamba, corregimiento del Encano a una altura de 2875 msnm, 26 km al sur-orientado de Pasto, en el Departamento de Nariño. El período de estudio fue la etapa de post-larvicultura de la especie en un período de 15 días.

Este estudio evaluó el efecto de tres clases de alimento vivo en la primera alimentación de post-larvas de capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*, Humboldt 1805), con el fin de mejorar las variables productivas y permitir una producción de alevines en cautiverio. Se evaluaron tres tratamientos cada uno con tres réplicas para un total de nueve unidades experimentales. El alimento vivo utilizado fue:

T<sub>1</sub>: Infusorios de totora (*Scirpus californicus*)

T<sub>2</sub>: Nauplios de Artemia

T<sub>3</sub>: Nauplios de Copépodos (*Boeckella gracilis*)

En cada réplica se colocaron 20 animales, para un total de 60 animales por tratamiento y 180 larvas para el proyecto. Las variables evaluadas fueron: Incremento de peso, Incremento de talla, Supervivencia, Tasa de crecimiento específica y Análisis parcial de costos. Se realizó un análisis de varianza ANOVA para la comparación de las variables entre tratamientos. En las variables que presentaron diferencias significativas se utilizó la prueba LSD (Diferencia Mínima Significativa). Las que no cumplieron con los supuestos estadísticos se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. La variable supervivencia se analizó con la Prueba para homogeneidad de binomiales simples de Snedecor-Irvin.

En la variable peso según la prueba de LSD todos los tratamientos son diferentes, reportando el mejor incremento el T<sub>2</sub> (nauplios de artemia), con un valor de 1,69 mg. La variable incremento de talla según el análisis estadístico con la prueba LSD reportó que T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> son iguales mientras que el T<sub>2</sub> es diferente y el mejor con respecto a los otros, obteniendo un valor de 1,26 mm de incremento. La tasa de crecimiento específica fue de 10,55% en el T<sub>2</sub>, valor muy inferior al de otras especies por los bajos incrementos de peso obtenidos en ésta investigación. El mejor resultado de supervivencia fue de 16,7% en el T<sub>2</sub>, aunque el motivo de alta mortalidad estuvo influenciado por la presencia de una burbuja de gas en la vesícula vitelina en la gran mayoría de las larvas. El análisis parcial beneficio-costos en todos los tratamientos fue menor a 1, esto debido a los altos costos de producción y a la baja supervivencia de las larvas. Los parámetros fisicoquímicos



estuvieron dentro de los rangos normales para el estudio de la especie en cautiverio. Se concluye que el mejor tratamiento en cuanto a las variables peso y talla fue el T<sub>2</sub>, iniciando la primera alimentación exógena de las post-larvas de capitán de la sabana *E. mutisii* con nauplios de artemia.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Station Fishculture Guairapungo belonging to the Regional Autonomous Corporation of Nariño (CORPONARIÑO), located in the sidewalk Casapamba, town of the Encano to a height of 2875 msnm, 26 km to the south-east of Pasto city, in the Department of Nariño. The period of study was the stage of post-larviculture of the species in a period of 15 days.

This studies evaluated the effect of three feed classes live in the first feeding of post-larvae Capitan of the Sabana (*Eremophilus mutisii*, Humboldt 1805), to improve the productive variables and to allow an alevins production in captivity. Three treatments were evaluated each one with three replies for a total of nine experimental units. The alive feed used according to the treatment was:

T<sub>1</sub>: Plankton of totora (*Scirpus californicus*)

T<sub>2</sub>: Nauplii of Artemia

T<sub>3</sub>: Nauplii of Copepods (*Boeckella gracilis*)

In each replies 20 animals were placed, for a total of 60 animals for treatment and 180 larvae for the project. The evaluated variables were: Weight increment, Size Increment, Survival, Specific Rate of Growth and Partial Analysis of Costs. It was carried out a variance analysis ANOVA for the comparison of the variables among treatments. In the event of finding significant differences at a level of 0.05 the test of LSD (Differs Minimum Significant). In variables that don't fulfill the statistical suppositions it was carried out the non parametric test of Kruskal-Wallis. In the case of the variable survival the test was used for homogeneity of binomial simple of Snedecor-Irvin.

The variable weight according to the test of LSD all the treatments were different, reporting the best increment in the T<sub>2</sub> (nauplii of artemia), with a value of 1,69 mg. For the variable size increment according to the statistical analysis with the test LSD reports that T<sub>1</sub> and T<sub>3</sub> treatments were same while the T<sub>2</sub> were different and the best, obtaining a value of 1,26 mm of increment. The specific rate of growth was of 10,55% in the treatment T<sub>2</sub>, very inferior value to that of other species for the low increments of weight obtained in this investigation. The best survival result was of 16,7% in the treatment 2, although the reason of high mortality was influenced by the presence of the pathology of bubble gas in the vesicle viteline in the great majority of the larvae. The analysis partial benefit-cost in all the treatments were smaller at 1, it was the high production costs and to the drop survival of the larvae. The parameters physical-chemicals were inside the normal ranges for the study of the species in captivity. It concludes that the best treatment

as for the variables weight and its size it was the  $T_2$ , beginning the first exogenous feeding of the post-larvae of Capitán of the Sabana *E. mutisii* with artemia nauplii.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	20
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	22
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
3. OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GENERAL	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4. MARCO TEÓRICO	25
4.1. GENERALIDADES DEL CAPITÁN DE LA SABANA ( <i>E. mutisii</i> , Humboldt 1805)	25
4.1.1 Clasificación taxonómica.	25
4.1.2 Distribución geográfica.	25
4.1.3 Situación actual de la especie y su valor como recurso pesquero.	26
4.1.4 Fisiología externa.	27
4.1.5 Generalidades de la piel.	28
4.1.6 Asociaciones patológicas más comunes del capitán de la sabana.	29
4.1.7 Generalidades de la visión.	30
4.1.8 Generalidades de la respiración.	30
4.1.9 Reproducción.	31
4.1.10 Fertilización e Incubación de huevos de silúridos.	32
4.2 IMPORTANCIA DEL ALIMENTO VIVO EN LA ACUICULTURA	32
4.2.1 Hábitos alimenticios en el medio natural.	32
4.2.2 Importancia de zooplancton en larvicultura.	34
4.2.3 Alimentación en etapa de larvicultura en silúridos.	35
4.2.4 Cultivo de Infusorios.	35
4.2.5 Cultivo de Artemia.	36
4.2.6 Cultivo de Copépodos.	37
4.3 TAMAÑO DEL ALIMENTO VIVO A SUMINISTRAR	39
5. DISEÑO METODOLÓGICO	40
5.1 LOCALIZACIÓN	40
5.2 MATERIAL BIOLÓGICO	40
5.3 INSTALACIONES, EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS	40
5.3.1 Instalaciones.	40
5.3.2 Materiales	40
5.3.3 Insumos	41
5.3.4 Equipos	42
5.4 PERIODO DE ESTUDIO.	42
5.5 PLAN DE MANEJO	42
5.5.1 Adecuación del área:	42
5.5.2 Abastecimiento y manejo de agua.	43
5.5.3 Preparación de unidades experimentales y materiales.	44
5.5.4 Proceso de obtención de post-larvas.	44

5.5.4.1 Preparación de trampas y captura de reproductores.	44
5.5.4.2 Selección y transporte de reproductores.	44
5.5.4.3 Inducción hormonal, desove, fertilización e incubación.	45
5.5.4.4 Distribución de post-larvas e inicio de la primera alimentación.	46
5.5.4.5 Metodología de alimentación.	47
5.5.4.6 Muestreos de la población.	47
5.5.4.7 Recambios de agua.	48
5.5.4.8 Evaluación de calidad de agua.	48
5.6 PROTOCOLOS DE OBTENCIÓN DE ALIMENTO VIVO.	48
5.6.1 Cultivo madre de infusorios.	48
5.6.2 Captura de copépodos	49
5.6.3 Decapsulación de artemia.	50
5.7 TRATAMIENTOS	50
5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	50
5.9 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	52
5.10 VARIABLES A EVALUAR	52
5.10.1 Incremento de peso.	52
5.10.2 Incremento de talla.	52
5.10.3 Tasa de crecimiento específica.	53
5.10.4 Supervivencia.	53
5.10.5 Análisis parcial de costos.	53
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
6.1 ADAPTACIÓN POST-CAPTURA DEL CAPITÁN DE LA SABANA ( <i>E. mutisii</i> ) EN LA ESTACIÓN PISCÍCOLA GUAIRAPUNGO.	54
6.2 REPRODUCCIÓN INDUCIDA DE CAPITÁN DE LA SABANA ( <i>E. mutisii</i> )	55
6.2.1 Selección de reproductores e inducción hormonal.	55
6.2.2 Determinación de fecundidad y desove artificial.	56
6.2.3 Incubación, determinación porcentaje de fertilización y desarrollo embrionario.	57
6.2.4 Eclosión y larvicultura.	59
6.3 ALIMENTO VIVO A EVALUAR	60
6.3.1 Clasificación taxonómica de infusorios de totora ( <i>Scirpus californicus</i> ).	60
6.3.2. Nauplios de artemia.	62
6.3.3 Nauplios de copépodos.	63
6.4. VARIABLES EVALUADAS	63
6.4.1 Incremento de peso.	63
6.4.2 Incremento de talla.	66
6.4.3 Tasa de crecimiento específica.	68
6.4.4 Supervivencia.	69
6.4.5 Análisis parcial de costos.	72
6.5. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.	74
6.5.1 Temperatura.	74
6.5.2 Oxígeno disuelto.	74
6.5.3. pH.	75

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
7.1 CONCLUSIONES	76
7.2 RECOMENDACIONES	77
8. BIBLIOGRAFÍA.	78
ANEXOS	84

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Exoparásitos, endoparásitos y enfermedades asociados al capitán de la sabana. \_\_\_\_\_ 29

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Índices de alimentación para <i>E. mutisii</i> en los reservorios cuatro y seis	33
Tabla 2. Dosificación hormonal en hembras de capitán de la sabana.	55
Tabla 3. Dosificación hormonal en machos de capitán de la sabana.	55
Tabla 4. Fecundidad relativa.	56
Tabla 5. Determinación porcentaje de fertilización.	57
Tabla 6. Datos de incremento de peso según tratamientos.	64
Tabla 7. Datos de incremento de talla según tratamiento	66
Tabla 8. Tasa de crecimiento específica según tratamientos.	68
Tabla 9. Porcentaje de sobrevivencia	69
Tabla 11. Análisis de relación beneficio - costo	73



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización Lago Guamuéz _____	26
Figura 2. Capitán de la Sabana _____	28
Figura 3. Larva de Quironómido _____	33
Figura 4. Plancton de totora _____	34
Figura 5. Artemia sp _____	37
Figura 6. Copépodo adulto <i>Boeckella gracilis</i> _____	38
Figura 7 . Adecuación del área _____	43
Figura 8. Sistema de captación y almacenamiento de agua. _____	43
Figura 9. Adecuación de materiales _____	44
Figura 10. Selección y transporte de reproductores _____	45
Figura 11. Incubación de larvas en bastidores _____	46
Figura 12. Distribución de post-larvas en las unidades experimentales _____	47
Figura 13. Pesaje de larvas _____	48
Figura 14. Cultivo de infusorios _____	49
Figura 15. Captura, cultivo de copépodos y alga <i>Chlorella</i> _____	49
Figura 16. Descapsulación y eclosión de artemia _____	50
Figura 17. Patologías cutáneas de <i>E. mutisii</i> _____	54
Figura 18. Evaluación de ovocitos (objetivo 4x zoom) _____	56
Figura 19. Recolección de oocitos y Determinación de fecundidad por gravimetría _____	56
Figura 20. Desarrollo embrionario del capitán de la sabana _____	58
Figura 21. Pigmentación ocular. Larva de 5 DPE _____	60
Figura 22. Clasificación de infusorios de totora. _____	60
Figura 23. Nauplio de artemia _____	63
Figura 24. Nauplio de copépodo _____	63
Figura 25. Gráfica de medias para incremento de peso _____	64
Figura 26. Larva de <i>E. mutisii</i> con acumulación _____	66
de nauplios de copepodos en el esófago _____	66
Figura 27. Gráfica de medias para incremento de talla _____	67
Figura 28. Tasa de crecimiento específica según tratamientos _____	68
Figura 29. Porcentaje de sobrevivencia por tratamientos _____	70
Figura 30. Larva de <i>E. mutisii</i> con burbuja de gas en la vesícula vitelina _____	71
Figura 31. Curva de tendencia de la variable sobrevivencia _____	72
Figura 32. Registro de temperatura por acuarios _____	74
Figura 33. Registro de oxígeno por acuarios _____	75
Figura 34. Valores de pH _____	75

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Morfometría inicial de las post-larvas de capitán de la sabana inicio del proyecto con aproximadamente 30% de reserva vitelina. _____	85
Anexo B. Diámetro ovocitario ( $\mu\text{m}$ ) _____	86
Anexo C. Morfometría de larvas recién eclosionadas _____	87
Anexo D. Cantidad de zooplancton suministrado con ajuste de sobrevivencia _	88
Anexo E. Tabla ANOVA y Contraste múltiple de rango para la variable peso según tratamiento _____	89
Anexo F. Tabla ANOVA y Contraste múltiple de rango para la variable talla según tratamiento_____	90
Anexo G. Tasa de crecimiento específica según tratamientos. _____	91
Anexo H. Prueba de Snedecor-Irvin para evaluar sobrevivencia entre tratamientos. _____	92
Anexo I. Registro de temperatura _____	93
Anexo J. Registro de Oxígeno. _____	96
Anexo K. Registro de pH. _____	96
Anexo L. Registro diario de mortalidad _____	97

## GLOSARIO

**ARTEMIA:** Es un pequeño crustáceo braquiópodo que vive en las aguas salobres e hipersalinas de todo el mundo. Es la presa viva más adecuada para la alimentación de los estadios post-larvales de muchas especies de peces y crustáceos marinos.

**COPEPODOS:** (*Boeckella gracilis*) Son una subclase de crustáceos maxilópodos de tamaño muy pequeño, muchas veces microscópicos, muy abundantes tanto en agua dulce como salada. Se conocen unas 12.000 especies.

**TOTORA:** (*Scirpus californicus*) la totora es una planta de varios juncos acuáticos que crece, tanto de manera silvestre como cultivada, en humedales, suelos húmedos, lagunas y pantanos.

**PRIMERA ALIMENTACIÓN:** Alimento exógeno que consume la larva de un pez, es la ingestión de alimento por parte de los organismos para proveerse de sus necesidades alimenticias, fundamentalmente para conseguir energía y desarrollarse.

**DESOLVE:** Es el acto de expulsión de los huevos que se produce por parte de la hembra.

**FERTILIZACIÓN:** Es el proceso por el cual se hace la unión de dos gametos producidos por las hembras y por los machos para crear un nuevo individuo con un genoma derivado de ambos progenitores.

**OOCITO:** Es un gametocito hembra o célula germinal que participa en la reproducción.

**INCUBACIÓN:** Periodo comprendido entre la liberación de los oocitos fertilizados en la incubación y ciclo de eclosión de la larvas.

**LARVA:** Estadio de desarrollo el cual comprende entre la eclosión y la aceptación de la primera alimentación exógena.

## INTRODUCCIÓN

El principal problema que afronta la acuicultura es la alimentación en la fase de larvicultura de peces. Actualmente las corporaciones autónomas regionales y Centros de investigación acuícola se han centrado en realizar investigaciones en especies nativas con el fin de desarrollar paquetes tecnológicos y contribuir de esta manera a la conservación y propagación en cautiverio. En su mayoría estas investigaciones se han enfocado en resolver dos grandes problemas, la reproducción de la especie y en mayor grado el fortalecimiento de la fase de larvicultura, teniendo en cuenta que en este periodo se presentan las mayores mortalidades, ya sea por patologías asociadas a la adaptación o por tipo y tamaño inadecuado del alimento suministrado. Debido a esto, gran parte del interés se ha orientado a la producción de organismos vivos de pequeño tamaño que forman parte en determinada etapa de la dieta de diversas especies de peces.

El capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* es un pez endémico de las cuencas altas de la sabana Cundiboyacense de Colombia y representa una fuente importante de proteína y vitaminas para la dieta de las poblaciones rurales. Sin embargo la especie ha sufrido considerables daños por el deterioro de su hábitat además de la fuerte presión pesquera y la falta de regulación de métodos de pesca adecuados; a esto se une los escasos estudios enfocados a la reproducción, larvicultura, cría y manejo en cautiverio. Los anteriores aspectos han hecho que sea catalogado como especie vulnerable, y que por tal razón hoy se adelanten diferentes tipos de investigaciones tendientes a superar la fase de larvicultura, la cual presenta los mayores problemas por las altas mortalidades, que en su mayoría se deben al tipo de alimento vivo a utilizar.

Evangelista<sup>1</sup>, y Falanghe<sup>2</sup>, realizando diferentes estudios aseguran que el alimento tradicional en larvicultura conocido como *Artemia* tiene como desventaja su alto costo. Para contrarrestar estos altos costos se ha propuesto reemplazar este producto de manera parcial o total por alimento natural como copépodos, rotíferos, cladóceros, ciliados, pulgas de agua, daphia. En diversos ensayos usando zooplancton han mostrado que, si bien la aceptación del alimento natural es idónea, no lo es la tasa de crecimiento, la cual es significativamente menor que la alcanzada por las larvas alimentadas con *Artemia*.

---

<sup>1</sup> EVANGELISTA, A; FORTES, N; y SANTIAGO C. Comparison of some live organism and artificial diet as feed for asian catfish *Clarias macrocephalus* (Günther) larvae. En: J Appl Ichthyology. 2005. 21:p.437- 443.

<sup>2</sup> FALANGHE P, *et al.* Live and formulated diet evaluation through initial growth and survival of Jundiá larvae, *Rhamdia quelen*. En: Scientia Agricola. 2003. 60:p 615-619

Por lo mencionado anteriormente, este proyecto planteó evaluar tres clases de alimento vivo tales como, Infusorios de totora, nauplios de copépodos y nauplios de Artemia y cuál es el más aceptado en post-larvas de capitán de la sabana (*E. mutisii*, Humboldt 1805) en su primera alimentación.

## 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Las especies pertenecientes al orden siluriformes son ampliamente conocidas por su alto interés comercial, del cual se destaca el consumo y su uso ornamental. En éste orden se encuentra la familia Trichomycteridae, con las especies jabón o guabino *Trichomycterus caliense*, capitán de la sabana o chimbe *Eremophilus mutisii* y pez graso o runcho *Rhizosomichthys totae*, siendo capitán de la sabana la especie más representativa<sup>3</sup>. Se han realizado escasos estudios que aún no permiten el desarrollo de técnicas favorables para su obtención en cautiverio.

El capitán de la sabana es una especie nativa endémica del Altiplano Cundiboyancense, introducida en otros cuerpos de agua en lugares como el lago de Tota en el Departamento de Boyaca y en la laguna La Cocha en el departamento de Nariño. Por ser el único bagre de agua fría se deben orientar estudios hacia la obtención de semilla para realizar proyectos de repoblamiento que permitan la sostenibilidad de la especie en condiciones adversas como la sobrepesca. La larvicultura es uno de los mayores limitantes, debido a la baja sobrevivencia de las larvas, las cuáles mueren a los pocos días de haber eclosionado o reabsorbido su reserva vitelina, o incluso durante su primera alimentación exógena. En éste proceso el sistema tractodigestivo del animal no está totalmente desarrollado para asimilar los nutrientes aportados en el alimento artificial, por lo cual según Prieto *et al*<sup>4</sup>, es recomendable el suministro de alimento vivo debido a su gran aporte de proteínas y enzimas, y su capacidad para estimular e incentivar su comportamiento predatorio por su movilidad natural.

---

<sup>3</sup> MOJICA, J. I., *et al.* Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 2002. En: [http://www.humboldt.org.co/conservacion/peces\\_amenazados2.htm](http://www.humboldt.org.co/conservacion/peces_amenazados2.htm).

<sup>4</sup> PRIETO, M. , *et al.* Alimento vivo en la larvicultura de peces marinos: copépodos y mesocosmos. En: Revista MVZ. Universidad de Córdoba. Córdoba 11 . Supl (1). 2006. p. 31

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Por lo mencionado anteriormente se pretende evaluar cual de las tres clases de alimento vivo es el más aceptado por las post-larvas de capitán de la sabana (*E. mutisii*, Humboldt 1805) en su primera alimentación y que permita mejorar las variables productivas de ésta especie.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de tres clases de alimento vivo en la primera alimentación de post-larvas de capitán de la sabana (*E. mutisii*, Humboldt 1805), en la Estación Piscícola Guairapungo - CORPONARIÑO, Encano, Colombia.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar incremento de peso y talla en cada uno de los tratamientos.
- Cuantificar sobrevivencia de la especie en cada uno de los tratamientos durante el período de estudio.
- Determinar la tasa de crecimiento específica en cada uno de los tratamientos.
- Realizar análisis parcial de costos en cada uno de los tratamientos.



## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. GENERALIDADES DEL CAPITÁN DE LA SABANA (*E. mutisii*, Humboldt 1805)

**4.1.1 Clasificación taxonómica.** Benavides y Ortega, citan la siguiente clasificación:

<b>Reino:</b>	Animal
<b>Phylum:</b>	Chordata
<b>Subphylum:</b>	Vertebrata
<b>Superclase:</b>	Pisces
<b>Clase:</b>	Osteichthyes
<b>Orden:</b>	Siluriformes.
<b>Familia:</b>	Trichomycteridae.
<b>Subfamilia:</b>	Trichomyceterinae.
<b>Nombre Científico:</b>	<i>E. mutisii</i>
<b>Nombre Común:</b>	Capitán de la sabana, Chimbe <sup>5</sup>

**4.1.2 Distribución geográfica.** Según Vargas y Patiño<sup>6</sup>, el capitán de la sabana es el único bagre de agua fría y de mayor talla que habita en las regiones altas de Colombia. Valderrama<sup>7</sup>, afirma que en la laguna de Fúquene se encuentra la mayor población de éste pez. Dahl citado por el mismo autor<sup>8</sup>, menciona que la especie es endémica del Altiplano Cundiboyacense, encontrándose entre los 2500 y 3000 msnm de altitud. Con relación a las poblaciones naturales, Miles citado por el mismo autor<sup>9</sup>, reporta que su centro de distribución es la Sabana de Bogotá, restringiéndose a la parte alta del Río Bogotá. Posteriormente fue introducido en otros lugares del país como en el embalse de la Copa y en la laguna de Tota en el departamento de Boyacá, y en el lago Guamuéz en el departamento de Nariño (Figura 1).

---

<sup>5</sup> BENAVIDES, Jorge y ORTEGA, Carolina. Evaluación de la gonadotropina coriónica humana (HCG) y el extracto pituitario de carpa (EPC) en la reproducción inducida del capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805) en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado (Ingeniería en Producción Acuícola). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto, Colombia. 2005. p. 25.

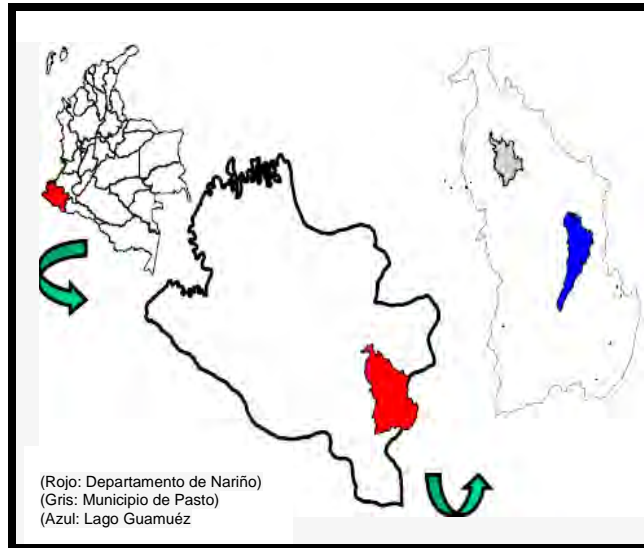
<sup>6</sup> VARGAS, Susan y PATIÑO, Tatiana. Capitán de la Sabana. Disponible en dirección electrónica: <http://sites.google.com/site/capitandelasabana9f/ubicacion-demografica>.

<sup>7</sup> VALDERRAMA, Mauricio. Análisis de estado, identificación de tensores ambientales y formulación de medidas de conservación para el capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* Humboldt, 1805, en la laguna de Fúquene, Colombia. Fundación Humedales. En: Revista Dahlia (Revista Asociación Colombiana Ictiología) No. 9. 2007. p. 94.

<sup>8</sup> Ibid., p. 94.

<sup>9</sup> Ibid., p. 94.

**Figura 1. Localización Lago Guamuéz.**



Fuente. Montenegro, 2010

#### **4.1.3 Situación actual de la especie y su valor como recurso pesquero.** Valderrama afirma lo siguiente:

El capitán de la sabana es una especie declarada amenazada según el Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Las principales amenazas referidas para ésta especie son una alta presión pesquera, la transformación y destrucción de su hábitat (por contaminación, mal uso del recurso hídrico y cambio en el régimen hidrológico como la construcción de embalses) y disminución de la calidad y cantidad de las aguas del altiplano por alta sedimentación. En la Laguna de Fúquene su grado de amenaza se incrementa debido al impacto causado por la introducción de especies invasoras como la Carpa, *Cyprinus carpio*, y el Pez Dorado, *Carassius auratus*.

El capitán de la sabana tiene valor como recurso pesquero, pues es la segunda especie en la producción pesquera de la laguna de Fúquene. Posee un gran contenido proteico, por lo cual se convierte en una fuente importante para la seguridad alimentaria de la población rural<sup>10</sup>.

El mismo autor<sup>11</sup>, cita un estudio realizado por Valderrama y Hernández el cuál reporta que la presión pesquera en la actualidad está indicando límites de riesgo para la población (la mortalidad por pesca  $F = 1,3$  está cercana al punto biológico de referencia PBR recomendado  $F_{max} = 1,7$ . Los valores de captura se han

<sup>10</sup> Ibid., p. 94

<sup>11</sup> Ibid., p. 95.

reducido a la mitad en los últimos 20 años, lo cual indica una marcada disminución en las comunidades naturales, ocasionada por factores tanto pesqueros como ambientales. También concluye<sup>12</sup>, que la conservación del Capitán es estratégica para el país y de interés para la comunidad internacional, aunque no existen medidas de manejo implementadas para la especie. Según la clasificación de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) la ubica dentro de la categoría de DD (deficiente de información).

Según Rodríguez<sup>13</sup>, además de los problemas para su reproducción en cautividad y la posterior fase de larvicultura, uno de los principales inconvenientes para su cultivo se presenta en la etapa de adaptación inicial de los reproductores capturados del medio natural, debido a la alta mortalidad relacionada con la aparición de úlceras cutáneas en sus cuerpos. Además de las úlceras, presentan erosiones y petequias en las aletas, y lesiones hemorrágicas en la piel.

#### 4.1.4 Fisiología externa. Hurtado citado por Ortega y Rodríguez, afirma:

Los silúridos tienen la característica morfológica alargada. La mayoría tienen el cuerpo casi cilíndrico, anguiliforme y la piel sin escamas. Todas las aletas son blandas, pero en muchas especies se encuentran aletas de uno a tres radios, duros y osificados. Las barbillas son típicas de los silúridos, a veces son muy largas y su número oscila entre uno y cuatro pares. Por causa de estas barbillas muchas especies reciben el nombre vulgar de “peces gatos”. Poseen numerosos dientes de pequeño tamaño, dispuestos en bandas. Estos peces se mantienen generalmente en el fondo de ríos y lagunas, que constituyen su medio predilecto y al oscurecer capturan su alimento<sup>14</sup>.

Vargas y Patiño<sup>15</sup>, aseguran que los capitanes tienen un tamaño máximo de 45 cm, una boca subterminal y piel lisa, desprovistos de escamas, que poseen barbillas nasales, mentonianas y maxilares. Su principal característica es que carece de aletas pélvicas o ventrales. Tienen un colorido vistoso muy variable,

---

<sup>12</sup> Ibid., p. 94.

<sup>13</sup> RODRÍGUEZ. A, MONTAÑO . E y RODRÍGUEZ J. Evaluación preliminar de las patologías cutáneas asociadas con la aclimatación en cautiverio del “capitán de la sabana”, *Eremophilus mutisii*. En: Acta Biol.Colomb. v.10. n.2. Bogotá. 2005.

<sup>14</sup> ORTEGA, Alba y RODRIGUEZ, Julio. Evaluación comparativa del efecto del extracto pituitario de carpa (EPC) y gonadotropina corionica humana (HCG) en la reproducción inducida del Bagre del Patía (*Rhamdia quelen*) en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado (Ingeniería en Producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto, Colombia. 2004. p. 24.

<sup>15</sup> VARGAS, Susan y PATIÑO, Tatiana. Capitán de la Sabana. Disponible en: <http://sites.google.com/site/capitandelasabana9f/conclusiones>

presentan un fondo verde oliva o verde amarillento con variados matices, y manchas vermiculares negras o de color verde oscuro o terroso particularmente marcadas hacia la región dorsal, o en otras ocasiones presentando manchas oscuras de forma serpenteante en la región dorsal y lateral, hacia la región ventral es de color claro con manchas más tenues.(Figura 2).

**Figura 2. Capitán de la Sabana**



Según Valderrama<sup>16</sup>, esta especie tiene un crecimiento relativamente lento (parámetros factor de condición  $k = 0,56 \text{ año}^{-1}$  y  $L_{\infty} = 329 \text{ mm}$ ). En cuanto a peso y tamaño este pez rara vez supera los 300 g, la talla máxima es de 45 cm. Los juveniles tienen una talla aproximada de 13 cm y seis meses de edad, los adultos una talla de 20 cm, y una edad de año y medio. Los ejemplares que alcanzan tallas mayores a los 24 cm tienen dos o más años. En época reproductiva es una especie territorial, permanece la mayor parte del tiempo en el fondo del agua, lo cual lo cataloga como un pez de hábitos bentónicos y nocturnos.

**4.1.5 Generalidades de la piel.** Estudios de Bonilla *et al*<sup>17</sup>, sugieren que la piel del capitán de la sabana por ser desprovista de escamas, poseen células epiteliales superficiales como primera barrera para estar en contacto con el medio, las cuales contribuyen en los procesos de protección, cuando la piel sufre daños mecánicos o infecciones causadas por patógenos. También aseguran que la

<sup>16</sup> VALDERRAMA, Mauricio. Op. cit., p. 95.

<sup>17</sup> BONILLA, Rocío. *et al.*. Histología y morfometría de piel del pez *Eremophilus mutisii* (Trychomecteridae, Siluriformes). *En*: Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744). Vol. 56 no. (2). 2008. p. 890.

capacidad que presentan las células mucosas para almacenar gran cantidad de agua puede reflejar una adaptación importante de *E. mutisii* a su hábitat particular (sustrato fangoso, aguas poco profundas, entre otros) que ocasionalmente podría causarle desecación; de igual forma el mucus que estas secretan puede ayudar a la remoción de agentes extraños, patógenos y agentes intoxicantes. Además, poseen un tipo de células denominadas células clava las cuales son una ayuda mecánica para resistir la presión del agua debido a sus hábitos bentónicos.

**4.1.6 Asociaciones patológicas más comunes del capitán de la sabana.** La piel del capitán de la sabana está más propensa a las patologías más comunes presentadas por el proceso de captura durante la adaptación al cautiverio. Según Alvarez-León<sup>18</sup>, en estudios realizados con las distintas patologías presentadas en los peces dulceacuícolas, se mencionan las siguientes:

**Cuadro 1. Exoparásitos, endoparásitos y enfermedades asociados al capitán de la sabana.**

Clase o phylum	(Estudios entre 1943 y 2004)	Enfermedades más comunes (Estudios 1975 y 2004)
Bacterias	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Septicemia hemorrágica bacteriana (anaerogénica) asociada con <i>Streptococcus</i> sp., <i>Edwardsiella tarda</i> , <i>Saprolegnia</i> sp.)
	<i>Corynebacterium</i> spp.	Enfermedad bacterica del riñón, exoftalmia, forúnculos sobre la piel, riñón con granulomas
	<i>Flavobacterium indologenes</i>	Flavobacteriosis
	<i>Flavobacterium Meningosepticum</i>	
	<i>Flavobacterium odoratum</i>	
	<i>Klebsiella ozaenae</i>	
	<i>Pseudomonas Aeruginosa</i>	Podredumbre de las aletas, septicemia hemorrágica bacteriana (oxidativa y no oxidativa)
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	

<sup>18</sup> ALVAREZ-LEÓN, Ricardo. Asociaciones y patologías en los peces Dulceacuícolas, estuarinos y marinos de Colombia: aguas libres y controladas\*. En: Boletín Científico - Centro de Museos - Museo de Historia Natural. Vol. 11, enero - diciembre, 2007. p. 81 - 129.

	<i>Pseudomonas maltophila</i>	
	<i>Pseudomonas paucimobilis</i>	
	<i>Shigella</i> sp.	
	<i>Weeksella zoohelcum</i>	
	<i>Yersinia enterocolitica</i>	
Micophyta	<i>Saprolegnia</i> sp.	Dermatomicosis, saprolegniasis, Hongo, moho de peces. Masa algodonosa sobre el cuerpo, zonas necróticas, pérdida del apetito, oscurecimiento del dorso, nado lento y cerca de las orillas, donde se dejan capturar fácilmente.
Ciliata	<i>Chilodonella</i> sp.	
	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Ictioptiriasis, ich, punto blanco, gránulos de arena. Los peces se frotan contra las paredes, se agrupan cerca de la entrada del agua, dan saltos y tienen movimientos giratorios; puntos blancos en la piel, aletas y branquias

Fuente: Álvarez-León, 2007

**4.1.7 Generalidades de la visión.** Tovar *et al*<sup>19</sup>, en estudios sobre la importancia de la visión del capitán de la sabana determinaron que tienen ojos pequeños laterales de 1.2 a 2.6 mm de diámetro, la forma del ojo es lenticular. Por ser una especie carnívora y crepuscular, presenta ojos relativamente pequeños. La retina contiene conos y bastones; en capitán de la sabana y en peces gato se ha reportado la ausencia de conos dobles en especies que habitan aguas turbias y que se alimentan de presas con poca movilidad, lo que concuerda con la dieta reportada para capitán. Bonilla citado por el mismo autor<sup>20</sup>, afirma que las células sensitivas en los barbillones, son más utilizadas para el tacto además de la visión para su alimentación.

**4.1.8 Generalidades de la respiración.** Montejo *et al*<sup>21</sup>, afirman que el capitán de la sabana (*E. mutisii* Humboldt, 1805), se perfila como una alternativa de producción por su tolerancia a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua. Tiene la facilidad de utilizar el estómago como órgano accesorio para la

<sup>19</sup> TOVAR, Mario. *et al.*. Comparación histológica y morfométrica entre el ojo de *Eremophilus mutisii* (Trichomycteridae) y el de *Oncorhynchus mykiss* (Salmonidae). En: Acta Biol. Colomb., Vol. 13 No. 2. 2008. p. 73.

<sup>20</sup> *Ibid.*, p. 74.

<sup>21</sup> MONTEJO, John. ROSADO, Rafael; y GONZALEZ, Julio. Evaluación del semen de capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* (Pisces:Trichomycteridae). En: Dahlia. Rev. Asoc. Colomb. Ictiol. vol. 5. 2002. p. 42.

respiración en condiciones anóxicas o de bajas concentraciones de oxígeno. La concentración mínima o letal para la especie es de 2 ppm a una temperatura en el agua de 17°C.

**4.1.9 Reproducción.** Valderrama<sup>22</sup>, afirma que *E. mutisii* posee dimorfismo sexual secundario al alcanzar las hembras mayores tamaños que los machos. La especie tiene un amplio periodo reproductivo anual entre abril y septiembre, pero la mayoría de los peces se reproducen en los meses de junio y julio. La talla mínima de madurez se ha estimado en 14-15 cm longitud total y se ha registrado como caso excepcional un ejemplar maduro con 9 cm longitud total.

Pinto *et al*<sup>23</sup>, en estudios sobre aspectos reproductivos determinaron que la fecundidad alcanzó los 91.674 oocitos en las hembras con los más altos IGS (Índices Gonado-Somáticos). Montejo *et al*<sup>24</sup>, realizaron estudios y evaluaron características seminales del capitán de la sabana obteniendo datos de algunas variables como la concentración espermática de  $21.4 \times 10^9$  espermatozoides/ml, porcentaje de motilidad del 98%, tiempo de motilidad progresiva de 59 segundos, tiempo de actividad espermática de 4.16 minutos, pH de 7.3, viabilidad seminal superior al 79% y un espermatozocrito del 63.94%, con el propósito de realizar trabajos para permitir una producción de ejemplares de ésta especie nativa.

Flórez y Sarmiento citados por Valderrama<sup>25</sup>, afirman que el comportamiento reproductivo se caracteriza porque los adultos buscan desovar en zonas litorales depositando sus huevos en sustratos poco profundos. Rodríguez y Mojica<sup>26</sup>, basados en los estudios de Contreras y Contreras aseguran que en cautiverio el criterio de selección para inducción hormonal se basa en características sexuales secundarias como abdomen abultado y blando, papila agrandada y enrojecida en hembras; y fácil obtención de semen por leve presión en machos. En casos especiales se debe realizar la extirpación parcial y maceración de testículos mediante cirugía para obtener una muestra de semen.

En todas las especies es posible hacer muestreo de huevos mediante biopsia ovárica, empleando para ello sondas plásticas. Según recomendaciones de

<sup>22</sup> VALDERRAMA, Mauricio. Op. cit., p. 95.

<sup>23</sup> PINTO, Gloria., *et al.* Aspectos reproductivos del pez *Eremophilus mutisii* (Siluriformes: Trychomictoridae) en un tramo del río Bogotá cerca de Suesca (Cundinamarca, Colombia). En: Rev Colomb Cienc Pecu. vol. 21. Memorias IV Congreso Colombiano de Acuicultura: Reproducción. 2008. p. 509.

<sup>24</sup> MONTEJO, John. ROSADO, Rafael; y GONZALEZ, Julio. Op. cit., p. 42.

<sup>25</sup> VALDERRAMA, Mauricio. Op. cit., p. 95.

<sup>26</sup> RODRIGUEZ, José y MOJICA, Hermes. Reproducción y manejo de siluridos en cautiverio. En: Reproducción de los peces en el trópico. INCODER y Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bogotá. 2005. p. 113.

Chaparro<sup>27</sup>, a las muestras de oocitos obtenidas se adiciona primeramente solución fijadora para evitar destrucción de los mismos, seguido por la solución Serra como aclarante, a fin de verificar el tamaño del oocito y la posición del núcleo, para determinar viabilidad de los mismos y desarrollar el protocolo establecido.

González y Rosado<sup>28</sup>, evaluaron técnicas de reproducción inducida con hormona de Extracto de Hipófisis de Carpa (EPC) en *E. mutisii*. Cada hembra se inyectó dos veces con 5,5 mg de hormona aplicadas a un 10 y 90% por kg del peso, con intervalo de 12 horas. Los machos recibieron una sola aplicación, equivalente al 10% de la dosis estandarizada de las hembras. En un rango entre 24 horas y 28 horas después de que las hembras se inyectaron con la hormona se obtuvieron desoves viables.

**4.1.10 Fertilización e Incubación de huevos de silúridos.** Rodríguez y Mojica establecen que:

El proceso de la obtención de gametos es por separado para posteriormente colocarse juntos en un recipiente plástico y mezclarse con una pluma. Se adiciona agua para activar el esperma y se deja de 2 a 3 minutos, después se realiza el lavado para retirar residuos de sangre o semen. Es recomendable realizar un baño rápido de leche para disminuir la adherencia que presentan los oocitos, y por tanto evitar la pérdida de los huevos. Para el proceso de incubación se utilizan las incubadoras tipo Woynarovich o Agrover de flujo ascendente. Cuando los huevos eclosionan el tiempo para la reabsorción del saco vitelino es aproximadamente de cuatro días<sup>29</sup>.

## 4.2 IMPORTANCIA DEL ALIMENTO VIVO EN LA ACUICULTURA

**4.2.1 Hábitos alimenticios en el medio natural.** Pinilla *et al*, reportan en estudios realizados sobre las variables de crecimiento, alimentación y reproducción de los bagres *E. mutisii* de los embalses artificiales en Colombia, el coeficiente intestinal que osciló entre 0,77 y 1,03, el cual refleja los hábitos carnívoros ésta especie, teniendo en cuenta que los valores

<sup>27</sup> CHAPARRO, Nicolás. Capítulo 7. Selección de reproductores. En: Reproducción artificial y manipulación genética en peces. Primera edición. Editorial Mejoras. Barranquilla, Cartagena. 1994. p. 57.

<sup>28</sup> GONZALEZ, Julio y ROSADO, Rafael. Reproducción inducida con hormonas en *Eremophilus mutisii* Humboldt, 1805 (Pisces: Trichomycteridae) en Guasca, Cundinamarca, Colombia. En: Revista de Investigación, Vol. 5 (2). Diciembre 2005. Facultad de Zootecnia. Universidad de la Salle. Bogotá. 2005. p. 233.

