

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL FOTOPERÍODO EN LA FASE DE  
LARVICULTURA DEL CAPITÁN DE LA SABANA *Eremophilusmutisii***

**NÉSTOR DARIO CRUZ ORDIERES  
ANDRÉS AVELINO PINTO JIMÉNEZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO, COLOMBIA  
2012**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL FOTOPERÍODO EN LA FASE DE  
LARVICULTURA DEL CAPITÁN DE LA SABANA *Eremophilus mutisii***

**NÉSTOR DARIO CRUZ ORDIERES  
ANDRÉS AVELINO PINTO JIMÉNEZ**

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

**Presidente  
RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO  
Ing. en Producción Acuícola - M.Sc.  
Docente Programa de Ingeniería en Producción Acuícola**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO, COLOMBIA  
2012**

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

**Artículo 1° del acuerdo No 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Concejo Directivo de la Universidad Nariño**

**NOTA DE ACEPTACION.**

---

---

---

---

---

---

**RUTH DAYANA LUCERO**  
**Presidente de Tesis**

---

**JULBRINNER SALAS BENAVIDES**  
**BiólogoEnf Ecología**  
**Jurado Delegado**

---

**JORGE NELSON LÓPEZ MACÍAS.**  
**M.V.Z., Esp., M.Sc., Ph.D.**  
**Jurado**

**San Juan de Pasto, febrero15de 2012**

## DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi Dios por todas las bendiciones recibidas.

A mi madre la autora de mis días, quien es el mejor sinónimo de entrega, dedicación y amor, mami gracias por todo.

A mi padre por sus consejos e incondicionalidad.

A Sarita quien me brindo un antes y un después, te amo chiquita.

A María Fernanda, gracias por ser mi amor, mi amiga, mi cómplice y mi todo, te amo nena.

A Diego, mi hermano y mi cuate, te quiero montones.

A la familia Coral; Mónica, Manu y el Juancho, gracias por todo especialmente a mi hermanita y al Manu por su amistad.

A Manuel Sánchez.

Y a mí parche, gracias por su verdadera amistad y por tantas noches "filosofando".

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de grado a Dios, que me brinda día a día todas sus bendiciones y las fuerzas para siempre seguir hacia delante.

A mi Madre hermosa que siempre ha estado conmigo y nunca ha dejado de creer en mí. Eres la luz de mi camino.

A Fabián Castañeda, la persona que sin decir una palabra, siempre me demostró que podía contar con él y que nunca dudo de mí.

A Verónica Chaves, mi novia, mi compañera inseparable, la persona que siempre estuvo conmigo en las buenas y en las malas. Gracias por qué sé que puedo contar contigo.

A mis hermanos, porque siempre me han apoyado en todo y por ser mis compañeros inseparables aun en la distancia.

Y a Carmen Conde, mi abuelita, que con una llamada, un gesto, un detalle, siempre me ha llenado de felicidad y fuerzas para ser mejor cada día.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a:

RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO    Ingeniera en Producción Acuícola - M.Sc

AIDA MERCEDES DELGADO            Economista., M.Sc. Subdirección de  
Intervención para la sostenibilidad  
ambiental, Corponariño.

ÁLVARO BURBANO MONTENEGRO    Lic. Matemáticas, Ing. en Producción  
Acuícola, M.Sc.

LUÍS ALFONSO SOLARTE P.            Secretario de la Facultad de Ciencias  
Pecuarias

PIEDAD MEJÍA SANTACRUZ            Secretaria Departamento de Recursos  
Hidrobiológicos

OSCAR MEJÍA SANTACRUZ            Economista, Centro de documentación

CAMILO LENIN GUERRERO R.        Ing. en Producción Acuícola.

PATRICIA BETANCOURTH CHAVES    M.V.Laboratorio Bromatología

A todo el cuerpo de trabajadores de la Corporación Autónoma Regional de Nariño  
(CORPONARIÑO).