<sup>29</sup> RODRIGUEZ, José y MOJICA, Hermes. Op. cit., p. 116.



iguales o menores a 1 son característicos de las especies “zoófagas”. Los contenidos estomacales fueron larvas de insectos que se encontraron en las comunidades bentónicas y del litoral de los embalses. Los índices numéricos y la frecuencia de los elementos encontrados así como el índice de importancia relativa (Tabla 1), muestran que los quironómidos *Chironomids sp* (Figura 3) son el alimento principal de los peces capturados.

**Tabla 1. Índices de alimentación para *E. mutisii* en los reservorios cuatro y seis**

<b>Índices de alimentación <i>E. mutisii</i> para los reservorios 4 y 6.</b>			
<b>Tipo alimentación</b>	<b>Índice Numérico Reservorio</b>	<b>Índice de Frecuencia Reservorio</b>	<b>Índice Relativo Importante Reservorio</b>
	4      6	4	4
Insectos	0,92	6	6
Quironomidos	2,25	7,5	0.07
Odonatas	13,36	100	2,5
Lombrices	93,80	52,5	7,01
	79,50	100	93,8
	1,69	92,5	73,54
	0,23	6,66	1,1
	2,26	2,5	0,06
		100	2,3

Fuente: Pinilla, 2006

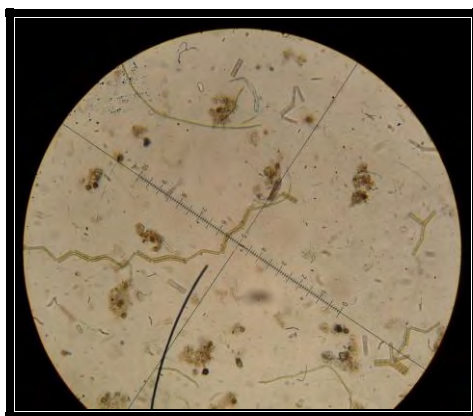
**Figura 3. Larva de Quironómido**



**4.2.2 Importancia de zooplancton en larvicultura.** "A pesar de los esfuerzos para sustituir totalmente el alimento vivo por dietas artificiales, continúa la dependencia de la producción y empleo de zooplancton para la larvicultura de especies neotropicales. En general, 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".<sup>30</sup> Lavens<sup>31</sup>, afirma que el zooplancton presenta como principales ventajas: menor grado de polución, mejor distribución, mantienen sus características por muchas horas, lo que no ocurre con alimentos artificiales.

"Entre los grupos de zooplancton más utilizados están Artemia, rotíferos, cladóceros y copépodos. El valor nutricional de los rotíferos está sujeto al alimento ofrecido; considerados excelente alimento para larvas de peces marinos y algunos de agua dulce, gracias a su pequeño tamaño, constante movimiento en el agua, corto ciclo de vida para su cultivo, alto valor nutritivo por su digestibilidad y capacidad de transferencia de nutrientes cuando son enriquecidos".<sup>32</sup> Dentro del alimento vivo, las microalgas (Figura 4) juegan un papel importante en las primeras horas de vida de las larvas, cuando inician la búsqueda de su alimento. Luego, se pueden suministrar algunos organismos zooplantónicos, de tamaños microscópicos, como son los rotíferos, pulgas de agua, copépodos y nauplios del crustáceo Artemia.<sup>33</sup>

**Figura 4. Plancton de totora**



Vista al microscopio 4x

<sup>30</sup> PORTELLA MC, Tasser MB, Jomori RK, Carneiro DJ. Substituição do Alimento Vivo na Larvicultura. In: Memórias de Simposio Brasileiro de Aqüicultura, 2002, Goiânia –Go. Anais; Goiânia.

<sup>31</sup> ZIMMERMANN S, Jost HC. Recentes Avanços na Nutrição de Peixes: a Nutrição por Fases em Piscicultura Intensiva. In: Memórias de Simpósio sobre manejo e Nutrição de Peixes; 1998, Piracicaba. Anais; Piracicaba-SP, 1998. p. 123-62.

<sup>32</sup> HAGIWARA A, Gallardo WG, Assavaaree M, Kotani T, Araujo AB. Live food production. In: Japan: recent progress and future aspects. Aquaculture 2001 200: 111-127.

<sup>33</sup> THALIA Castro Barrera, R. De Lara Andrade., G. Castro, Mejía., J. Castro Mejía y A. Malpica Sánchez. Departamento El Hombre y su Ambiente. División de CBS. UAM Unidad Xochimilco. p. 28.

#### 4.2.3 Alimentación en etapa de larvicultura en silúridos. Nuñez afirma que:

La producción de silúridos en etapas larvales implica un suministro adecuado de alimento, el cual debe suplir las necesidades nutricionales en cada especie. El uso de zooplancton nativo como alimento vivo y su sometimiento a procesos de enriquecimiento con ácidos grasos vegetales han permitido en parte alcanzar este objetivo, no obstante, su evaluación en cada una de las especies aún es necesaria. Actualmente, las investigaciones colombianas relacionadas con acuicultura buscan desarrollar paquetes tecnológicos para incorporar especies de silúridos a la piscicultura nacional. Estos procesos comenzaron con protocolos de reproducción, evaluados particularmente en especies como rayado (*P. fasciatum*) y yaque (*L. marmoratus*), obteniendo resultados positivos.<sup>34</sup>

“El cultivo en cautiverio de silúridos se dificulta por su exigencia en las condiciones de calidad de agua y su estricta dieta alimenticia. Uno de los factores más importantes en la optimización del cultivo de silúridos, es el suministro adecuado de alimento, el cual debe cumplir con el nivel de calidad nutricional que permita un equilibrio en el crecimiento, la sobrevivencia y conversión alimenticia para obtener un adecuado desempeño productivo”.<sup>35</sup>

Kolkovski y Dabrowski, mencionan que "los organismos vivos consumidos por las larvas (zooplancton) ayudan al proceso de digestión donando enzimas digestivas, neuropéptidos intestinales y factores alimenticios del crecimiento tras la autólisis, o como zimógenos, activando las enzimas digestivas endógenas larvales, sustancias que se omiten con frecuencia en dietas formuladas".<sup>36</sup>

**4.2.4 Cultivo de Infusorios.** "En la década de los 60 se empezaron a considerar a los ciliados como una alternativa de alimentación en la acuicultura, por sus cualidades de rápido desarrollo, facilidad de cultivo y calidad nutritiva".<sup>37</sup>

<sup>34</sup> NUÑEZ J., *et al.* Induced breeding and larval rearing of Surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), from the bolivian Amazon. *En:* Revista Aquac Res. 2008. No. 39. p.764-776.

<sup>35</sup> KESTEMONT P., *et al.* Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture* 2003; p. 227 :333-356.

<sup>36</sup> KOLKOVSKI, S y DABROWSKI, D. Diets for fish larvae present state of art. *World Aquacult. Symp.* Sydney y Australia. World, Aquacult. Soc., Australia. 1999, p 406.

<sup>37</sup> TORRENTA, B. L. y TACON, A. G. J. 1989. La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura. Documento preparado para el proyecto GCP/RLA/075/ITA apoyo a las actividades regionales de acuicultura para América Latina y el Caribe. Programa Cooperativo Gubernamental FAO Italia. p. 41-53.

Shepherd y Bromage<sup>38</sup>, afirman que los ciliados son fuente de alimento para el cultivo de larvas de peces y crustáceos, no solo por el tamaño sino también por su calidad nutritiva, ya que los ciliados que se cultivan pueden tener los ácidos grasos, necesarios en toda dieta de peces y crustáceos para el adecuado crecimiento. Snell, *et al*<sup>39</sup>, menciona por otra parte que los ciliados tienen lenta movilidad, lo cual contribuye a que sea una presa fácil de atrapar por las larvas de organismos en cultivo.

Los infusorios se pueden obtener mediante el cultivo de cualquier planta acuática (como la tatora), u hortalizas como lechuga o cáscara de plátano. Según Rhodes y Phelps<sup>40</sup>, los ciliados son abundantes en aguas dulces o marinas por su importancia como primer alimento para larvas de peces, aunque no tienen un exoesqueleto que facilite su identificación en el intestino de una larva de pez. Algunos organismos que pueden servir como posible alimento inicial incluyen especies tales como *Fabrea*, *Strombidium*, y *Strombilidium*, con tamaños promedio de 40x100, 33x41, y 35x80 µm respectivamente.

**4.2.5 Cultivo de Artemia.** La artemia (Figura 5) sigue siendo, mundialmente, el alimento vivo con más demanda en la acuicultura. Una de las características que la hacen tener esa gran demanda es que sus huevos se pueden enquistar y de esta manera permanecer viables durante muchos años, de tal manera que cuando se requieran sus larvas, llamadas nauplios, basta con aplicar a los quistes un tratamiento sencillo de eclosión. En cuanto a la calidad nutritiva, la artemia tiene la mayoría de los macro y micronutrientes que requieren las especies, sin embargo, existen diferencias en contenidos de proteínas, lípidos y carbohidratos entre las diversas cepas de artemia; los ácidos grasos polinsaturados como el eicosapentanoico hacen que ésta sea un excelente alimento para las especies marinas, mientras que los ácidos insaturados como el linolénico se utilizan para alimentar las especies de agua dulce.<sup>41</sup>

---

<sup>38</sup> SHEPHERD, J. y BROMAGE, N. 1999. Piscicultura Intensiva. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España, 1999, 405 p.

<sup>39</sup> SNELL, T. W., CHILDRESS, M. J. y BOYER, E. M. 1987. Assessing the status of rotifer mass culture. *J. World Aquacult. Soc.* 18: 270-277.

<sup>40</sup> RHODES, M.A y PHELPS, R.P. Ciliated Protozoans as Alternative Live Food for First Feeding Red Snapper, *Lutjanus campechanus*, Larvae. En: 57 Proceedings of the Fifty Seventh Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute. St. Petersburg, Florida USA. 2004. p. 963-974.

<sup>41</sup> CASTRO, B. T., *et al.* Biología y Cultivo de *Artemia franciscana* en el ex Lago de Texcoco, de Ecatepec, Estado de México, Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias UNAM. 1993. 72 p.

**Figura 5. Artemia sp**



**Fuente. Castro, 2003**

Castro, *et al*<sup>42</sup>, menciona que el contenido de proteínas varía de 41% a 66% en nauplios de diferente origen mientras que el rango de proteínas varía de 58% a 64% en los adultos de artemia. El contenido de aminoácidos es más estable, debido probablemente, a que es una característica controlada genéticamente. Ambos estadios de desarrollo, tanto los nauplios como los adultos contienen los aminoácidos que son esenciales en la nutrición de peces y crustáceos.

La artemia se puede suministrar viva, pero también congelada, seca, liofilizada o incorporada en los alimentos balanceados; este organismo es indispensable en el crecimiento de larvas de camarón, de tal manera que los nauplios de artemia no se pueden sustituir por alimento inerte, microencapsulado, ya que se reduce la tasa de crecimiento larval, el desarrollo y la sobrevivencia de las larvas de camarón.<sup>43</sup> El microcrustáceo Artemia es el zooplancton más usado en la acuicultura. En los últimos años ha tenido 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 de 47% en contenido de proteínas<sup>44</sup>.

**4.2.6 Cultivo de Copéodos.** Los copéodos rojos encontrados en la laguna de la cocha (*Boeckella gracilis*) (Figura 6) se caracterizan por tener una pigmentación

---

<sup>42</sup> Ibid., p. 72.

<sup>43</sup> LOPEZ, T. N. A. 1998 Densidad óptima de alimento vivo para larvas de camarón rosado *Panaeus duorarum* Burkenroad, 1939, y su posible sustitución con alimento microencapsulado, Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 78 p.

<sup>44</sup> SORGELOOS P, DHERT A, CANDREVA P. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 2001. p. 147-59.

intensa brillante. Es un crustáceo indicador de buenas condiciones de oxígeno disuelto, pH no ácidos, aguas no turbias.<sup>45</sup>

**Figura 6. Copépodo adulto *Boeckella gracilis***



Vista al microscopio 4x.

Molina<sup>46</sup>, en estudio exploratorio evaluando la eutrofización, la estratificación térmica, el aumento de dióxido de carbono y disminución del oxígeno disuelto, afirma que son factores que no favorecen el desarrollo de este organismo. Experiencias empíricas en cultivos de trucha arcoiris en lagunas creen que los copépodos rojos son los responsables de la pigmentación interna de ésta. La calidad nutricional de los copépodos se caracteriza por altos niveles de proteína (44-52%) y buen perfil de aminoácidos, la composición de ácidos grasos varía considerablemente acorde al alimento usado en su cultivo.<sup>47</sup>

A pesar de presentar movimientos rápidos, por saltos y consecuentemente buen escape del predador, su nauplio es considerado excelente alimento para larvas de peces gracias a sus movimientos más lentos siendo fácilmente capturados por las postlarvas de peces marinos y de agua dulce, son versátiles para la alimentación gracias a que presentan en su desarrollo diferentes tamaños que permiten su selección acorde a las necesidades de las larvas.<sup>48</sup>

<sup>45</sup> MONTENEGRO, Carlos y MOLINA Javier. Registro morfo taxonómico de crustacea "Copepoda" en el lago Guamuéz La Cocha. Nariño. (*Boeckella gracilis*). Trabajo de investigación en beneficio de la región y el desarrollo del departamento de Nariño.. 1988. pág. 8 - 14.

<sup>46</sup> MOLINA, A. J. Estudio exploratorio. Copépodos en el lago de tota. Etapa II Boyacá Colombia. Presentado en: XX Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, Bogotá, Octubre. 1985. p. 10-12.

<sup>47</sup> MCKINNON AD, Duggan S, Nichols PD, Rimmer MA, Semmens G, Robino B. The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture* 2003; 223(1/4): 89-106.

<sup>48</sup> SIPAUBA. Tavares LH, Rocha O. Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos. São Carlos (Bra): RIMA; 2003. p.106. 20-24.

### 4.3 TAMAÑO DEL ALIMENTO VIVO A SUMINISTRAR

El tamaño máximo del alimento vivo a suministrar a las larvas corresponde al 30-50% del valor total de la abertura bucal.

Según Alcalá y Ortega A<sup>49</sup>, el bagre blanco *Sorubim cuspicaudus* tienen una abertura bucal máxima al inicio de la alimentación exógena es de 603.3±32.3 µm cuando comienza a comer, le permite la captura de zooplancton como cladóceros y copépodos, sugiriendo que el tamaño apropiado para el manejo de primera alimentación de esta especie debe oscilar entre 250 y 450 µm. Atencio *et al*<sup>50</sup>, reportan para el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) una abertura bucal de 642 a 671 µm. Caicedo y Burbano<sup>51</sup>, reportaron una abertura bucal máxima de 923,76 µm para larvas de bagre del patía *Rhamdia quelen*. Ramírez Merlano, *et al*<sup>52</sup>, evaluando larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) iniciaron su alimentación exógena cuando éstas presentaron un volumen de saco vitelino inferior al 10 % del volumen inicial y una abertura bucal de 367.3 µm a las 35 hpe.

---

<sup>49</sup> ALCALÁ, A y ORTEGA, A. Influencia de la densidad de siembra y la alimentación en la larvicultura del bagre blanco *Sorubim cuspicaudus* (Littmann, Burr & Nass, 2000). [Trabajo de Pregrado]. Montería, Colombia: Universidad de Córdoba; 2002. Citado por: PRIETO, Martha y ATENCIO, Victor. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. Op, cit. p. 1420

<sup>50</sup> ATENCIO, Víctor., *et al*. Manejo de la primera alimentación del Bocachico (*Prochilodus magdalenae*). En: Rev MVZ Córdoba 2003a; 8(1): 254-60. Citado por: PRIETO, Martha y ATENCIO, Victor. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. Op, cit., p. 1420

<sup>51</sup> BURBANO, Roberto y CAICEDO, Carlos. Evaluación de la primera alimentación de post-larvas de bagre del patía *Rhamdia quelen* (Quoy y Gaimard, 1824 ) con diferentes tipos de dietas. Trabajo de grado (Ingeniería en Producción Acuícola). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto, Colombia. 2008. p. 55.

<sup>52</sup> RAMIREZ-MERLANO, Juan. *et al*. Utilización de organismos vivos como primera alimentación de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) bajo condiciones de laboratorio. En: Revista ORINOQUIA - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia. Vol 14. No 1. 2010. p. 50.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en la Estación Piscícola Guairapungo perteneciente a la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), ubicada en la vereda Casapamba, corregimiento del Encano a una altura de 2875 msnm, 26 km al sur-oriente de Pasto, en el Departamento de Nariño. Localizándose entre las coordenadas 0° 50' – 1° 15' latitud norte y 77° 05' – 77° 20' longitud oeste<sup>53</sup>. “Con una temperatura promedio anual (11.6°C – 2002), una humedad relativa de (87.0% - 2002). El régimen de distribución de las lluvias a lo largo del tiempo para la cuenca del Guamuéz presenta un comportamiento “*Unimodal Biestacional*”, con una época de intensas lluvias que empieza desde el mes de abril hasta agosto y una época de pocas lluvias entre los meses de octubre a marzo<sup>54</sup>”.

### 5.2 MATERIAL BIOLÓGICO

Para el proyecto de investigación se utilizaron 180 post-larvas de capitán de la sabana (*E. mutisii*), con un peso promedio inicial de  $3,57 \pm 0,31$  mg y una longitud promedio inicial de  $4,53 \pm 0,35$  mm (Anexo A), nauplios de copépodos e infusorios de totora (*Scirpus californicus*).

### 5.3 INSTALACIONES, EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

**5.3.1 Instalaciones.** El presente trabajo de investigación se desarrolló en un área cubierta; de dimensiones de 2.35 m de largo por 2.0 m de ancho, y una altura de 2.30 m. Para la adecuación de la infraestructura y desarrollo del proyecto se emplearon los siguientes equipos, materiales e insumos.

#### 5.3.2 Materiales

- 4 acuarios de vidrio de 4 mm de 0.5 m de largo por 0.5 m de ancho y una altura de 0,25 m

<sup>53</sup> INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT – IAvH; WORLD WILDLIFE FUND – WWF COLOMBIA y ASOCIACION PARA EL DESARROLLO CAMPESINO – ADC. Proyecto de incentivos para la Laguna de La Cocha como sitio Ramsar. Informe final primera fase. Noviembre, 2004. p. 8.

<sup>54</sup> Ibid., p. 10



- 15 piedras difusoras
- 6 tablas de madera ordinaria
- 12 recipientes plásticos de 0.21 m de largo por 0.21 m de ancho por 0.065 m de alto.
- 6 Bastidores
- 4 frascos bomboneros
- 3 botellas plásticas
- 1 red plantónica de 50  $\mu\text{m}$
- 1 tamiz de 200  $\mu\text{m}$
- 20 m de plástico negro
- 3 extensiones eléctricas
- 10 jeringas tipo insulina
- 3 tiros de tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada
- 14 codos de  $\frac{1}{2}$  pulgada
- 2 válvulas de paso de  $\frac{1}{2}$  “
- 300 m de nylon
- 100 garfios
- 1 caja de portaobjetos y cubreobjetos
- 5 cajas Petri
- 20 metros manguera transparente
- 5 pipetas plásticas
- Mortero
- 1 metro de velo suizo
- Equipo de disección

### 5.3.3 Insumos

- 1 g de hormona (Extracto de hipófisis de carpa EHC)
- 100 g de artemia salina
- 500 ml de suero fisiológico
- Agua destilada
- Nutrientes Nesler A y B
- Alga chlorella
- 1 kg de sal marina
- Hipoclorito de sodio al 3.5%
- Azul de metileno
- Solución Carbamida
- Solución Serra
- Solución Fijadora
- Yodo
- Larvas de quironómidos

### 5.3.4 Equipos

- Cámara fotográfica marca Samsung
- 1 microscopio Olympus CH-2, Model CH5
- 1 micrómetro
- 4 blower PT 500
- 2 termostato automático de 75W
- 2 termómetro
- 1 balanza analítica resolución 0.1 mg marca Mettler H80
- 1 balanza gramera de resolución 1 g a 15 kg marca Pnixma Lexus
- 1 pHmetro VWR Scientific model 8010
- 1 sonda YSI multiparamétrica
- Cámara de Sedgewick-Rafter (conteo de infusorios, nauplios de copépodos y artemia)

### 5.4 PERIODO DE ESTUDIO.

Se realizó la captura de los ejemplares en los meses de abril y mayo, realizándose la adaptación, inducción, obtención de gametos, incubación y eclosión en un tiempo de aproximadamente 17 días. La fase post-larval del capitán de la sabana y su primera alimentación se evaluó en un periodo de 15 días. La duración total del proyecto fue aproximadamente de 32 días.

### 5.5 PLAN DE MANEJO

**5.5.1 Adecuación del área:** se realizó la adecuación del techo y paredes para contrarrestar la humedad. Los mesones para colocar los materiales y equipos se construyeron en madera. Se realizaron las conexiones eléctricas necesarias. (Figura 7).