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	17
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	18
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4. MARCO TEÓRICO .....	21
4.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE.....	21
4.1.1 Características morfológicas.....	22
4.1.2 Ecología Básica. ....	22
4.1.3 Distribución .....	23
4.2 INCUBACIÓN .....	23
4.3 LARVICULTURA.....	23
4.4 FOTOPERIODO .....	24
5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	26
5.1 LOCALIZACIÓN.....	26
5.2 INSTALACIONES, MATERIALES Y EQUIPOS .....	26
5.3 MANEJO BIOLÓGICO Y PROFILAXIS .....	28
5.3.1 Captura y Manejo de reproductores.....	28
5.3.2 Selección de reproductores .....	29
5.3.3 Desove.....	29
5.3.4 Distribución de ovas.....	30



5.3.5 Larvicultura .....	30
5.4 Alimentación .....	31
5.4.1 Cultivo de infusorios.....	31
5.4.2 Cultivo de copépodos .....	31
5.4.3 Cultivo de Artemia salina .....	32
5.5 TRATAMIENTOS.....	32
5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	33
5.6.1 Formulación de Hipótesis.....	34
5.6.2 Variables evaluadas.....	34
5.6.2.1 Incremento de peso diario.....	34
5.6.2.2 Incremento de longitud diaria.....	35
5.6.2.3 Tasa de crecimiento simple .....	35
5.6.2.5 Porcentaje de Supervivencia .....	35
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	36
6.1 INDUCCIÓN A LA REPRODUCCIÓN .....	36
6.2 DESARROLLO EMBRIONARIO.....	36
6.3 ANÁLISIS CONTENIDO ESTOMACAL .....	40
6.4 VARIABLES EVALUADAS.....	41
6.4.1 Incremento de peso diario.....	41
6.4.2 Incremento de longitud diaria.....	43
6.4.3 Tasa de crecimiento simple .....	45
6.4.4 Porcentaje de supervivencia .....	46
6.5 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.....	48
6.5.1 Temperatura.. .....	48

6.5.2 Oxígeno disuelto.....	48
6.5.3 pH. ....	49
6.5.4 Amonio.....	49
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	51
7.1 CONCLUSIONES.....	51
7.2RECOMENDACIONES.....	51
8. BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXOS.....	56

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pag.</b>
Figura 1. Ejemplares de capitán de la sabana <i>E. mutisii</i> . ....	22
Figura 2. Captura de ejemplares de <i>E. mutisii</i> con chinchorro.....	28
Figura 3. Pesaje de animales e inducción hormonal.....	29
Figura 4. Desove de hembra de <i>E. mutisii</i> y fertilización en seco.....	30
Figura 5. Larva en objetivo 4X. ....	31
Figura 6. Infusorios (A y B rotíferos, C. Paramecios).....	31
Figura 7. <i>Copepodo</i> (Orden <i>Calanoidea</i> )......	32
Figura 8. <i>Artemia salina</i> . ....	32
Figura 9. Tratamientos.....	33
Figura.10. Desarrollo embrionario.....	39
Figura. 11 Contenido estomacal y larva 5 días PE .....	41
Figura 12. Incremento de peso diario (mg).....	42
Figura 13. Incremento de longitud día 3 (mm). ....	44
Figura 14. Tasa de crecimiento simple (%).....	45
Figura 15. Porcentaje de sobrevivencia.....	46
Figura 16. Temperatura. ....	48
Figura 17. Oxígeno. ....	49
Figura 18. Amonio.....	50

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Comparación de porcentajes de fertilización en <i>E. mutisii</i> .....	36
Tabla 2. Promedio de peso inicial por tratamientos .....	42
Tabla 3. Incremento de peso diario al 3 día.....	433
Tabla 4. Promedio de longitud al eclosionar. ....	433
Tabla 5. Incremento de longitud diario al 3 día. ....	44

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A. Análisis de la Varianza para IPD 3 .....	57
Anexo B. Análisis de la Varianza para ILD 3 .....	58
Anexo C. Análisis de la Varianza para Tasa de Crecimiento 3.....	59
Anexo D. Media de peso inicial (mg) para cada tratamiento y replica. ....	60
Anexo E. Media de longitud inicial (mm) para cada tratamiento y replica.....	61

## GLOSARIO

**ARTEMIA SALINA:** Micro crustáceo braquiópodo del orden Anostraca propia de aguas salobres continentales. Distribución cosmopolita y ampliamente utilizado como alimento de larvas y alevines de peces por sus amplias cualidades nutritivas.