**Figura 7 . Adecuación del área**



**5.5.2 Abastecimiento y manejo de agua.** El agua utilizada para el proyecto es la misma utilizada para los procesos productivos de la estación, especialmente de incubación, larvicultura y alevinaje de trucha arcoiris. Según Riascos: “Ésta es captada de la quebrada Casapamba, localizada en la montaña de la vereda Casapamba. La adaptación se realizó del primer desarenador funcional de la estación mediante una yee de 3 pulgadas, un buje de 3 x 2 pulgadas y uno de 2 x ½ pulgada, conectados a una tubería de ½ (Figura 8a) para llevar agua a los filtros instalados en la parte externa compuestos por guata, carbón activado, grava y arena (Figura 8b). El agua sale por una válvula de paso al laboratorio (Figura 8c). El agua se almacenó en un tanque para utilizarse en recambios posteriores.

**Figura 8. Sistema de captación y almacenamiento de agua.**



**5.5.3 Preparación de unidades experimentales y materiales.** Se elaboraron los 4 acuarios de vidrio con dimensiones de 0.5 x 0.5 x 0.25 m; se forraron con plástico para evitar entrada directa de luz. A las bandejas plásticas de 0.21 x 0.21 x 0.065 m se les hicieron dos ventanas a los lados y una en el fondo, posteriormente tapadas con malla de 50  $\mu$ m. Todos los materiales se lavaron y se desinfectaron con una solución de 5 ppt de cloruro de sodio más 5 gr/L de azul de metilo más 2 ml/L de hipoclorito de sodio al 3.5%, dejándolos por un día para enjuagarlos con agua limpia, dejándolos secar al sol.(Figura 9).

**Figura 9. Adecuación de materiales**



#### **5.5.4 Proceso de obtención de post-larvas.**

**5.5.4.1 Preparación de trampas y captura de reproductores.** Para la captura de los reproductores se utilizó anzuelo con lombriz californiana. En una longitud de 300 metros de nylon se colocaron 100 garfios separados cada tres metros en los cuales se insertó una lombriz. La trampa fue colocada y asegurada en los juncos de totora en la orilla de la vereda el Carrizo.

**5.5.4.2 Selección y transporte de reproductores.** Los reproductores se seleccionaron de acuerdo a las características físicas como abdomen abultado y papila urogenital enrojecida en hembras y fácil expulsión de semen en machos. (Figura 10a). Los reproductores se transportaron en bolsas plásticas a la estación y se colocaron en un acuario con aireación suficiente con piedra difusora, dejándose dos horas, en las cuales gradualmente se mezcló el agua para evitar un choque térmico y estrés de los animales. (Figura 10b). Por último se liberaron y dejaron en oscuridad total tapando los acuarios con polisombra aseguradas en los extremos con madera. Se realizó recambio del 50% del agua mediante sifoneo por tres días. (Figura 10 c)

**5.5.4.3 Inducción hormonal, desove, fertilización e incubación.** Los ejemplares se pesaron para determinar la dosificación hormonal a inyectar. Siguiendo el protocolo de inducción a la reproducción recomendado por Rosado, las hembras se inyectaron con 5,5 mg/kg de peso vivo en dos dosis del 10 y 90% con un intervalo de 12 horas, mientras que a los machos se inyectó una dosis única de 0,5 mg/peso vivo junto con la segunda dosis de las hembras (Figura 10d).

**Figura 10. Selección y transporte de reproductores**



Transcurridas 24 a 36 horas con temperatura promedio de 11 a 12°C, se obtuvieron los gametos por método de extrusión, los oocitos se recibieron en recipientes plásticos mientras que la recolecta del semen se realizó en jeringas de insulina secas; para posteriormente realizar la homogenización de la muestra con una pluma por un lapso de cinco minutos. Después los huevos se hidrataron por 10 minutos con constantes lavados. Según recomendaciones de Marcucci<sup>55</sup>, por último se realizó un baño con solución Carbamida para eliminar la adherencia y disminuir la incidencia negativa de la aglomeración de huevos durante la fase de incubación. La incubación se realizó en acuarios de vidrio en los cuales se colocaron bastidores de madera con anejo de 5 mm, los cuales fueron forrados con velo suizo para evitar que se pasen debido a su pequeño diámetro (Figura 11). Los acuarios se llenaron a una columna de agua de 4 cm, para simular el movimiento del agua del medio natural se conectó un sistema de aireación con

<sup>55</sup> MARCUCCI, R. Reproducción inducida y descripción general del desarrollo embrionario del pez Capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*, Humboldt, 1805). Trabajo de grado, Zootecnista. Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia. Bogotá D.C. 2005. p. 36

piedra difusora. Se cubrió con plástico cada acuario para mantener constante la temperatura y todo el sistema se tapó con polisombra negra para simular ambiente de penumbra. Transcurridas aproximadamente siete horas se procede a determinar el porcentaje de fertilización, tomando muestras de los acuarios para contabilizar huevos viables sobre el total muestreado, para luego determinar el porcentaje con el total de huevos obtenidos al inicio del proceso.

El recambio de agua fue diario de un litro en cada acuario y se monitoreó constantemente la temperatura. Como actividad principal se realiza la extracción de huevos dañados o blancos, para evitar pérdida de la postura por proliferación de hongos. De forma paralela se realizó el seguimiento embrionario.

**Figura 11. Incubación de larvas en bastidores**



**5.5.4.4 Distribución de post-larvas e inicio de la primera alimentación.** Transcurrida la reabsorción del saco vitelino en más de un 70% en 5 a 6 días, se seleccionaron los animales para colocarlos en cada unidad experimental distribuyendo 20 post-larvas, a una densidad de (20animal/lit) con una distribución completamente al azar (Figura 12).



**Figura 12. Distribución de post-larvas en las unidades experimentales**



**5.5.4.5 Metodología de alimentación.** Transcurrida la reabsorción del saco vitelino en un 70% se suministró una cantidad de aproximadamente 5 infusorios de totera, 1 nauplio de copépodo y 1 nauplio de artemia por animal según el tratamiento respectivo. Cada dos días se incrementó 5 infusorios, y 1 nauplio por post-larva, realizando los respectivos ajustes de acuerdo a la mortalidad presentada. La frecuencia de alimentación fue cada dos horas con una pipeta plástica utilizada para cada tratamiento. Antes de suministrar el alimento vivo se determinó en el micrómetro del microscopio a un objetivo de 4x el diámetro y longitud de los nauplios de copépodos y artemia, para después contabilizarlos en la cámara de Sedgewick-Rafter y suministrarlos a las larvas.

**5.5.4.6 Muestreos de la población.** Los muestreos de las post-larvas de capitán de la sabana se realizaron cada cinco días. Se capturó un porcentaje de la población del 50% por réplica para obtener datos que fueron depositados en los respectivos registros. Cada animal se capturó con una pipeta plástica de boca ancha con agua, colocándose en un cubreobjeto (Figura 13), el exceso de agua fue retirado con una servilleta cuidadosamente para registrarse posteriormente el peso. Para obtener talla se colocó debajo del cubreobjeto un ictiómetro, después adicionándose nuevamente agua para devolverlo a la caja Petri. Los registros de mortalidad se llenaron cuando ésta se presentó en las distintas unidades experimentales.

**Figura 13. Pesaje de larvas**



**5.5.4.7 Recambios de agua.** Con una pipeta plástica se retiró el exceso de sedimentos en cada réplica, mientras que con una manguera de 0,5 cm de diámetro se sifoneó el fondo del acuario. El recambio diario de aproximadamente un L de agua en cada uno.

**5.5.4.8 Evaluación de calidad de agua.** Diariamente se tomaron los registros de temperatura siete veces al día. La determinación de oxígeno y pH fue cada siete días.

## **5.6 PROTOCOLOS DE OBTENCIÓN DE ALIMENTO VIVO.**

**5.6.1 Cultivo madre de infusorios.** En recipientes plásticos y de vidrio se colocó un volumen de 2 litros de agua destilada y tallos de la planta totora (*Scirpus californicus*). Los recipientes estuvieron cerca a una ventana para permitir la entrada de luz para la producción de diferentes organismos microscópicos, los cuales empezaron a observarse a partir del tercer día en bajas concentraciones. (Figura 14). Del cultivo madre se conservó gran parte de la muestra para realizar el recambio de agua cada 15 días. El cambio de los tallos fue cuando éstos empezaron a secarse, cada 7 días.



**Figura 14. Cultivo de infusorios**



**5.6.2 Captura de copépodos (*Boeckella gracilis*).** Para la obtención de copépodos se realizó un arrastre contracorriente en la laguna de la Cocha a una velocidad de aproximadamente 1 km/h utilizando una red planctónica de 50  $\mu\text{m}$  (Figura 15a). Se realizó de tres a cuatro arrastres para obtener una gran cantidad de animales, los cuales se transportaron en un botellón hacia la estación depositándolos en un balde con suficiente aireación. Su alimentación fue con alga chlorella proveniente de la Universidad de Nariño. El cultivo de esta alga se realizó en una bolsa plástica con suficiente aireación (Figura 15b), adicionando 12,5 ml de nutrientes Nesler A y 12,5 ml de Nesler B. El volumen utilizado fue recuperado con agua destilada. Los nauplios de copépodos se obtuvieron tamizando el total de una muestra por un tamiz de 200  $\mu\text{m}$ , la muestra tamizada fue utilizada para alimentar a las post-larvas.

**Figura 15. Captura, cultivo de copépodos y alga Chlorella**



**5.6.3 Descapsulación de artemia.** En un acuario con 25 L de agua se colocó un termostato para incrementar la temperatura a 30°C. En un extremo fueron colocadas botellas plásticas con aireación en la tapa mediante una manguera conectada a un blower. Se manejó una salinidad de 32 ppt más 1,0 g de artemia. La artemia recién eclosionada en un periodo de 24 horas se filtro por un tamiz de 200  $\mu\text{m}$ , procediéndose a determinar la longitud y el diámetro utilizando el micrómetro del microscopio en el objetivo 4x, para posteriormente realizar el conteo de los nauplios en la cámara de Sedgewick-Rafter, lavándolos con agua dulce para suministrarlos a las post-larvas. (Figura 16).

**Figura 16. Descapsulación y eclosión de artemia**



## **5.7 TRATAMIENTOS**

Para el desarrollo de ésta investigación se evaluaron tres tratamientos con tres réplicas, especificados a continuación:

- T1: Infusorios de totora (*Scirpus californicus*)
- T2: Nauplios de Artemia
- T3: Nauplios de Copépodos (*Boeckella gracilis*)

## **5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), conformado por tres tratamientos y tres réplicas para un total de nueve unidades experimentales cada una con 20 post-larvas, según el siguiente modelo matemático:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$y_{ij}$  = respuesta del  $i$  – ésimo tratamiento que recibe la  $j$ - ésimo unidad experimental.

$\mu$  = media

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento;

$i$  = tratamiento 1,2,3

$j$  = réplicas 1, 2 y 3

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $i$ - ésima unidad experimental sometida al  $j$ - ésimo tratamiento.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA para la comparación de las variables entre tratamientos. En caso de encontrar diferencias significativas a un nivel de 0.05 se utilizó la prueba LSD (Mínima Diferencia Significativa).

En variables que no cumplieron los supuestos estadísticos se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. En la variable sobrevivencia se utilizó la Prueba para homogeneidad de binomiales simples de Snedecor-Irvin<sup>56</sup>, con el fin de determinar si el porcentaje de sobrevivencia se encontró influenciado por los tratamientos.

Se contrastó el valor de la  $\chi^2$  calculada con la  $\chi^2$ -de la tabla. Si el valor de la  $\chi^2$  calculada es mayor a la  $\chi^2$ -de la tabla, se rechaza la hipótesis nula (la mortalidad es independiente del tratamiento), en caso contrario se acepta.

Siendo  $\chi^2$  calculada con la siguiente ecuación:

$$\chi^2 = \frac{\sum ni (pi - \bar{p})^2}{\bar{p}\bar{q}}$$

Donde:

$\chi^2$ : El valor de la  $\chi^2$  calculada.

$ni$ : Número de animales iniciales en el  $i$ -ésimo tratamiento.

$pi$ : Proporción de sobrevivencia en el  $i$ -ésimo tratamiento.

<sup>56</sup> SNEDECOR, George y COCHRAN, William. Analisis of frecuencies in one-way and two-way classifications. En: Statistical Methods. 1989. 196-213 p.

$\bar{p}$ : Proporción de sobrevivencia en todos los tratamientos.

$\bar{q}$ : Proporción de mortalidad en todos los tratamientos.

## 5.9 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Para las variables de peso y longitud se planteó lo siguiente:

$H_0$  = Hipótesis nula: Los resultados obtenidos para cada valor medio de las diferentes variables son iguales en todos los tratamientos, de tal manera que:

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

$H_1$  = Hipótesis alterna: Existe por lo menos un tratamiento que presenta un resultado medio, diferente en las variables estudiadas, de tal manera que:

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

## 5.10 VARIABLES A EVALUAR

**5.10.1 Incremento de peso.** Es la ganancia de peso de un individuo o una población en un determinado período de tiempo.

$$\Delta p : P_f - P_i$$

Donde:

$\Delta p$ : Incremento de peso

$P_f$ : Peso final en mg

$P_i$ : Peso inicial en mg

**5.10.2 Incremento de talla.** Es la ganancia de longitud de un individuo o una población en un determinado período de tiempo.

$$\Delta T : L_f - L_i$$

Donde:

$\Delta T$ : Incremento de talla

$L_f$  : Talla final en mm

$L_i$  : Talla inicial en mm

**5.10.3 Tasa de crecimiento específica.** Determina el crecimiento de los peces en función del peso final, peso inicial y días de crecimiento, empleando la expresión:

$$TCE: \left( \frac{\ln W_f - \ln W_i}{\text{Tiempo}} \right) * 100$$

Donde:

TCE: tasa de crecimiento específica

Ln Wf: logaritmo natural del peso final

Ln Wi: logaritmo natural del peso inicial.

**5.10.4 Sobrevivencia.** Es el porcentaje de animales que sobreviven al experimento, tomada como la relación entre el número total de animales finales y el número inicial del experimento.

$$S: \left( \frac{A_f}{A_i} \right) * 100$$

Donde:

S: Sobrevivencia

$A_f$  : Número total de animales finales

$A_i$  : Número total de animales iniciales

**5.10.5 Análisis parcial de costos.** Son los costos variables de cada uno de los tratamientos.

$$RBC: \left( \frac{B}{C} \right)$$

Donde:

RBC: Relación beneficio/costo

B: Beneficios

C: Costos

## 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 ADAPTACIÓN POST-CAPTURA DEL CAPITÁN DE LA SABANA (*E. mutisii*) EN LA ESTACIÓN PISCÍCOLA GUAIRAPUNGO.

Los reproductores capturados fueron posteriormente trasladados a la estación colocándolos en acuarios para adaptarlos al cautiverio. Se alimentaron con larvas de quironómidos pero los animales no las consumieron. Aunque se utilizó el método profiláctico de adicionar 2 gr/L de cloruro de sodio se presentó patologías en la piel como hongos, heridas, sangrado cerca de los dos días en cautiverio (Figura 17); producidas por la forma de captura y la manipulación. Se presentó mortalidad en gran mayoría de los reproductores al inicio de esta investigación, por lo cual se implementó la metodología de captura, inducción y manejo por un tiempo máximo tres días para luego ser liberados nuevamente a la laguna.

**Figura 17. Patologías cutáneas de *E. mutisii***



## 6.2 REPRODUCCIÓN INDUCIDA DE CAPITÁN DE LA SABANA (*E. mutisii*)

**6.2.1 Selección de reproductores e inducción hormonal.** El proceso de inducción hormonal para la obtención de larvas se realizó bajo el protocolo utilizado por Rosado<sup>57</sup>, el peso de los reproductores hembras y machos se registraron a continuación (Tabla 2 y 3). Identificándolos por características físicas como manchas y marcas.

**Tabla 2. Dosificación hormonal en hembras de capitán de la sabana.**

Peso (g)	Talla (cm)	Dosificación hormonal	
		1ra dosis 90%	2da dosis 10%
154,4	22	0,76	0,08
129	24	0,64	0,07
193,2	28	0,96	0,11
	<b>TOTAL</b>	<b>2,36</b>	<b>0,26</b>

**Tabla 3. Dosificación hormonal en machos de capitán de la sabana.**

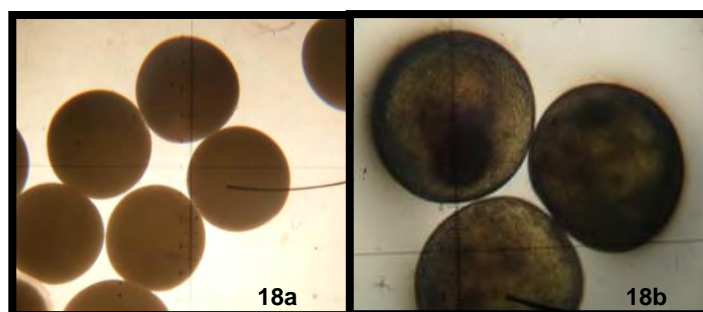
Peso (g)	Talla (cm)	Dosificación hormonal
		10%
163,2	27	0,09
186,6	30	0,10
	<b>TOTAL</b>	<b>0,19</b>

La evaluación de los oocitos se realizó a partir de la determinación del diámetro ovocitario, también se utilizó como indicativo para determinar el grado de madurez de los reproductores (Figura 18). El diámetro promedio fue de 1025 a 1270  $\mu\text{m}$  (Figura 18a) (Anexo B). Este valor del diámetro coincide con el reportado por González y Rosado<sup>58</sup>, en el trabajo de reproducción de capitán de la sabana en Cundinamarca, con valores cercanos a las 1000  $\mu\text{m}$ . La posición del núcleo se determinó con solución Serra, la cual permitió observar que en la mayoría de los núcleos de los oocitos estaba en migración (Figura 18b).

<sup>57</sup> GONZALES Julio y ROSADO Rafael. Op. cit., p. 235-236.

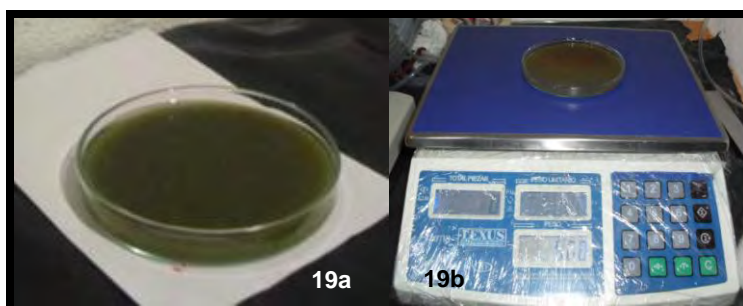
<sup>58</sup> Ibid., p. 238

**Figura 18. Evaluación de ovocitos (objetivo 4x zoom)**



**6.2.2 Determinación de fecundidad y desove artificial.** La fecundidad referenciada o cantidad de oocitos producidos por hembra se obtuvo por gravimetría. Se pesó el total de la muestra restando el peso de la caja petri, tomando una pequeña cantidad para realizar el conteo y pesaje y extrapolar el dato al total de la muestra. (Figura 19).

**Figura 19. Recolección de oocitos y Determinación de fecundidad por gravimetría**



**Tabla 4. Fecundidad relativa.**

<b>Peso del ejemplar (g)</b>	<b>Fecundidad</b>
154,4	42.082
129	8.544
193,2	3.813
	<b>54.439</b>



Los datos de fecundidad relativa (Tabla 4) coinciden con los reportados por González y Rosado<sup>59</sup>, los cuales obtuvieron fecundidades mínimas de 1820 oocitos en ejemplar con 121,3 g de peso vivo, y de 40.000 oocitos en ejemplares de 171 g. Pinto *et al*<sup>60</sup>, en estudios sobre aspectos reproductivos que determinaron una fecundidad de 91.674 oocitos en hembras con los más altos IGS (Índices Gónado-Somáticos).

La cantidad de semen obtenida de los reproductores fue de 2 a 3 ml, en los machos de color negro y albino respectivamente, valores que coinciden con estudios realizados por Montejo<sup>61</sup>, evaluando la calidad seminal del pez del capitán de la sabana.

El tiempo de desove referenciado para esta investigación fue de 24 a 36 horas, con una acumulación de 264 a 396°/hora a una temperatura de 11 a 13°C. Benavides y Ortega<sup>62</sup> tuvieron un tiempo de desove de 15 horas a una temperatura de 14°C, mientras que Gonzales y Rosado<sup>63</sup>, tuvieron un tiempo de respuesta de 24 horas a una temperatura de 16°C.

**6.2.3 Incubación, determinación porcentaje de fertilización y desarrollo embrionario.** En el sistema de incubación se colocaron 54.439 huevos hidratados, repartidos en ocho bastidores éstos distribuidos en cuatro acuarios. Se cubrió con plástico cada acuario para mantener un ambiente de penumbra. Transcurridas siete horas aproximadamente se procedió a determinar el porcentaje de fertilización, tomando muestras de los acuarios para contabilizar huevos viables sobre el total muestreado, para luego extrapolar el dato al total obtenido al inicio del proceso (Tabla 5).