**E.P.C.:** Hormona a base de extracto de hipófisis de carpa, utilizada en procesos de reproducción inducida de peces.

**ESPECIE ENDÉMICA:** Es un término utilizado en biología para indicar que la distribución de un taxón está limitada a un ámbito geográfico reducido, no encontrándose de forma natural en ninguna otra parte del mundo. Por ello, cuando se indica que una especie es endémica de cierta región, significa que sólo es posible encontrarla de forma natural en ese lugar.

**FERTILIZACIÓN:** Preparación mediante el añadido de las sustancias apropiadas.

**FITOPLANCTON:** Pequeños organismos (micro algas) con capacidad de realizar fotosíntesis (productores primarios) con poca o nula capacidad de controlar su posición en la columna de agua.

**FOTOPERIODO:** Duración o tiempo relativo de los periodos de luz y oscuridad diarios a que están sometidos los organismos, pueden ser artificiales o naturales.

**HORMONA:** Mensajero químico regulado y excitante funcional específico, son sustancias relativamente simples con peso molecular poco elevado, derivada del colesterol, de los prótidos y de los aminoácidos, la poseen los animales y los vegetales, regulando procesos corporales tales como el crecimiento, el metabolismo, la reproducción y el funcionamiento de distintos órganos.

**LARVA:** Estado de peces desde la eclosión hasta el final de la dependencia de vitelo como fuente nutricional.

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el laboratorio de organismos vivos de la Universidad de Nariño ubicada en el municipio de San Juan de Pasto, departamento de Nariño durante 12 días, tiempo en el cual se realizó la inducción hormonal, incubación, el seguimiento al desarrollo embrionario y se evaluó el efecto del fotoperíodo en la fase de larvicultura del capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Humbolt, 1805).

Los ejemplares se sembraron en una densidad de 1 larva/L para un total de 640 larvas, provenientes de reproductores del medio natural, inducidos con la hormona Extracto Pituitario de Carpa (EPC). Las larvas fueron distribuidas en un diseño irrestrictamente al azar (DIA) conformado por cuatro tratamientos, cuatro réplicas y 16 unidades experimentales.

Los tratamientos fueron:

T0: Tratamiento control, sin luz artificial

T1: Régimen de 24HL (HL: horas luz)

T2: Regímenes de 12HL: 12HO (HL: horas luz; HO: horas oscuridad)

T3: Ausencia de luz 24HO (HO: horas oscuridad)

La evaluación se realizó a través de las variables incremento de peso diario (IPD), incremento de longitud diaria (ILD), porcentaje de sobrevivencia y tasa de crecimiento simple (TCS).

Según el análisis estadístico no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos al 3 día para las variables incremento de peso diario, incremento de longitud diaria y tasa de crecimiento simple, el IPD y ILD en el T3 registró valores de 0.373 mg y 0.073 mm respectivamente

El estudio demuestra que la implementación de 24 horas de oscuridad, en el tratamiento 3 en fases tempranas en ejemplares de *Eremophilus mutisii* presentan mejores valores en T.C.S de 42.9% al día 3, a diferencia de los tratamientos T0, T1 y T2 con 38.4%, 32.6% y 30.7 %, respectivamente y una sobrevivencia de 85 % para el mismo día en el tratamiento 3.

## ABSTRACT

The present research was made in the laboratories of live organisms of Nariño University location, municipality of San Juan de Pasto, Nariño Department. The period of work were 12 days, In this time was performed the monitoring of embryonic development, organogenesis and in this time was evaluated the photoperiod effect in the larviculture phase of *Eremophilus mutisii* (Humbolt, 1805).

The exemplars were sown in a stock density of 1 larvae/L by a total of 640 larvae, coming of natural breeding, induced by the hormone EPC (extract of hipofisis). These were distributed in strictly random design (DIA) made by four treatments, four replicates and 16 experimental units.

Treatments:

T0: Control treatment, without artificial light

T1: Treatment of light 24LH (LH: light hours)

T2: Treatment of 12LH: 12DH (LH: light hours; DH: darkness hour)

T3: Treatment of Darkness 24DH (DH: darkness hour)

The evaluation was performed through the variables: diary weight increasing (DWI), diary length increasing (DLI), percentage of survival and rate of simple increasing (RSI).

According to the statistical analysis did not show significant differences between treatments at 3 days for the variables diary weight growth, diary length growth and rate of simple growth, the DWG and DLG occurred in T3 showed values of 0.373 mg and 0.073 mm respectively

The study showed that the implementation of 24 hours of darkness, in treatment 3 at early stages in samples of *Eremophilus mutisii* PSR have better values of 42.9% at day 3, unlike T0, T1 and T2 38.4%, 32.6% and 30.7%, respectively, and a survival of 85% for the same treatment day 3.



## INTRODUCCIÓN

El capitán de la sabana *E.mutisii*, especie endémica e incluida en el libro rojo de ictiofauna continental amenazada de Colombia, es un pez de vital importancia para las poblaciones de pescadores en el Lago Guamúez en Nariño y para el desarrollo sostenible del medio ambiente de este mismo y de sus ríos tributarios, así como de los diversos cuerpos de agua del altiplano cundiboyasense.

Sin embargo, acciones antrópicas como deforestación, pesca indiscriminada, y contaminación de los recursos hídricos han ocasionado una drástica disminución del número de ejemplares. A esto se suma la escasa documentación científica desarrollada en la especie, lo cual no ha permitido superar los limitantes que se presentan en su producción en cautiverio. Por lo tanto se hace necesario el desarrollo continuo de estudios para estandarizar técnicas, que aseguren un stock permanente de ejemplares destinados a producción y repoblamiento en los cuerpos de agua.

En los últimos años se han realizado algunos estudios en la fase de reproducción con resultados exitosos, que han permitido estandarizar la dosis en  $7\text{mg.Kg}^{-1}$ , efectiva para que se presente el desove, sin embargo no se ha logrado superar la fase de larvicultura.

El *E.mutisii* es una especie de hábitos crípticos, bentónicos, y en el cual no se ha explorado el efecto de la luz en las fases tempranas de su desarrollo, por lo anteriormente expuesto en la investigación se propuso evaluar el efecto del fotoperiodo en la fase de larvicultura del capitán de la sabana.

## DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El capitán de la sabana, es una especie íctica de los valles del altiplano formados entre la cordillera central y oriental del país, se ha visto afectado por contaminación orgánica e industrial del recurso hídrico, la pesca indiscriminada y la disminución de sus poblaciones naturales se ha visto además afectada a causa de la introducción de la trucha arcoíris, existiendo claros indicios de la dominancia de esta sobre las especies nativas y hoy se puede suponer que esta especie ha sido la causante de la casi total extinción del capitán de la sabana en algunas zonas del país. Debido a la insuficiente información técnico - científica que se tiene de la especie, existen estudios enfocados exclusivamente en la dinámica poblacional, bioecología y estadísticas pesqueras, sin enfocarse en la reproducción artificial y sus pasos posteriores, en el caso específico la larvicultura sin efectuar contribuciones claras a su conservación y repoblamiento. Es indispensable lograr adelantar estudios que aporten información y técnicas para su reproducción y larvicultura.

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La fase de larvicultura en la mayoría de las especies ícticas es una de las etapas que presenta mayor complejidad en las producciones acuícolas y aún más en relación a silúridos teniendo en cuenta las altas mortalidades que se presentan en la transición a alimentación exógena conociendo sus hábitos nocturnos y bentónicos. Como solución se experimentó con el fotoperiodo en esta primera fase.

¿Cuáles son los efectos del fotoperiodo en la etapa de larvicultura, a diferentes regímenes de luz en capitán de la sabana *E. mutisii*, en condiciones de cautiverio?