**Tabla 5. Determinación porcentaje de fertilización.**

Huevos viables de la muestra	Total huevos muestreados	Fertilización total (%)	Huevos viables del total obtenido
150	690	21,73	11.830

<sup>59</sup> GONZALES y ROSADO. Op. cit., p. 237.

<sup>60</sup> PINTO, Gloria., *et al.* Op cit., p. 509.

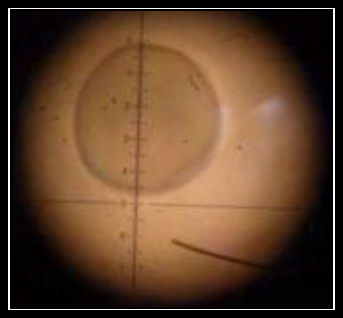
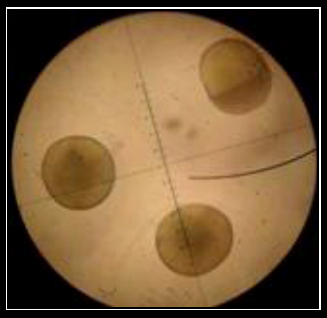
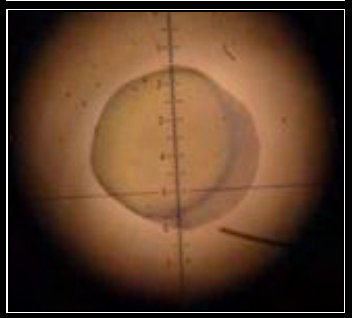
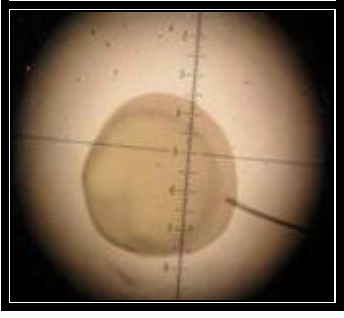
<sup>61</sup> MONTEJO, John. ROSADO, Rafael; y GONZÁLEZ, Julio. Op. cit., p. 44-45

<sup>62</sup> BENAVIDES Jorge y ORTEGA Carolina. Op. cit., p. 64.

<sup>63</sup> GONZALES Julio y ROSADO Rafael. Op. cit., p. 238.

Los datos obtenidos son similares a los reportados Marcucci *et al*<sup>64</sup>, Cruz y Pinto<sup>65</sup>, quienes obtuvieron el 22% y 23,87 % respectivamente, mientras que Benavides y Ortega<sup>66</sup>, obtuvieron 14,6%, en trabajos de reproducción y larvicultura con *E. mutisii*, con la solución hormonal EPC. El seguimiento del desarrollo embrionario de la especie presentó una duración aproximada de 1200°/hora a una temperatura de 12,5°C aproximado (Figura 20).

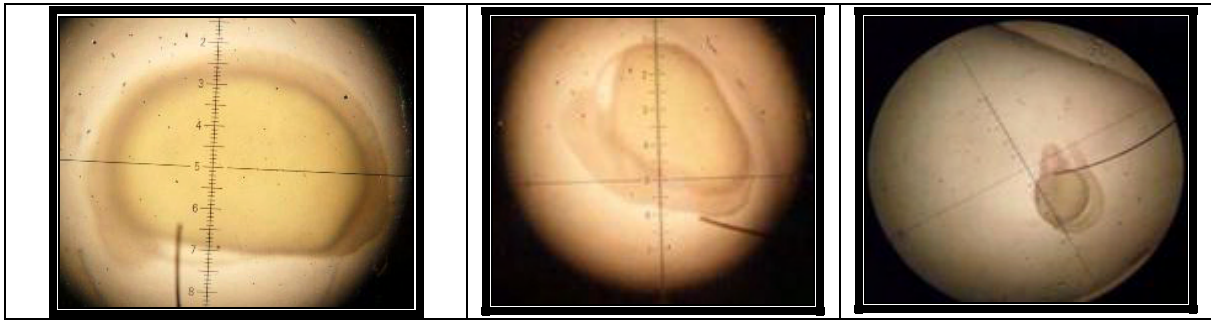
**Figura 20. Desarrollo embrionario del capitán de la sabana**

<p>1. Huevo fertilizado (1 hpf)</p> 	<p>2. Blástula (8 hpf)</p> 	
<p>3. Glástula temprana (26 hpf)</p> 	<p>4. Cierre del blastoporo (28 hpf)</p> 	
<p>5. Organogénesis Temprana (48 hpf)</p>	<p>5. Organogénesis tardía (60 hpf)</p>	<p>6. Larva recién Ecllosionada (86 hpf)</p>

<sup>64</sup> MARCUCCI, R. Op. cit., p. 36.

<sup>65</sup> CRUZ, Dario. y PINTO, Andrés. Evaluación del efecto del fotoperíodo en la fase de larvicultura del capitán de la sabana *Eremophilus mutisii*. Trabajo de grado (Ingeniero en producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Ingeniería en producción Acuícola. Pasto, Nariño. 2012. p. 47

<sup>66</sup> BENAVIDES Jorge y ORTEGA Carolina. Op. cit., p. 67



El seguimiento del desarrollo embrionario concuerda con el realizado por Rosado<sup>67</sup>, estudiando las perspectivas de la reproducción de *E. mutisii* en cautiverio. Marcucci<sup>68</sup>, afirma que en peces teleósteos para procesos de ontogenia, juega un papel fundamental la temperatura del agua relacionada con la velocidad de desarrollo y eclosión de larvas. La variabilidad en tiempo y aparición de estructuras, pueden ser explicadas entonces por el efecto de la temperatura del agua sobre el desarrollo embrionario. También afirma<sup>69</sup>, que el tiempo de eclosión puede variar de 84 a 96 horas.

**6.2.4 Eclosión y larvicultura.** La eclosión de las larvas de *E. mutisii* se obtuvo a las 96 horas después del desove, a una temperatura de 12 a 13°C y una acumulación de 1248°/hora. Las larvas presentaron una coloración transparente con una reserva vitelina verde y una longitud de 3000 µm, dato que concuerda con investigaciones de Gonzales y Rosado<sup>70</sup>, en larvicultura de capitán de la sabana. El registro del desarrollo fue diario y se realizó mediante la toma de videos en el microscopio determinándose al quinto día pigmentación del ojo (Figura 21) e inicio de la formación de los cromatóforos en la sección caudal, y la apertura del ano al séptimo día. El peso inicial de las larvas fue de  $2,6 \pm 0,77$  mg y la longitud promedio de  $3,2 \pm 0,31$  mm (Anexo C). La distribución de las larvas en las unidades experimentales se realizó cuando se observó una reabsorción del vitelo de aproximadamente el 70%.

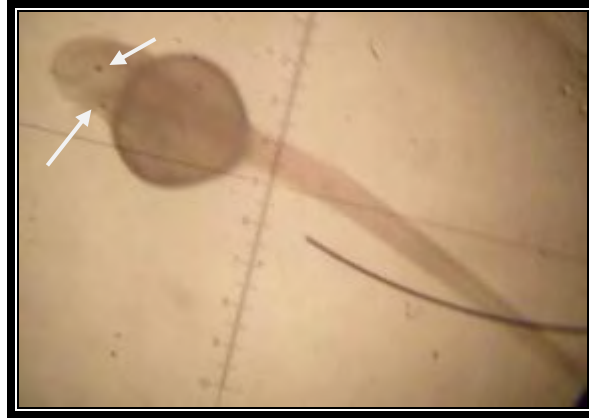
<sup>67</sup> ROSADO, Rafael. Desarrollo embrionario del capitán de la sabana *E. mutisii* (Humboldt, 1805). En: Estado Actual y Perspectivas de la Reproducción en Cautiverio del Capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*). Memorias IV Seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola. Por nuestras especies icticas nativas. Pasto, Colombia. 2005

<sup>68</sup> MARCUCCI, Rafael. Reproducción inducida y descripción general del desarrollo embrionario del pez capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*, Humboldt, 1805). Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Zootecnista. Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia. Bogotá. 2005. p. 47

<sup>69</sup> Ibid., p. 47.

<sup>70</sup> GONZALES Julio y ROSADO Rafael. Op. cit., p. 238.

**Figura 21. Pigmentación ocular. Larva de 5 DPE**

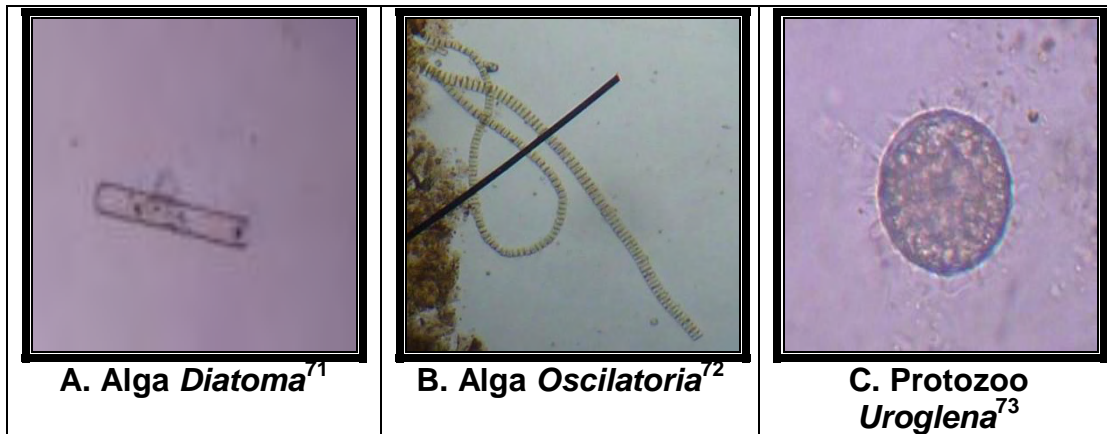


### 6.3 ALIMENTO VIVO A EVALUAR

#### 6.3.1 Clasificación taxonómica de infusorios de totora (*Scirpus californicus*).

Se realizó la clasificación tomando 1 ml de la muestra del cultivo de infusorios para colocarlos en la cámara de Sedgewick-Rafter y luego en el microscopio a un objetivo de 4 y 10x. En la figura 22 se aprecian los organismos fito y zooplanctónicos identificados en el sistema de infusorios.

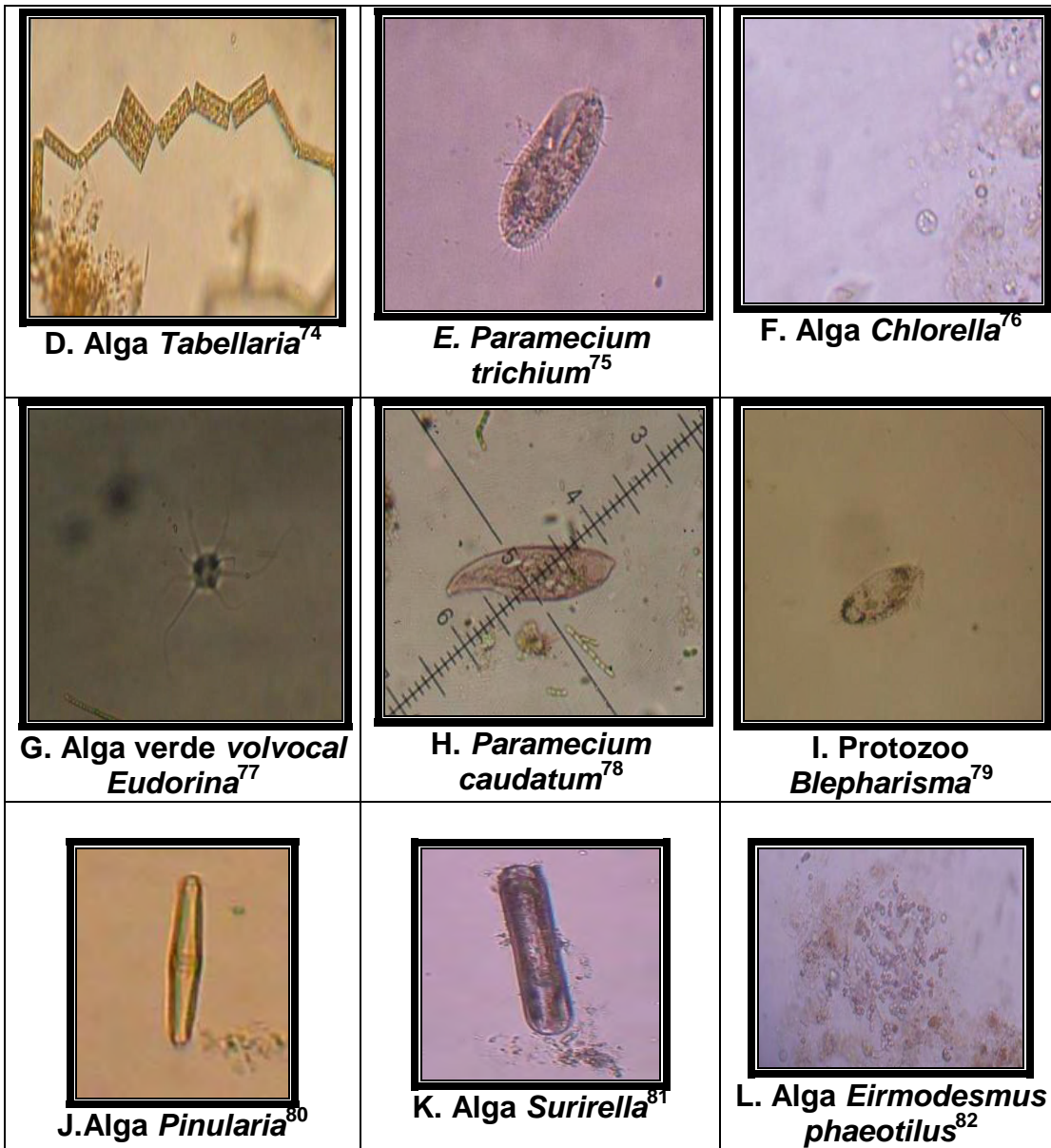
**Figura 22. Clasificación de infusorios de totora.**



<sup>71</sup> NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paul. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Capítulo 1: Algas. Editorial Reverté S.A. España. 1982. p. 10

<sup>72</sup> STREBLE, Heinz y KRAUTER, Dieter. Atlas de los microorganismos de agua dulce. Ediciones Omega S.A. Plató 26, Barcelona. 1987. p. 126

<sup>73</sup> NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paul. Op. cit., p. 14



<sup>74</sup> STREBLE, Heinz y KRAUTER, Dieter. Op. cit., p. 132

<sup>75</sup> Ibid., p. 244.

<sup>76</sup> NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paul. Op. cit., p. 131.

<sup>77</sup> STREBLE, Heinz y KRAUTER, Dieter. Op. cit., p. 340

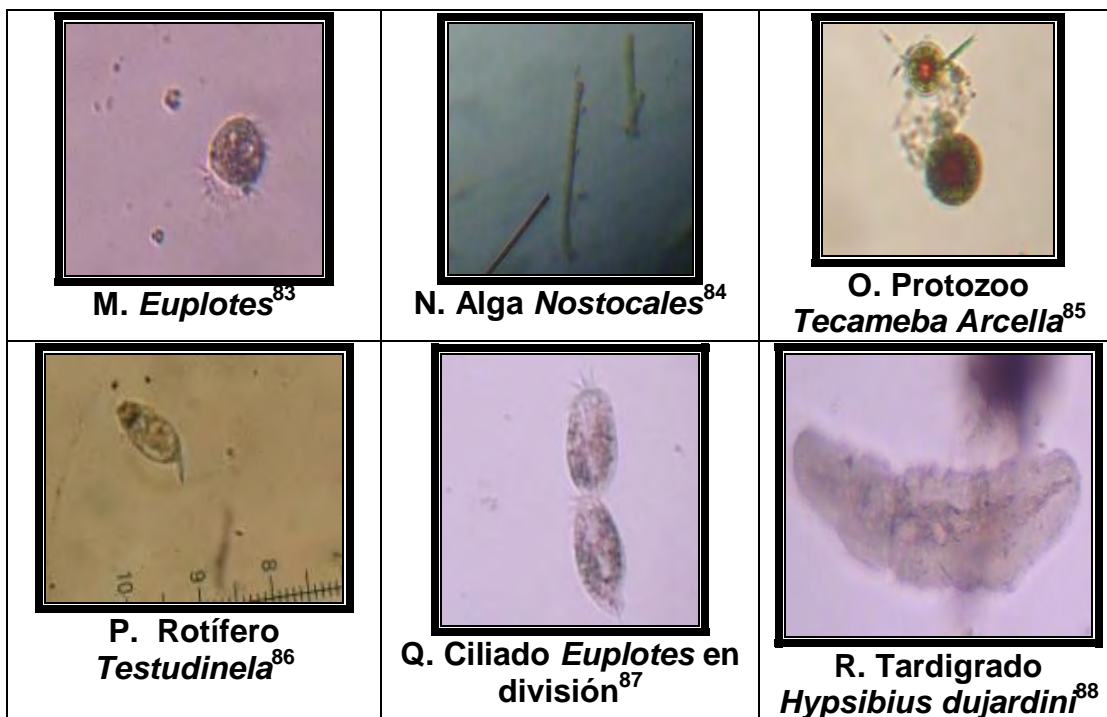
<sup>78</sup> Ibid., p. 244

<sup>79</sup> NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paul. Op. cit., p. 16

<sup>80</sup> WHITFORD, L.A. A manual of fresh-water algae. Publicado por: SPARKS PRESS. Raleigh, N.C. 1973. p. 275.

<sup>81</sup> NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paul. Op. cit., p. 10

<sup>82</sup> WHITFORD, L.A. Op. cit., p. 311.



La concentración de infusorios suministrada para el tratamiento T1 dependió del número de animales sobrevivientes para cada día. Se inició suministrando una concentración de 300 organismos/ml por cada comida, para un total suministrado por día de 10.030 organismos. El total de plancton suministrado en el período de estudio fue de 120.360 organismos aproximadamente (Anexo D).

**6.3.2. Nauplios de artemia.** La longitud del nauplio de artemia fue de 200  $\mu\text{m}$ , y el diámetro de 125  $\mu\text{m}$ . Según el conteo realizado, la concentración de nauplios de artemia suministrados al inicio fue de 60 nauplios/comida, un suministro diario de 1.942 organismos, para un total de 23.304 nauplios suministrados a las larvas en todo el período de estudio (Anexo D).

<sup>83</sup> NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paul. Op. cit., p 16.

<sup>84</sup> STREBLE, Heinz y KRAUTER, Dieter. Op. cit., p. 104.

<sup>85</sup> Ibid., p.340.

<sup>86</sup> NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paul. Op.cit., p 22.

<sup>87</sup> STREBLE, Heinz y KRAUTER, Dieter. Op.cit., p.340.

<sup>88</sup> Ibid., p. 340.



**Figura 23. Nauplio de artemia**



**6.3.3 Nauplios de copéodos.** Los nauplios de copéodos tuvieron una longitud de 175  $\mu\text{m}$ , y un diámetro de 150  $\mu\text{m}$  utilizando el micrómetro en el objetivo 4x. La concentración inicial suministrada fue de 60 nauplios/comida, para un total diario de 1510 y un total utilizado en el período de estudio de 18.120 nauplios aproximadamente (Anexo D).