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del fotoperiodo en la larvicultura del capitán de la sabana *Eremophilus mutisii*, utilizando diferentes regímenes de luz y oscuridad mantenidos en confinamiento.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Tipificar la organogénesis del *E. mutisii*.
- Cuantificar el crecimiento de la especie objeto de estudio en longitud y peso a diferentes regímenes de luz.
- Calcular el porcentaje de sobrevivencia en la fase de larvicultura a diferentes fotoperiodos de evaluación.
- Realizar análisis de contenido estomacal, en larvas de *E. mutisii*.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE

Daniel<sup>1</sup>, afirma que el capitán de la sabana fué descrito y clasificado originalmente por Humboldt en 1805, y hasta hace unos pocos años ocupaba una región delimitada de la Zona Andina centro oriental del país (Altiplanicie de la Sabana de Bogotá, Ubaté y Valle de Tundaná en Boyacá), bautizados por el mismo como género y especie nuevos, su nombre genérico significa “Amante de la Soledad” y su nombre específico fue designado en honor de Don José Celestino Mutis, amigo y colega de Humboldt, en esa época director y fundador del observatorio astronómico de Bogotá, y de la real expedición botánica del Nuevo Reino de Granada. Humboldt anotaba en la descripción original que su denominación de amante de la soledad hacía referencia a su solitaria presencia en un sector semidesértico de las altas montañas andinas, a una altura donde el aislamiento geográfico y el rigor de las bajas temperaturas solo permitían la existencia contada de vertebrados acuáticos.

Según Dalh<sup>2</sup>, es la especie más grande de la familia Trichomycteridae; presenta un patrón de pigmentación variable, con manchas verdes en forma vermicular; en algunas regiones se encuentran ejemplares albinos, llamados comúnmente «Capitán Rey», que varían entre la forma completamente rosada hasta la casi completamente vermiculada con algunas manchas incoloras.

Mojica *et al*<sup>3</sup>, comprobó que es una especie territorialista de hábitos bentónicos, con dieta carnívora compuesta principalmente por crustáceos, moluscos, insectos y anélidos. Se reproduce durante todo el año con picos durante el periodo de lluvias. Varios ensayos sobre reproducción inducida y cultivo en estanques se han adelantado con poco éxito, sin embargo durante el 2004 se alcanzaron altos porcentajes de fertilización.

El mismo autor<sup>4</sup>, afirma que desde el punto de vista histórico regional el capitán es una de las especies autóctonas más interesantes, capturado desde la prehistoria por las tribus chibchas con anzuelos de tuna, y muy abundante en los riachuelos, lagunas y quebradas de clima frío en la región Andina Oriental, su pesca artesanal con redes manuales constituyó una modesta industria en los ríos Funza, Frío y Bogotá hasta la década de 1930.

---

<sup>1</sup>DANIEL, H. Sinopsis de biología. Medellín: Bedout, 1965. p.123.

<sup>2</sup> DALH, George. Los peces del norte de Colombia. Comité editorial. Alfredo Acero, Jorge Hernández. Plutarco Cala, Bogotá 1971. p. 50 – 55.

<sup>3</sup>MOJICA, H., RODRIGUEZ, J. y OROZCO, C.. Manual de reproducción y cultivo el bagre rayado (*Pseudoptatystomafasciatum*). Cartilla Pronata - INPA. 2003. p. 125 – 129.

<sup>4</sup>Ibíd., p. 125-129.

**4.1.1 Características morfológicas.** De acuerdo con Hernández y Sotto<sup>5</sup>, el capitán presenta un cuerpo cilíndrico en la mayor parte de su longitud dividido, en cabeza, cuerpo y cola; la cabeza es aplanada dorso – ventralmente; su piel es lisa sin escamas y provista de glándulas mucíparas, que secretan una sustancia viscosa y transparente que actúa como medio defensivo contra las enfermedades. Posee un par de aletas pectorales situadas en la parte ventral y tres aletas impares; dorsal, anal y caudal (Figura 1). Existe la presencia de cromatóforos en la parte superior de la dermis que le comunican una pigmentación que varía dentro de los tonos verdosos y amarillentos. El color negro se debe a la presencia de melanóforos que aparecen más condensados en la cabeza y la aleta caudal.

**Figura 1. Ejemplares de capitán de la sabana *E. mutisii*.**



Según Rodríguez y Calderón<sup>6</sup>, el opérculo está constituido por un hueso laminar cuya región superior externa presenta terminaciones agudas que utiliza para excavar y desplazarse en el lodo y la arena; lo mismo que para la defensa.