**Figura 24. Nauplio de copéodo**



#### **6.4. VARIABLES EVALUADAS**

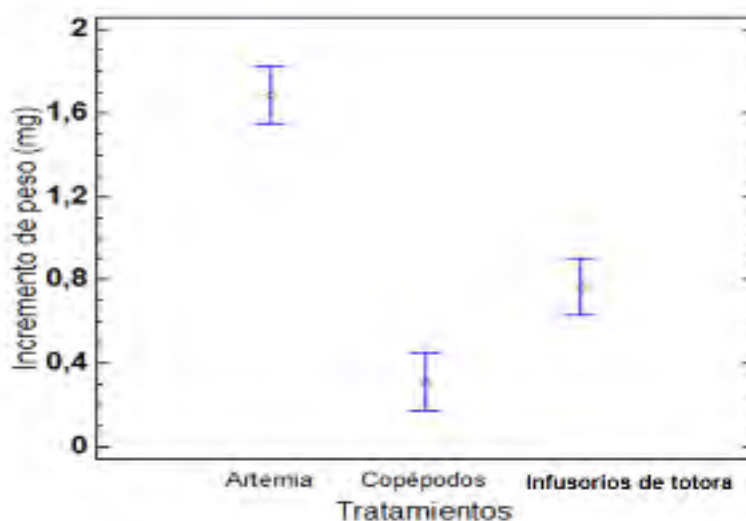
**6.4.1 Incremento de peso.** Se procedió a realizar el análisis de varianza de los datos de peso final (Anexo E), el cual establece que hay diferencias significativas entre tratamientos por lo cual se realizó la prueba de rangos múltiples con LSD, reportando que todos los tratamientos son diferentes entre sí, siendo el mejor el T<sub>2</sub> con un incremento de peso de 1,69 mg, seguido por T<sub>1</sub> con un incremento de peso de 0,77 mg y por último T<sub>3</sub> con un incremento de peso de 0,31 mg en un período de estudio de 15 días. (Tabla 6 y Figura 25)

**Tabla 6. Datos de incremento de peso según tratamientos.**

Tratamiento	Peso inicial (mg)	Peso final (mg)	Incremento de peso (mg)
1	3,54	4,31	0,77 <sup>a</sup>
2	3,59	5,28	1,69 <sup>b</sup>
3	3,59	3,90	0,31 <sup>c</sup>

Letras diferentes indican diferencias significativas LSD ( $p < 0,05$ )

**Figura 25. Gráfica de medias para incremento de peso**



Los resultados obtenidos en el T<sub>2</sub> se justifican debido a que la artemia salina es considerada como un excelente alimento vivo en larvicultura, por su pequeño tamaño de nauplio y metanauplio, su alto valor nutritivo de los nauplios recién eclosionados, su alto porcentaje de proteína y su alto coeficiente de digestibilidad.

En investigaciones con silúridos utilizando nauplios de artemia como primer alimento exógeno los mayores incrementos de peso reportados son los de Marciales et al<sup>89</sup>, presentando incrementos de peso de  $91,1 \pm 13,6$  mg para larvas de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* por un período de 15 días. Burbano y Caicedo<sup>90</sup>, presentaron incrementos de peso de  $5,61 \pm 1,02$  mg en post-larvas de *Rhamdia quelen* en un período de ocho días.

<sup>89</sup> MARCIALES, Lili. et al. 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 Ciencias Pecuarias. Vol 23. No 3. Medellín. Julio-Sept. 2010. p. 1.

<sup>90</sup> BURBANO, Roberto y CAICEDO, Carlos. Op. cit., p. 73.



Arias *et al*<sup>91</sup>, registraron un incremento de  $2,29 \pm 0,19$  mg en post-larvas de *R. sebae* en un período de 48 horas de ensayo; Ruales *et al*<sup>92</sup>, evaluando alimentación de post-larvas de *R. sebae* en sistemas controlados observaron un incremento de  $1,4 \pm 0,50$  mg durante cinco días consecutivos y Carneiro *et al*<sup>93</sup>, obtuvieron 1,9 mg de incremento de peso para la misma especie. Los resultados obtenidos en las anteriores investigaciones son similares al encontrado en éste estudio para el T<sub>2</sub> con un incremento de peso de 1,69 mg. Con lo anterior se puede concluir que *E. mutisii* posee un comportamiento similar en cuanto a incremento de peso al ser comparada con *R. sebae*, especie alimentada con la misma dieta. Sin embargo presenta diferencias notables en relación al incremento obtenido por *P. fasciatum* y *R. quelen*.

El incremento de peso obtenido con T<sub>3</sub> (nauplios de copépodos) de 0,31 mg es un valor inferior con respecto al T<sub>2</sub>. Lo anterior se justifica teniendo en cuenta que después de la reabsorción del saco vitelino, la larva a pesar de tener la capacidad de capturar la presa, no puede terminar de ingerirla y enviarla al tracto digestivo (Figura 26), por lo cual se presentó mortalidad por ahogamiento e inanición en algunas de las larvas. Según Prieto<sup>94</sup>, los nauplios de copépodos se consideran un excelente alimento para larvas de peces, aunque es determinante si la abertura de la boca al inicio de la alimentación exógena permite seleccionarlos. Es importante resaltar que para la selección del alimento vivo a suministrar como primera alimentación a *E. mutisii*, se debe tener en cuenta que este debe ser más reducido que el tamaño que su apertura bucal permita capturar.

El tipo de movimiento de los nauplios de artemia y copépodos pudo ser otro factor determinante a-l momento de la captura por parte de la post-larva, observándose que los nauplios de copépodos se movilizaban por pequeños saltos y con mayor velocidad, comparado con los nauplios de artemia los cuales se movilizaban mucho más lento realizando trayectorias -en forma de zig-zag.

---

<sup>91</sup> ARIAS, J. TOBAR, J. y MUÑOZ, F. Respuesta a la primera alimentación de larvas de barbilla *Rhamdia sebae* con tres diferentes tipos de dietas. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol 5. No. 1. Universidad del Cauca. Villavicencio, Colombia. 2007. p 50

<sup>92</sup> RUALES, Carlos., ZAPATA, Beatriz y VÁSQUEZ, Walter. Efectos de la primera alimentación en larvas de *Rhamdia* sobre la ganancia de peso y longitud. En: Revista Lasallista de Investigación. Vol 6. No 2. Caldas. Julio-Dic. 2009. p.1

<sup>93</sup> CARNEIRO, P.C., MIKOS, D., SCHORER, M. Live and formulated diet evaluation through initial growth and survival of Jundiá larvae, *Rhamdia quelen*. En: Scientia Agricola. Vol. 60. No.4. 2003. p. 615.

<sup>94</sup> PRIETO, Martha y ATENCIO, Victor. Op. cit., p. 1420.

**Figura 26. Larva de *E. mutisii* con acumulación de nauplios de copepodos en el esófago**



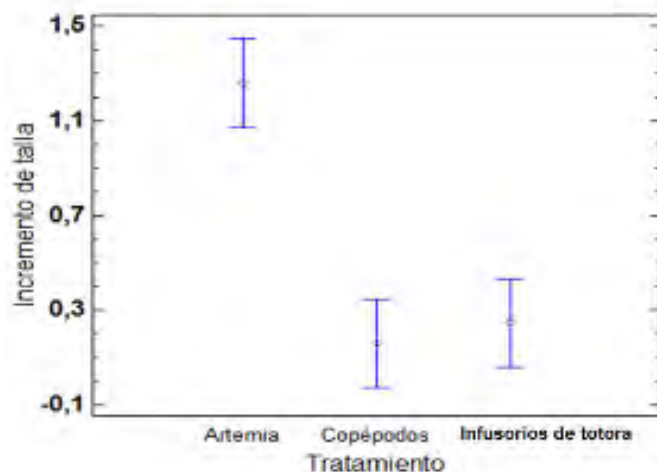
**6.4.2 Incremento de talla.** Se realizó el análisis de varianza de los datos de incremento de talla (Anexo F) el cual establece que hay diferencias significativas por lo cual se realizó la prueba múltiple de rangos con LSD al 95% de confianza, reportando al T<sub>2</sub> como el de mejores resultados con un incremento de talla de 1,26 mm, seguido por T<sub>1</sub> con un incremento de 0,25 mm y por último el T<sub>3</sub> con un incremento de 0,16 mm en un período de estudio de 15 días. El análisis de múltiple rango ( $p < 0,05$ ) demostró que los tratamientos 1 y 3 son similares, mientras que el tratamiento 2 es diferente y superior con respecto a los demás. (Tabla 7 y Figura 27)

**Tabla 7. Datos de incremento de talla según tratamiento**

Tratamiento	Talla inicial (mm)	Talla final (mm)	Incremento de talla (mm)
1	4,62	4,87	0,25 <sup>a</sup>
2	4,65	5,91	1,26 <sup>b</sup>
3	4,34	4,5	0,16 <sup>a</sup>

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

**Figura 27. Gráfica de medias para incremento de talla**



En ensayos de primera alimentación con nauplios de artemia Marciales *et al*<sup>95</sup>, reportan un incremento de talla de  $17.3 \pm 1.1$  mm para larvas de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* por un período de 15 días. Valores inferiores tuvieron Carneiro, *et al*<sup>96</sup>, evaluando ejemplares de *Rhamdia sebae* obteniendo un incremento de 6.64 mm en un período de seis días; Burbano y Caicedo<sup>97</sup>, reportando un incremento de  $3,87 \pm 1,11$  mm en post-larvas de *Rhamdia quelen*, en un período de ocho días; Muñoz *et al*<sup>98</sup>, encontrando un incremento para *R. sebae* de 2,33 mm; Ruales *et al*<sup>99</sup>, obtuvieron un incremento de  $1,12 \pm 0,84$  mm en ejemplares de *R. sebae* en sistemas controlados en un período de estudio de cinco días consecutivos, siendo este estudio similar a esta investigación obteniendo un valor de 1,26 mm de incremento en larvas de *E. mutisii*. En ésta variable también comparten similitud en cuanto al lento crecimiento con *R. sebae*. Carneiro *et al*, explica ésta condición como "Razones de diferencia intraespecífica, como la genética de la especie, puede explicar las variaciones en las ganancias de peso y longitud."<sup>100</sup>; al igual que Valderrama<sup>101</sup>, afirma que la especie *E. mutisii* tiene un crecimiento relativamente lento ( $L_{\infty} = 329$  mm). "Talla asintótica (longitud del pez cuando se aproxima a la longitud teórica máxima ( $L_{\infty}$ ) o longitud asintótica)"<sup>102</sup>.

<sup>95</sup> MARCIALES, Lili. *et al*. Op. cit., p. 1.

<sup>96</sup> CARNEIRO, P.C., MIKOS, D., SCHORER, M. Op. cit., p. 615.

<sup>97</sup> BURBANO, Roberto y CAICEDO, Carlos. Op. cit., p. 73.

<sup>98</sup> ARIAS, J. TOBAR, J. y MUÑOZ, F. Op. cit., p. 50

<sup>99</sup> RUALES, Carlos., ZAPATA, Beatriz y VÁSQUEZ, Walter. Op. cit., p.1.

<sup>100</sup> CARNEIRO, P.C., MIKOS, D., SCHORER, M. Op. cit., p. 615.

<sup>101</sup> VALDERRAMA, Mauricio. Op. cit., p. 95.

<sup>102</sup> FAO. Seguimiento de una clase anual no explotada. En: Introducción a la dinámica de poblaciones. Producido por: Departamento de Pesca . Disponible en URL: <http://www.fao.org/docrep/003/T0169S/T0169S02.htm>

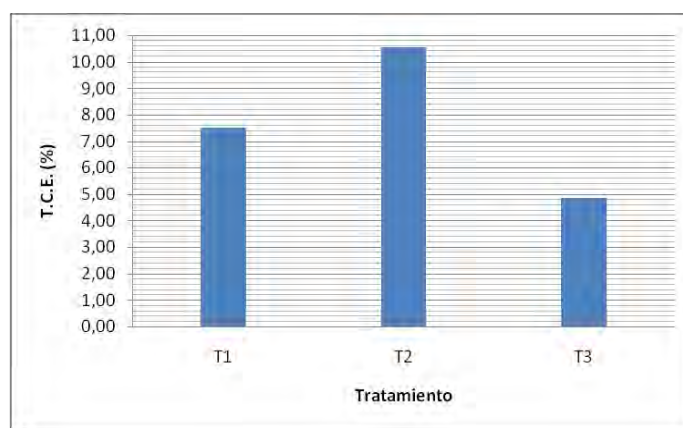
El tamaño de la larva al inicio de su primera alimentación exógena es otro de los factores que influyen en la asimilación de su alimento. En la especie *P. fasciatum* la longitud reportada en su primera alimentación fue de  $5,82 \pm 0,19$  mm según Padilla<sup>103</sup>; longitud mucho mayor con respecto a otras especies estudiadas por Arias *et al*<sup>104</sup>, los cuales determinaron  $4,91 \pm 0,13$  mm en larvas de *R. sebae* y en larvas de *Rhamdia quelen*  $4,78 \pm 0,46$  mm en estudios realizados por Burbano y Caicedo<sup>105</sup>. Las larvas de la especie *E. mutisii* tienen la menor longitud con respecto a las demás especies, reportando un valor de 4,53 mm.

**6.4.3 Tasa de crecimiento específica.** Se procedió a calcular la tasa de crecimiento específica (Anexo G) con el valor de la raíz cuadrada de los datos, el cual establece que el tratamiento que reportó los mejores resultados fue el T<sub>2</sub> con una T.C.E. de 10,55%, seguido por T<sub>1</sub> con 7,52% y por último T<sub>3</sub> con 4,85% en un período de estudio de 15 días. (Tabla 8 y Figura 28).

**Tabla 8. Tasa de crecimiento específica según tratamientos.**

Tratamiento	T.C.E. (%)
1	7,52
2	10,55
3	4,85

**Figura 28. Tasa de crecimiento específica según tratamientos**



<sup>103</sup> PADILLA, Palmira. ALCÁNTARA, Fernando y ORBE, Rosa. Reproducción inducida de la doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y Desarrollo embrionario - larval. En: Revista Folia Amazónica. Vol. 12 (1-2). 2001. p. 141.

<sup>104</sup> ARIAS, J. TOBAR, J. y MUÑOZ, F. Op. cit., p. 50

<sup>105</sup> BURBANO, Roberto y CAICEDO, Carlos. Op. cit., p. 54

Burbano y Caicedo<sup>106</sup>, alimentando post-larvas de *Rhamdia quelen* con nauplios de artemia obtuvieron una tasa de crecimiento de 70,13%/día mientras que Arias, Muñoz y Tobar<sup>107</sup>, obtuvieron valor de 114,5% alimentando larvas de *Rhamdia sebae* con el mismo alimento. Hernández *et al*<sup>108</sup>, obtuvieron un valor 63,42%/día en alimentación de larvas de *Rhamdia quelen*. En esta investigación el mayor porcentaje de tasa de crecimiento para post-larvas de la especie *E. mutisii* fue de 10,55%/día, valor muy inferior al obtenido con las anteriores especies mencionadas. Esto se debe a los bajos incrementos de peso obtenidos durante el período de estudio.

**6.4.4 Sobrevivencia.** Para evaluar la sobrevivencia se empleó la prueba para homogeneidad de binomiales simples de Snedecor-Irvin (Anexo H), con el fin de determinar si el porcentaje de sobrevivencia se encuentra influenciado por los tratamientos. Realizado los respectivos cálculos de la  $\chi^2$  calculada con los valores de sobrevivencia, mortalidad, total de animales por tratamiento y total de animales utilizados en el proyecto se obtuvo un valor de 4,20; el valor de la  $\chi^2$  tabulada se obtuvo con los grados de libertad (2) a un nivel de 0,05. Este valor es de 7,37. Se concluye que valor de  $\chi^2$  calculada es menor a  $\chi^2$  tabulada, por lo cual se acepta la hipótesis nula en la cual la mortalidad es independiente del tratamiento.

**Tabla 9. Porcentaje de sobrevivencia**

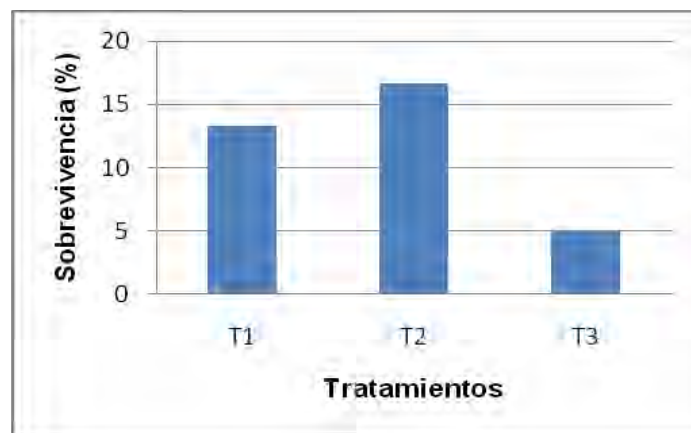
Tratamiento	Sobrevivencia (%)
1	13,3
2	16,7
3	5

<sup>106</sup> BURBANO, Roberto y CAICEDO, Carlos. Op. cit., p. 79.

<sup>107</sup> ARIAS, J. TOBAR, J. y MUÑOZ, F. Op. cit., p.333.

<sup>108</sup> HERNÁNDEZ, *et al*. Evaluación de diferentes dietas en la primera alimentación del bagre sudamericano (*Rhamdia quelen*). En: IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. Argentina. 2006. p.1153.

**Figura 29. Porcentaje de sobrevivencia por tratamientos**



En este ensayo de primera alimentación con la especie *E. mutisii* los porcentajes de sobrevivencia fueron relativamente bajos. Padilla, *et al*<sup>109</sup>, estudiando larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum* en acuarios de vidrio con ventilación constante y alimentadas con nauplios de *Artemia salina*, solo pudieron mantenerlas por 10 días. Marciales, *et al*<sup>110</sup>, obtuvieron una sobrevivencia de  $42,1 \pm 9.3\%$  en larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum* en 15 días. Burbano y Caicedo<sup>111</sup>, tuvieron una sobrevivencia de 65,33% con larvas de *Rhamdia quelen* alimentadas por ocho días. Nuñez *et al*<sup>112</sup>, reportan que larvas de *P. fasciatum* alimentadas con zooplancton natural y *Artemia*, presentaron tasas de sobrevivencia superiores al 60% en todos los casos, hasta los 15 días post-eclosión (dpe). Ruales, Zapata y Vásquez<sup>113</sup>, tuvieron mejor porcentaje de sobrevivencia alimentando larvas de *Rhamdia sebae* con 64.33%. Atencio *et al*<sup>114</sup>, han observado que los bajos porcentajes de sobrevivencia en silúridos se pueden deber a factores como "poco conocimiento de su hábitat y hábitos alimenticios en sistemas naturales, además de la presencia de canibalismo en sus primeras etapas"; a excepción del *E. mutisii* el cual a pesar de ser una especie perteneciente al orden de los siluriformes, no presenta este comportamiento.

Según Rosado, "en larvicultura de siluridos específicamente los bajos porcentajes de sobrevivencia son una constante, lo cual puede estar asociado a múltiples factores biológicos, microbiológicos, ambientales, nutricionales, fisiológicos,

<sup>109</sup> PADILLA, Palmira. ALCÁNTARA, Fernando y ORBE, Rosa. Reproducción inducida de la doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y Desarrollo embrionario - larval. En: Revista Folia Amazónica. Vol. 12 (1-2). 2001. p. 151.

<sup>110</sup> MARCIALES, Lili. *et al.* Op. cit., p. 1.

<sup>111</sup> BURBANO, Roberto y CAICEDO, Carlos. Op. cit., p. 75.

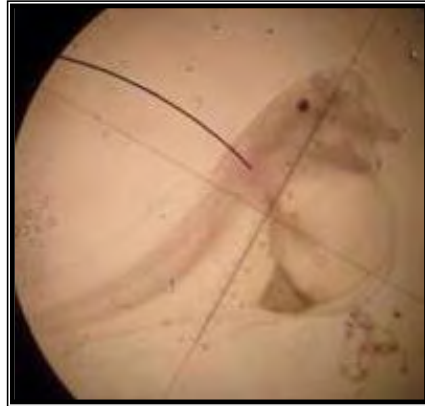
<sup>112</sup> NUÑEZ J, *et al.* Op. cit., p. 770.

<sup>113</sup> RUALES, Carlos., ZAPATA, Beatriz y VÁSQUEZ, Walter. Op. cit., p.1

<sup>114</sup> ATENCIO *et al.* Op. cit., p. 9-16

muchos por descifrar. Las larvas son un problema por el tamaño y porque se desconoce todo sobre la forma de manejarlas."<sup>115</sup>

**Figura 30. Larva de *E. mutisii* con burbuja de gas en la vesícula vitelina**



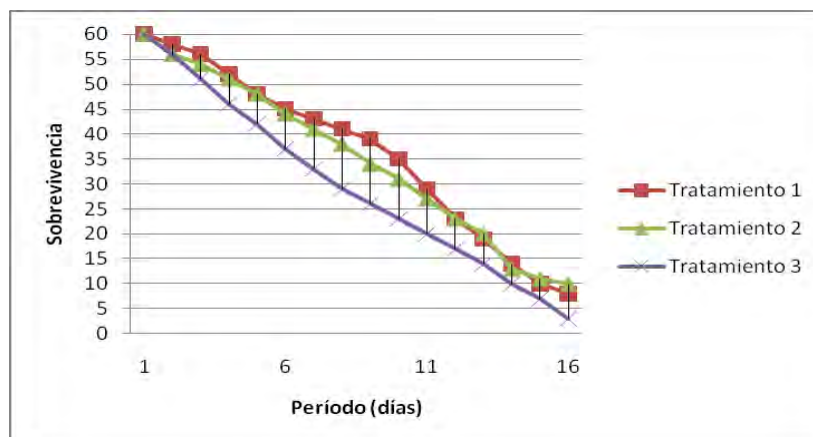
La gran mayoría de los animales presentaron inflamación cerca a la vesícula vitelina (Figura 30). Según Gorham citado por Roberts<sup>116</sup>, ésta enfermedad es conocida como la enfermedad de las burbujas de gas, descrita por primera vez en 1898 la cual se presentó en peces de acuario. Recientemente ha sido identificada en una amplia variedad de especies de cría y bajo un gran número de circunstancias. Ésta enfermedad está asociada a la sobresaturación de oxígeno o de nitrógeno en el agua. En aguas naturales se relaciona con la proliferación de algas que generan excesivos niveles de gases disueltos, aunque el mecanismo fisiológico de éste síndrome no ha sido completamente aclarado a pesar de su gran importancia en cultivos de peces. El mismo autor<sup>117</sup>, afirma que se han atribuido pérdidas de alevines de salmónidos a una amplia variedad de sustancias en el agua, condiciones que pueden causar deformaciones por distensión del saco vitelino.

<sup>115</sup> Comunicación personal. ROSADO, Rafael. Biólogo marino, M.Sc, Gerente- Propietario de Truchas de la Sierra.

<sup>116</sup> ROBERTS, Ronald. Capítulo 11. Enfermedades no infecciosas. En: Patología de peces. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 1981. p. 263-264.

<sup>117</sup> Ibid., p. 265.

**Figura 31. Curva de tendencia de la variable sobrevivencia**



La tendencia de la curva de sobrevivencia es inversa al período de estudio. Este mismo comportamiento lo registraron Pahi<sup>118</sup>, y Burbano<sup>119</sup>, evaluando fase post-larval de capaz (*Pimelodus grosskopfii*) y bagre del Patía (*Rhamdia quelen*), en la cual transcurrido más tiempo de evaluación la sobrevivencia disminuye.

**6.4.5 Análisis parcial de costos.** Al final del estudio y con base en los costos parciales obtenidos durante el periodo experimental para cada tratamiento se estableció la relación beneficio costo y el mejor de los tratamientos desde el punto de vista económico (Tabla 10 y 11). El tratamiento que reportó los mayores gastos fue el T<sub>2</sub> por la utilización de quistes de artemia salina que en su proceso de descapsulación implicó la utilización de más materiales comparado con el mantenimiento de infusorios y los nauplios de copépodos. Este gasto es justificable por los mejores resultados logrados para esta investigación. En cuanto a la relación beneficio-costo, debido a los bajos valores de sobrevivencia y a los gastos reportados por tratamiento, estos valores son muy bajos no aproximándose a 1 que es lo recomendable para ser económicamente viables.

<sup>118</sup> PAHI, Ana María. Evaluación de tres dietas (microcosmos, artemia, microencapsulados) en la primera alimentación de larvas de capaz (*Pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879). Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. 2010. p. 56.

<sup>119</sup> BURBANO, Roberto y CAICEDO, Carlos. Op. cit., p. 76



**Tabla 10. Costos parciales por tratamiento del Capitán de la sabana.**

ITEM	T1			T2			T3		
	Vr unidad	Cant	Vr total	Vr unidad	Cant	Vr total	Vr unidad	Cant	Vr total
Artemia Salina				150.000	10 gr	30.000			
Hormona EPC (mg)	1000	0,93	1075	1000	0,93	1.075	1000	0,93	1.075
Recipientes plásticos	781	3	2343	781	3	2343	781	3	2343
Plástico negro	500	2 mts	1000		2 mts	1000		2 mts	1000
Termostatos				27.000	1	28.000			
Blowers de 2 salidas	22.000	1	22.000	22.000	1	22.000	22.000	1	22.000
Termómetros	4000	1	4000	4000	1	4000	4000	1	4000
Acuarios	27.000	1	27.000	27.000	1	27.000	27.000	1	27.000
Piedras difusoras	300	2	600	300	2	600	300	2	600
Tee	300	3	900	300	3	900	300	3	900
Tablas ordinarias	6000	2	12.000	6000	2	12.000	6000	2	12.000
Manguera acuario	300	6	1800	300	6	1800	300	6	1800
Transporte de Copépodos							20.000	1	20.000
Transporte de Totora (Obtención de macrocosmos)	3000	1	3000						
<b>TOTAL</b>			<b>75.718</b>			<b>130.718</b>			<b>92.718</b>

**Tabla 11. Análisis de relación beneficio - costo.**

Tratamiento	Costo Parcial	Sobrevivencia	Precio post-larva	Ingreso Bruto	Ingreso Neto	Beneficio- Costo
T1	75.718	8	500	4000	-71.718	0,0528
T2	130.718	10	500	5000	-125.718	0,0383
T3	92.718	3	500	1500	-91.218	0,0162

Rosado manifiesta que: "no se ha realizado cálculo del posible costo de un alevino de capitán, ni relación beneficio-costo básicamente porque los resultados de producción no lo justifican"<sup>120</sup>.

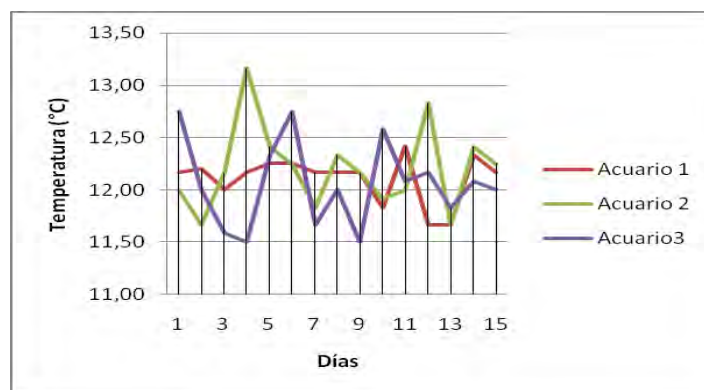
<sup>120</sup> Comunicación personal. ROSADO, Rafael. Biólogo marino, M.Sc, Gerente- Propietario de Truchas de la Sierra.

## 6.5. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.

Se realizó un seguimiento de los parámetros de temperatura, oxígeno y pH del agua utilizada para éste proyecto de investigación, de los cuales se obtuvieron los siguientes datos:

**6.5.1 Temperatura.** Se monitoreó la temperatura siete veces al día, obteniéndose un rango de variación durante el período de estudio (15 días) entre 11,5 a 13,17°C (Anexo I). Rosado<sup>121</sup>, recomienda una temperatura mayor, la cual está en el límite máximo de los 16°C trabajado en condiciones de laboratorio. Cruz y Pinto<sup>122</sup>, evaluando fotoperíodo en larvas de *E. mutisii* registraron rangos de 13 a 13,5°C en condiciones de laboratorio.

**Figura 32. Registro de temperatura por acuarios**



**6.5.2 Oxígeno disuelto.** Los valores de éste parámetro se determinaron dos veces en todo el período de estudio, obteniéndose un rango de 6 a 6,5 mg/lit (Anexo J). Cruz y Pinto<sup>123</sup>, registraron valores promedio 5,35 mg/lit en condiciones de laboratorio, razón por la cual es menor al obtenido en ésta investigación. A pesar de ésta diferencia en las dos investigaciones, los valores son adecuados para la sobrevivencia teniendo en cuenta que el capitán es una especie eurohipóxica, sobreviviendo a bajas concentraciones de oxígeno. Pineda<sup>124</sup>, reporta valores promedio de 3,3 mg/lit en condiciones naturales, propias del hábitat léntico y béntico de la especie.

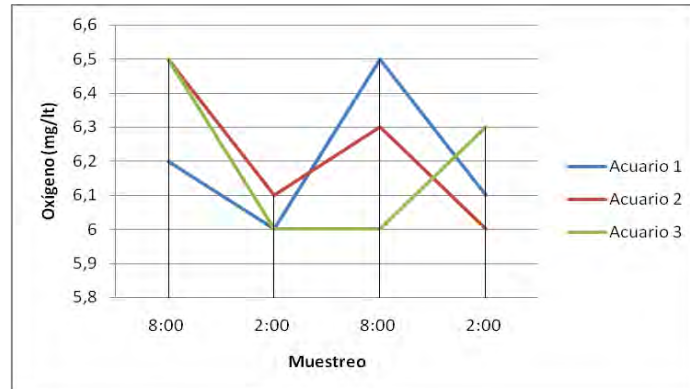
<sup>121</sup> ROSADO, Rafael. Op. cit., p. 236.

<sup>122</sup> CRUZ, Dario y PINTO Andrés. Op. cit., p. 48

<sup>123</sup> CRUZ, Dario y PINTO Andrés. Op. cit., p. 48

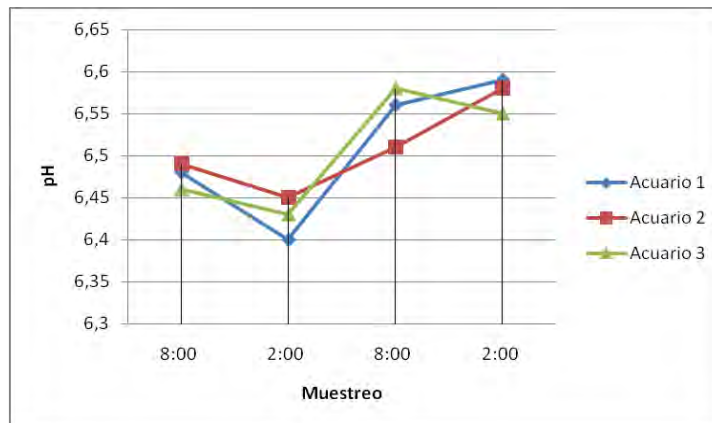
<sup>124</sup> PINEDA N y FLORES A. Límites de tolerancia y consumo de oxígeno del pez capitán de la sabana *E. mutisii* (Humboldt, 1805) a diferentes temperaturas de aclimatación. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Biología. Bogotá. 1983. p. 23

**Figura 33. Registro de oxígeno por acuarios**



**6.5.3. pH.** Los datos de pH obtenidos de 6,4 a 6,6 son de aguas ligeramente ácidas, con valores menores a 7 el cual indica un pH neutro. Velandia *et al*<sup>125</sup>, registraron valores de 6,8 en estudios para ésta especie considerándolos normales. Benavides y Ortega<sup>126</sup>, encontraron que en el medio natural de los ejemplares (Laguna de la Cocha) el rango de pH se encuentra en valores menores o iguales a 5,21 razón por la cual el valor obtenido en ésta investigación se encuentra en los valores apropiados para el estudio de la especie en condiciones de laboratorio.

**Figura 34. Valores de pH**



<sup>125</sup> VELANDIA, G y SÁNCHEZ, J. Hábitos alimenticios y vida reproductiva del capitán de la sabana (*E. mutisi*) del tramo del río Bogotá en el municipio de Suesca, Cundinamarca, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias. Programa de Biología. Bogotá. 2001. p.52

<sup>126</sup> BENAVIDES, Jorge y ORTEGA, Carolina. Op. cit., p. 73.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

- El mejor tratamiento en cuanto a la evaluación de las variables de peso y talla fue T<sub>2</sub> utilizando nauplios de artemia como primera alimentación exógena en post-larvas de *E mutisii*.
- La variable incremento de peso reportó los mejores resultados en el T<sub>2</sub> con un incremento de 1,69 mg.
- El tratamiento que reportó los mejores resultados en cuanto a incremento de talla también coincide con la alimentación con nauplios de artemia, obteniendo un valor de 1,26 mm.
- La tasa de crecimiento específica reportó los mejores resultados con el T<sub>2</sub> (alimentación de post-larvas con nauplios de artemia) con un valor de 10,55% en un período de estudio de 15 días. Este valor es inferior a los encontrados en otras investigaciones, y se justifica por los bajos incrementos de peso obtenidos por la especie en ésta investigación.
- El mejor resultado en cuanto a la variable sobrevivencia fue con el T<sub>2</sub> con un valor 16,7%. No se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, debido a que la sobrevivencia de la especie en la etapa de larvicultura es baja suministrándose cualquier clase de alimento. La especie con relación a otras especies de siluridos presenta la ventaja de la ausencia de canibalismo en la fase de larvicultura.
- La relación beneficio-costo no sobrepasó el valor de 1, por lo cual los tratamientos no son viables económicamente en ésta investigación, influenciando específicamente la baja sobrevivencia de las post-larvas.
- La larva a pesar de tener la capacidad de capturar la presa, no pudo terminar de ingerirla ni enviarla al tracto digestivo, por lo cual se presentó mortalidad por ahogamiento e inanición.

## 7.2 RECOMENDACIONES

- Seguir realizando investigaciones sobre primera alimentación en ésta especie para el desarrollo de paquetes tecnológicos de cultivo en sus primeras fases.
- Se recomienda trabajar con diferentes rangos de temperatura en la fase post-larvas junto con la primera alimentación.
- Evaluar los parámetros físico-químicos-biológicos, específicamente verificando más detalladamente los niveles de oxígeno y de amonio del agua utilizada para los diferentes proyectos en ésta especie.
- Implementar en la primera alimentación protocolos de enriquecimiento para obtener mejores resultados.
- Utilizar probiótico en el agua para la fase de post- larvas, para verificar si se pueden mejorar las variables productivas de esta especie.

## 8. BIBLIOGRAFÍA.

ALCALÁ, A y ORTEGA, A. Influencia de la densidad de siembra y la alimentación en la larvicultura del bagre blanco *Sorubim cuspicaudus* (Littmann, Burr & Nass, 2000). [Trabajo de Pregrado]. Montería, Colombia: Universidad de Córdoba; 2002. Citado por: PRIETO, Martha y ATENCIO, Victor. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. En: Revista MVZ Córdoba, vol. 13, no. 2. Universidad de Córdoba. Colombia. Mayo-agosto. 2008. p. 1415-1425.

ALVAREZ-LEÓN, Ricardo. Asociaciones y patologías en los peces Dulceacuícolas, estuarinos y marinos de Colombia: aguas libres y controladas\*. En: Boletín Científico - Centro de Museos - Museo de Historia Natural. Vol. 11, enero - diciembre, 2007. p. 81 - 129.

ARIAS, J. TOBAR, J. y MUÑOZ, F. Respuesta a la primera alimentación de larvas de barbilla *Rhamdia sebae* con tres diferentes tipos de dietas. En: Revista colombiana de ciencias pecuarias. Vol 5. No. 1. Universidad del Cauca. Villavicencio, Colombia. 2007. 332-333 p.

ATENCIO, Víctor., *et al.* Manejo de la primera alimentación del Bocachico (*Prochilodus magdalenae*). En: Rev MVZ Córdoba 2003a; 8(1): 254-60. Citado por: PRIETO, Martha y ATENCIO, Victor. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. En: Revista MVZ Córdoba, vol. 13, no. 2. Universidad de Córdoba. Colombia. Mayo-agosto. 2008. p. 1415-1425

BENAVIDES, Jorge y ORTEGA, Carolina. Evaluación de la gonadotropina coriónica humana (HCG) y el extracto pituitario de carpa (EPC) en la reproducción inducida del capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805) en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado (Ingeniería en producción Acuícola). Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Ingeniería en producción acuícola. Pasto, Colombia. 2005. 93 p.

BONILLA, Rocío. *et al.* Histología y morfometría de piel del pez *Eremophilus mutisii* (Trychomectericidae, Siluriformes). En: Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744). Vol. 56 no. (2). 2008. p. 885-893

BURBANO, Roberto y CAICEDO, Carlos. Evaluación de la primera alimentación de post-larvas de bagre del patía *Rhamdia quelen* (Quoy y Gaimard, 1824 ) con diferentes tipos de dietas. Trabajo de grado (Ingeniería en producción acuícola). Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias. Ingeniería en producción acuícola. Pasto, Colombia. 2008. 137 p.

CARNEIRO, P.C., MIKOS, D., SCHORER, M. Live and formulated diet evaluation through initial growth and survival of Jundiá larvae, *Rhamdia quelen*. En: Scientia Agricola. Vol. 60. No.4. 2003. p. 615-619.

CASTRO B. T. 1993. Biología y Cultivo de Artemia franciscana en el ex Lago de Texcoco, de Ecatepec, Estado de Mexico, Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias UNAM, 72 p.

CHAPARRO, Nicolás. Capítulo 7. Selección de reproductores. En: Reproducción artificial y manipulación genética en peces. Primera edición. Editorial Mejoras. Barranquilla, Cartagena. 1994. 208 p.

CRUZ, Dario. y PINTO, Andrés. Evaluación del efecto del fotoperíodo en la fase de larvicultura del capitán de la sabana *Eremophilus mutisii*. Trabajo de grado (Ingeniero en producción Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Ingeniería en producción Acuícola. Pasto, Nariño. 2012. 89 p.

FAO. Seguimiento de una clase anual no explotada. En: Introducción a la dinámica de poblaciones. Producido por: Departamento de Pesca . Disponible en URL: <http://www.fao.org/docrep/003/T0169S/T0169S02.htm>

GONZALEZ, Julio y ROSADO, Rafael. Reproducción inducida con hormonas en *Eremophilus mutisii* Humboldt, 1805 (Pisces: Trichomycteridae) en Guasca, Cundinamarca, Colombia. En: Revista de Investigación, Vol. 5 (2). Diciembre 2005. Facultad de Zootecnia. Universidad de la Salle. Bogotá. 2005. p. 233-240

HAGIWARA A, Gallardo WG, Assavaaree M, Kotani T, Araujo AB. Live food production in Japan: recent progress and future aspects. Aquaculture 2001 200: 111-127.

HERNÁNDEZ, et al. Evaluación de diferentes dietas en la primera alimentación del bagre sudamericano (*Rhamdia quelen*). En:\_IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. Argentina. 2006. p.1153.

INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT – IAvH; WORLD WILDLIFE FUND – WWF COLOMBIA y ASOCIACION PARA EL DESARROLLO CAMPESINO – ADC. Proyecto de incentivos para la Laguna de la Cocha como sitio Ramsar. Informe final primera fase. Noviembre, 2004. 214 p.

KOLKOVSKI, S y DABROWSKI, D. Diets for fish larvae present state of art. World Aquacult. Symp. Sydne y Australia. World, Aquacult. Soc., 1999 Australia, p 406.

LOPEZ, T. N. A. 1998 Densidad optima de alimento vivo para larvas de camarón rosado *Pinaeus duorarum* Burkenroad, 1939, y su posible sustitución con alimento microencapsulado, Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. 78 p.

MARCIALES, LILI. *et al.* Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de larvas de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linneaus, 1766) alimentadas con alimento vivo natural y enriquecido con ácidos grasos. En: Revista Colombiana Ciencias Pecuarias. Vol 23. No 3. Medellín. Julio-Sept. 2010. 13 p.

MARCUCCI, Rafael. Reproducción inducida y descripción general del desarrollo embrionario del pez Capitán de la Sabana (*Eremophilus mutisii*, Humboldt, 1805). Trabajo de grado, Zootecnista. Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia. Bogotá D.C. 2005. 160 p.

MCKINNON AD, Duggan S, Nichols PD, Rimmer MA, Semmens G, Robino B. The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in aquaculture. *Aquaculture* 2003; 223(1/4): 89-106 p.

MOJICA, J. I., *et al.* Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia y Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia. 2002. En: [http://www.humboldt.org.co/conservacion/peces\\_amenazados2.htm](http://www.humboldt.org.co/conservacion/peces_amenazados2.htm)

MOLINA, A. J. Estudio exploratorio. Copépodos en el lago de tota. Etapa II Boyacá Colombia. Presentado en: XX Congreso Nacional de Ciencias Biológicas, Bogotá, Octubre. 1985. p. 10-12.

MONTEJO, John. ROSADO, Rafael; y GONZALEZ, Julio. Evaluación del semen de capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* (Pisces:Trichomycteridae). En: *Dahlia. Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.* vol. 5. 2002. p. 42.

MONTENEGRO, Carlos y MOLINA Javier. Registro morfo taxonómico de crustacea "Copepoda" en el lago Guamuéz La Cocha. Nariño. (*Boeckella gracilis*). Trabajo de investigación en beneficio de la región y el desarrollo del departamento de Nariño.. 1988. pág. 8 - 14.

NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paul. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Capítulo 1: Algas. Editorial Reverté S.A. España. 1982. 131 p.

ORTEGA, Alba y RODRIGUEZ, Julio. Evaluación comparativa del efecto del extracto pituitario de carpa (EPC) y gonadotropina corionica humana (HCG) en la reproducción inducida del bagre del Patía (*Rhamdia quelen*) en condiciones de



cautiverio. Trabajo de grado (Ingeniería en producción acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Ingeniería en producción acuícola. Pasto, Colombia. 2004. 121 p.

PADILLA, Palmira. ALCÁNTARA, Fernando y ORBE, Rosa. Reproducción inducida de la doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y Desarrollo embrionario - larval. En: Revista Folia Amazónica. Vol. 12 (1-2). 2001. p. 141-152.

PAHI, Ana María. Evaluación de tres dietas (microcosmos, artemia, microencapsulados) en la primera alimentación de larvas de capaz (*Pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879). Trabajo de grado (Ingeniero en producción acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de ingeniería en producción acuícola. Pasto. 2010. 82 p.

PINEDA N y FLORES A. Límites de tolerancia y consumo de oxígeno del pez capitán de la sabana *E. mutisii* (Humboldt, 1805) a diferentes temperaturas de aclimatación. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad nacional de Colombia. Facultad de Biología. Bogotá. 1983. 35 p.

PINTO, Gloria., *et al.* Aspectos reproductivos del pez *Eremophilus mutisii* (*Siluriformes: Trychomictoridae*) en un tramo del río Bogotá cerca de Suesca (Cundinamarca, Colombia). En: Rev Colomb Cienc Pecu. vol. 21. Memorias IV Congreso Colombiano de Acuicultura: Reproducción. 2008. p. 455-522.

PORTELLA MC, Tasser MB, Jomori RK, Carneiro DJ. Substituição do Alimento Vivo na Larvicultura In: Memorias de Simposio Brasileiro de Aqüicultura, 2002, Goiânia –Go. Anais; Goiânia.

PRIETO, M., *et al.* Alimento vivo en la larvicultura de peces marinos: copépodos y mesocosmos. En: Revista MVZ. Universidad de Córdoba. Córdoba 11. Supl (1). 2006. p. 30-36.

RAMIREZ-MERLANO, Juan. *et al.* Utilización de organismos vivos como primera alimentación de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) bajo condiciones de laboratorio. En: Revista ORINOQUIA - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia. Vol 14. No 1. 2010. p. 50.

RHODES, M.A y PHELPS, R.P. Ciliated Protozoans as Alternative Live Food for First Feeding Red Snapper, *Lutjanus campechanus*, Larvae. En: 57 Proceedings of the Fifty Seventh Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute. St. Petersburg, Florida USA. 2004. p. 963-974.

ROBERTS, Ronald. Capítulo 11. Enfermedades no infecciosas. En: Patología de peces. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 1981. 367 p.

RODRÍGUEZ. A, MONTAÑO . E y RODRÍGUEZ J. Evaluación preliminar de las patologías cutáneas asociadas con la aclimatación en cautiverio del “capitán de la sabana”, *Eremophilus mutisii*). En: Acta Biol.Colomb. v.10. n.2 Bogotá. 2005

RODRIGUEZ, José y MOJICA, Hermes. Reproducción y manejo de silúridos en cautiverio. En: Reproducción de los peces en el trópico. INCODER y Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bogotá. 2005. p. 105-122.

ROSADO, Rafael. Biólogo marino, M.Sc, Gerente - Propietario de Truchas de la Sierra.

RUALES, Carlos., ZAPATA, Beatriz y VÁSQUEZ, Walter. Efectos de la primera alimentación en larvas de *Rhamdia* sobre la ganancia de peso y longitud. En: Revista Lasallista de Investigación. Vol 6. No 2. Caldas. Julio-Dic. 2009. 12 p.

SIPAUBA. Tavares LH, Rocha O. Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos. São Carlos (Bra): RIMA; 2003. p.106. 20-24.

SORGELOOS P, DHERT A, CANDREVA P. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 2001. p. 147-59.

SHEPHERD, J. y BROMAGE, N. 1999. Piscicultura Intensiva. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España, 1999, 405 p.

SNEDECOR, George y COCHRAN, William. Analisis of frecuencies in one-way and two-way classifications. En: Statistical Methods. 8 Edición. Iawo, State University Press. 1989. 196-213 p.

SNELL, T. W., CHILDRESS, M. J. y BOYER, E. M.1987. Assesing the status of rotifer mass culture. *J. World Aquacult. Soc.* 18: 270-277.

SORGELOOS P, DHERT A, CANDREVA P. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 2001; 200(½): 147-59.

STREBLE, Heinz y KRAUTER, Dieter. Atlas de los microorganismos de agua dulce. Ediciones Omega S.A. Plató 26, Barcelona. 1987. 337 p.

THALIA Castro Barrera, R. De Lara Andrade., G. Castro, Mejía., J. Castro Mejía y A. Malpica Sánchez. Departamento El Hombre y su Ambiente. División de CBS. UAM Unidad Xochimilco. p. 28.

TORRENTA, B. L. y TACON, A. G. J. 1989. La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura. Documento preparado para el proyecto

GCP/RLA/075/ITA apoyo a las actividades regionales de acuicultura para América Latina y el Caribe. Programa Cooperativo Gubernamental FAO Italia. p. 41-53.

TOVAR, Mario. *et al.*. Comparación histológica y morfométrica entre el ojo de *Eremophilus mutisii* (Trichomycteridae) y el de *Oncorhynchus mykiss* (Salmonidae). En: Acta Biol. Colomb., Vol. 13 No. 2. 2008. p 73 - 88

VALDERRAMA, Mauricio. Análisis de estado, identificación de tensores ambientales y formulación de medidas de conservación para el capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* Humboldt, 1805, en la laguna de Fúquene, Colombia. Fundación Humedales. En: Revista Dahlia (Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.) no. 9. 2007. p 93-101

VARGAS, Susan y PATIÑO, Tatiana. Capitán de la Sabana. Disponible en dirección electrónica: <http://sites.google.com/site/capitandelasabana9f/ubicacion-demografica>.

VELANDIA,G y SÁNCHEZ, J. Hábitos alimenticios y vida reproductiva del capitán de la sabana (*E. mutisii*) del tramo del río Bogotá en el municipio de Suesca, Cundinamarca, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de ciencias. Programa de Biología. Bogotá. 2001. 52 p.

ZIMMERMANN S, Jost HC. Recentes Avanços na Nutrição de Peixes: a Nutrição por Fases em Piscicultura Intensiva. In: Memórias de Simpósio sobre manejo e Nutrição de Peixes; 1998, Piracicaba. Anais; Piracicaba- SP, 1998. p. 123-62.

# ANEXOS

**Anexo A. Morfometría inicial de las post-larvas de capitán de la sabana inicio del proyecto con aproximadamente 30% de reserva vitelina.**

<b>N</b>	<b>peso (mg)</b>	<b>talla (mm)</b>	<b>peso (mg)</b>	<b>talla (mm)</b>	<b>peso (mg)</b>	<b>talla (mm)</b>
1	3,7	4,1	3,5	4,7	4,1	4,2
2	3,2	4,5	3,1	4,8	3,9	4,6
3	3,8	4,8	3,2	4,2	3,1	4,1
4	3,1	4,3	3,6	4,6	3,6	4
5	3,2	4,7	3,8	4,3	3,9	4,8
6	4,1	5	3,9	4,4	3,5	4,4
7	3,5	5,1	3,4	4,5	3,7	4,6
8	3,3	5,5	3,5	4,9	3,6	4,1
9	3,7	4,2	3,7	5	3,9	4,3
10	3,8	4	3,9	5,1	3,5	4,3
Promedio	<b>3,54</b>	<b>4,62</b>	<b>3,59</b>	<b>4,65</b>	<b>3,59</b>	<b>4,34</b>
Desviación	<b>0,33</b>	<b>0,49</b>	<b>0,31</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,26</b>

## Anexo B. Diámetro ovocitario ( $\mu\text{m}$ )

Mancha negra cabeza		Línea aleta pectoral		Negra	
n	Diámetro	N	Diámetro	N	Diámetro
1	1200	1	1200	1	1000
2	700	2	1500	2	1000
3	800	3	1000	3	900
4	1300	4	1500	4	500
5	1500	5	1100	5	600
6	1300	6	1200	6	600
7	1500	7	1200	7	400
8	1600	8	1600	8	1400
9	1200	9	1500	9	1000
10	1300	10	1100	10	1100
11	1200	11	1600	11	900
12	1000	12	1000	12	1200
13	1100	13	900	13	900
14	1000	14	1300	14	1300
15	1200	15	1500	15	1500
16	1300	16	1600	16	1200
17	1500	17	1100	17	900
18	1600	18	1000	18	1000
19	1700	19	1600	19	1100
20	1200	20	1300	20	900
21	1100	21	1400	21	600
22	1000	22	1200	22	1100
23	900	23	1300	23	1500
24	1000	24	1100	24	1200
25	1100	25	1700	25	1500
26	1400	26	1300	26	1200
27	1400	27	1600	27	1500
28	1500	28	1200	28	700
29	1100	29	1300	29	1000
30	1000	30	1200	30	1000
31	900	31	1500	31	1100
32	1300	32	800	32	500
33	1200	33	1000	33	900
34	1500	34	1300	34	1000
35	1600	35	1200	35	1200
36	900	36	1100	36	1100
37	1000	37	1000	37	1000
38	1200	38	1300	38	1300
39	1000	39	1500	39	1000
40	1200	40	1000	40	1200
<b>Promedio</b>	<b>1212,5</b>	<b>Promedio</b>	<b>1270</b>	<b>Promedio</b>	<b>1025</b>

### Anexo C. Morfometría de larvas recién eclosionadas

n	W larva + cubreobjeto	W cubreobjeto	W real (mg)	L (mm)
1	0,1759	0,1732	2,7	3,1
2	0,1742	0,1716	2,6	2,8
3	0,1732	0,1716	1,6	3
4	0,1734	0,1716	1,8	3,8
5	0,1738	0,1724	1,4	3,1
6	0,1766	0,1728	3,8	3,1
7	0,1756	0,1724	3,2	3,6
8	0,175	0,1725	2,5	3
9	0,1754	0,1725	2,9	3,2
10	0,1756	0,1724	3,2	3,5
<b>Promedio</b>			<b>2,6</b>	<b>3,2</b>
<b>Desviación</b>			<b>0,77</b>	<b>0,31</b>

**Anexo D. Cantidad de zooplancton suministrado con ajuste de sobrevivencia**

# días	# animales			Cantidad org/PL			T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>3</sub>	
	T1	T2	T3	Inf	Art	Cop	Inf /comida	Total	Artemia /comida	Total	Cop /comida	Total
1	60	60	60	5	1	1	300	3600	60	720	60	720
2	58	56	56	5	1	1	290	3480	56	672	56	672
3	56	54	51	10	2	2	560	6720	108	1296	102	1224
4	52	51	46	10	2	2	520	6240	102	1224	92	1104
5	48	48	42	15	3	3	720	8640	144	1728	126	1512
6	45	44	37	15	3	3	675	8100	132	1584	111	1332
7	43	41	33	20	4	4	860	10320	164	1968	132	1584
8	41	38	29	20	4	4	820	9840	152	1824	116	1392
9	39	34	26	25	5	5	975	11700	170	2040	130	1560
10	35	31	23	25	5	5	875	10500	155	1860	115	1380
11	29	27	20	30	6	6	870	10440	162	1944	120	1440
12	23	23	17	30	6	6	690	8280	138	1656	102	1224
13	19	20	14	35	7	7	665	7980	140	1680	98	1176
14	14	13	10	35	7	7	490	5880	91	1092	70	840
15	10	11	7	40	8	8	400	4800	88	1056	56	672
16	8	10	3	40	8	8	320	3840	80	960	24	288
							<b>10030</b>	<b>120360</b>	<b>1942</b>	<b>23304</b>	<b>1510</b>	<b>18120</b>



## Anexo E. Tabla ANOVA y Contraste múltiple de rango para la variable peso según tratamiento

### Análisis de Varianza variable Incremento de peso

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,95016	2	1,47508	77,27	0,0001
Intra grupos	0,114533	6	0,0190889		
Total (Corr.)	3,06469	8			

P de la prueba-F es menor que 0,05, 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.

### Pruebas de Múltiple Rangos para Incremento de peso por Tratamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Copépodos	3	0,31	X
Totora	3	0,766667	X
Artemia	3	1,68667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Artemia - Copépodos	*	1,37667	0,276035
Artemia - Totora	*	0,92	0,276035
Copépodos - Totora	*	-0,456667	0,276035

\* indica una diferencia significativa.

## Anexo F. Tabla ANOVA y Contraste múltiple de rango para la variable talla según tratamiento

### Análisis de varianza variable incremento de talla

Fuente	Suma de Cuadrados	G	Cuadrado Medio	Razón -F	Valor-P
Entre grupos	2,24436	2	1,12218	31,90	0,0006
Intra grupos	0,211067	6	0,0351778		
Total (Corr.)	2,45542	8			

P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Incremento de talla entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

### Pruebas de Múltiple Rangos para Incremento de talla por Tratamiento

Método: 95,0 porcentaje LSD

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Copépodos	3	0,16	X
Totora	3	0,246667	X
Artemia	3	1,26	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Artemia - Copépodos	*	1,1	0,374721
Artemia - Totora	*	1,01333	0,374721
Copépodos - Totora		-0,0866667	0,374721

\* indica una diferencia significativa.

**Anexo G. Tasa de crecimiento específica según tratamientos.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Tasa crecimiento</b>	<b>Raíz valor tasa de crecimiento</b>	<b>Valor tasa de crecimiento en porcentaje</b>
T1R1	0,006076452	0,0779516	7,79515999
T1R2	0,004949735	0,07035435	7,03543547
T1R3	0,005965733	0,07723816	7,72381576
T2R1	0,01072726	0,10357249	10,3572485
T2R2	0,010353668	0,10175297	10,1752975
T2R3	0,012351216	0,11113603	11,1136025
T3R1	0,002398011	0,04896949	4,8969486
T3R2	0,001645943	0,04057023	4,05702256
T3R3	0,003131036	0,05595566	5,59556627

**Anexo H. Prueba de Snedecor-Irvin para evaluar sobrevivencia entre tratamientos.**

$$\chi^2 = \frac{\sum ni (pi - \bar{p})^2}{\bar{p}\bar{q}} \quad (X^2 \text{ calculada})$$

$$\chi^2 = \frac{\sum 60 \left( \frac{8}{60} - \frac{21}{180} \right)^2}{\left( \frac{21}{180} \right) * \left( \frac{159}{180} \right)} + \frac{\sum 60 \left( \frac{10}{60} - \frac{21}{180} \right)^2}{\left( \frac{21}{180} \right) * \left( \frac{159}{180} \right)} + \frac{\sum 60 \left( \frac{3}{60} - \frac{21}{180} \right)^2}{\left( \frac{21}{80} \right) * \left( \frac{159}{180} \right)}$$

$$\chi^2 = 4,2048$$

$X^2$  tabulada

$$X^2_{0.05;2} = 7,37$$

$X^2$  tabulada >  $X^2$  calculada

$$7,37 > 4,20$$

## Anexo I. Registro de temperatura

Día	Hora	Temperatura		
		Acuario 1	Acuario 2	Acuario 3
<b>1</b>	8:00 AM	12	12	12
	10:00 AM	13	12,5	12
	12:00 M	11	12,5	12,5
	2:00 PM	13,5	11,5	13,5
	4:00 PM	12,5	11	13,5
	6:00 PM	11	12	13
	<b>Promedio</b>		<b>12,16667</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	8:00 AM	13	11,5	13
	10:00 AM	12,5	11,5	11
	12:00 M	12,5	12	11,5
	2:00 PM	11,5	12	12
	4:00 PM	11	11	12
	6:00 PM	12	12	12,5
	<b>Promedio</b>		<b>12,2</b>	<b>11,66667</b>
<b>3</b>	8:00 AM	12	12	11
	10:00 AM	12	12,5	11
	12:00 M	13	12,5	11,5
	2:00 PM	11	11,5	11,5
	4:00 PM	11,5	12	12
	6:00 PM	12,5	12,5	12,5
	<b>Promedio</b>		<b>12</b>	<b>12,16667</b>
<b>4</b>	8:00 AM	13	13	12
	10:00 AM	13	13,5	11
	12:00 M	13	13,5	11
	2:00 PM	12	12,5	11,5
	4:00 PM	11	13	11,5
	6:00 PM	11	13,5	12
	<b>Promedio</b>		<b>12,16667</b>	<b>13,16667</b>
<b>5</b>	8:00 AM	13	13	13
	10:00 AM	13	13,5	13
	12:00 M	13	13,5	12
	2:00 PM	12	12	11
	4:00 PM	11	11	13
	6:00 PM	11,5	11,5	12
	<b>Promedio</b>		<b>12,25</b>	<b>12,41667</b>
<b>6</b>	8:00 AM	13	13	13
	10:00 AM	13,5	12	13

	12:00 M	12	12	12
	2:00 PM	11	12,5	13,5
	4:00 PM	11	11	12
	6:00 PM	13	13	13
<b>Promedio</b>		<b>12,25</b>	<b>12,25</b>	<b>12,75</b>
<b>7</b>	8:00 AM	12	12	12
	10:00 AM	12	11	11
	12:00 M	12,5	11	11
	2:00 PM	11,5	12	12
	4:00 PM	12	12	12
	6:00 PM	13	13	12
<b>Promedio</b>		<b>12,16667</b>	<b>11,83333</b>	<b>11,66667</b>
<b>8</b>	8:00 AM	13	13	13
	10:00 AM	11	13	11
	12:00 M	11	11	11,5
	2:00 PM	12,5	11,5	12,5
	4:00 PM	12,5	12,5	11
	6:00 PM	13	13	13
<b>Promedio</b>		<b>12,16667</b>	<b>12,33333</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	8:00 AM	12	11	11
	10:00 AM	12	11	12
	12:00 M	12,5	11,5	12,5
	2:00 PM	12,5	13	11
	4:00 PM	12	13,5	11
	6:00 PM	12	13	11,5
<b>Promedio</b>		<b>12,16667</b>	<b>12,16667</b>	<b>11,5</b>
<b>10</b>	8:00 AM	12	12	12
	10:00 AM	11,5	11	12
	12:00 M	11,5	11	12
	2:00 PM	11	11,5	13,5
	4:00 PM	12	13	13
	6:00 PM	13	13	13
<b>Promedio</b>		<b>11,83333</b>	<b>11,91667</b>	<b>12,58333</b>
<b>11</b>	8:00 AM	11	11	11
	10:00 AM	12	12	12
	12:00 M	12	12	12
	2:00 PM	13,5	13	13,5
	4:00 PM	13	13	12
	6:00 PM	13	11	12
<b>Promedio</b>		<b>12,41667</b>	<b>12</b>	<b>12,08333</b>
<b>12</b>	8:00 AM	12	12	12

	10:00 AM	11	13	12
	12:00 M	11	13	11
	2:00 PM	11,5	13,5	11,5
	4:00 PM	12	13,5	13
	6:00 PM	12,5	12	13,5
<b>Promedio</b>		<b>11,66667</b>	<b>12,83333</b>	<b>12,16667</b>
<b>13</b>	8:00 AM	12	12	12
	10:00 AM	11,5	12	12
	12:00 M	11,5	11	11,5
	2:00 PM	12	11	11,5
	4:00 PM	12	13	13
	6:00 PM	11	11	11
<b>Promedio</b>		<b>11,66667</b>	<b>11,66667</b>	<b>11,83333</b>
<b>14</b>	8:00 AM	12	12	12
	10:00 AM	12,5	13	13
	12:00 M	12,5	13	13
	2:00 PM	13	13,5	12
	4:00 PM	13	12	11,5
	6:00 PM	11	11	11
<b>Promedio</b>		<b>12,33333</b>	<b>12,41667</b>	<b>12,08333</b>
<b>15</b>	8:00 AM	11	11	11
	10:00 AM	12	12	12
	12:00 M	12	12	13
	2:00 PM	13	13	12
	4:00 PM	13	13,5	12
	6:00 PM	12	12	12
<b>Promedio</b>		<b>12,17</b>	<b>12,25</b>	<b>12,00</b>

### Anexo J. Registro de Oxígeno.

Muestreo	Hora	Acuario 1	Acuario 2	Acuario 3
1	8:00 AM	6,2	6,5	6,5
	2:00 PM	6	6,1	6
2	8:00 AM	6,5	6,3	6
	2:00 PM	6,1	6	6,3

### Anexo K. Registro de pH.

Muestreo	Hora	Acuario 1	Acuario 2	Acuario 3
1	8:00 AM	6,48	6,49	6,46
	2:00 PM	6,4	6,45	6,43
2	8:00 AM	6,56	6,51	6,58
	2:00 PM	6,59	6,58	6,55



## Anexo L. Registro diario de mortalidad

Día	Tratamiento 1			Tratamiento 2			Tratamiento 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1	2	1	2	1
2	1	0	1	1	0	1	2	1	2
3	1	0	3	2	0	1	1	2	2
4	1	1	2	1	1	1	1	2	1
5	1	1	1	0	2	2	2	1	2
6	1	1	0	0	2	1	2	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	1	2
8	0	1	1	2	1	1	1	1	1
9	1	2	1	1	0	2	1	1	1
10	2	2	2	2	1	1	1	1	1
11	2	1	3	2	2	0	1	1	1
12	2	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	2	2	3	2	2	1	2	1
14	1	3	0	1	0	1	1	1	1
15	2	0	0	0	0	1	1	2	1
<b>Muertas</b>	17	17	18	18	14	18	18	20	19
<b>N° inicial</b>	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<b>N° final</b>	3	3	2	2	6	2	2	0	1