**4.1.2 Ecología Básica.** Dahl<sup>7</sup>, reporta que el capitán es la especie más grande de la familia Trichomycteridae debido a que alcanza longitudes hasta de 50 cm; posee hábitos bentónicos y regímenes omnívoros tendientes a carnívoros.

---

<sup>5</sup>HERNANDEZ, J y SOTTO, G. Desarrollo de un policultivo de trucha Arco iris (*O. mykiss*) y Capitán de la Sabana (*E. mutisii*) a diferentes densidades de siembra utilizando un concentrado comercial. Trabajo de Grado Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto 1993. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos. 1993. p.31.

<sup>6</sup> RODRIGUEZ, R y CALDERON, J. Estudio de algunos parámetros anatomofisiológicos para la determinación del potencial piscícola del capitán de la sabana (*E. mutisii*) del lago Guamuéz. Trabajo de grado de Zootecnista. Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Zootecnia. 1983. p 21,22

<sup>7</sup>DALH. Op., cit. p. 71

El mismo autor<sup>8</sup>, afirma que la especie es muy tolerante a descensos bruscos en parámetros fisicoquímicos del agua como el oxígeno disuelto, debido a que tiene la facultad de utilizar el estómago como órgano accesorio de respiración aérea en condiciones anóxicas o de baja concentración de oxígeno; rangos de tolerancia 2 ppm a 17 °C. Es de importancia comercial en las pesquerías rurales y en la economía campesina, particularmente en zonas frías con aguas deficitarias tanto en cantidad como en calidad.

De acuerdo con Rodríguez y Calderón<sup>9</sup>, *E. mutisi* presenta dos picos reproductivos anuales entre los meses de mayo – junio y octubre – noviembre, cuando el periodo lluvioso se hace presente.

**4.1.3 Distribución.** Daniel<sup>10</sup>, afirma que en los últimos años se ha verificado la presencia de esta especie en laguna de Tota (Boyacá), Laguna de La Cocha (Nariño) y en lagunas de Fuquene, Suesca y Embalse del Neusa (Cundinamarca).

## 4.2 INCUBACIÓN

Marcucci<sup>11</sup>, concluye que los huevos de capitán de la sabana presentan una adherencia relativa que tiende a minimizarse con los sucesivos lavados que se hacen sobre el material antes de colocarlo en incubación. El uso de una solución de carbamida para eliminar esta característica y sus posibles efectos debe ser evaluado, los lavados muestran ser efectivos y se logra disminuir la incidencia negativa de la aglomeración de huevos durante la fase de incubación. Por otro lado, es factible aprovechar esta condición para adelantar sistemas en la que los huevos permanezcan suspendidos y ligados a estructuras dentro de las incubadoras. En la etapa de incubación se debe utilizar incubadoras de flujo ascendente. Durante esta fase la densidad de huevos/L debe ser baja con el objeto de alcanzar mejores tasas de eclosión.

## 4.3 LARVICULTURA

De acuerdo con Woynarovich y Woynarovich<sup>12</sup>, para criar larvas saludables y bien desarrolladas, es importante proveer todas las condiciones necesarias para su desarrollo. Entre las cuales se encuentran: temperatura del agua, abundante

---

<sup>8</sup>Ibid. p. 50 – 55

<sup>9</sup>RODRIGUEZ y CALDERON. Op., cit. p. 44.

<sup>10</sup>DANIEL, H. Op., cit. p. 125.

<sup>11</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. Bogotá D.C. Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia. 2005. p 33 - 42.

<sup>12</sup>WOYNAROVICH, Andras y WOYNAROVICH, Elek. Reproducción artificial de las especies *Colossoma* y *Piaractus*. Lima, Perú: Fondepes, 1998. p. 26.

oxígeno disuelto, eliminación de metabolitos producidos tales como CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>, eliminación de las membranas, huevos no viables y otros desperdicios.

Según Woynarovich y Horváth<sup>13</sup>, cuando el embrión se ha desarrollado hasta convertirse en una larva, sale al exterior rompiendo la membrana del huevo. Aunque la rotura de la membrana es un proceso mecánico, resulta facilitado por el debilitamiento causado por enzimas.

Rodríguez y Calderón<sup>14</sup>, reportan que los contenidos estomacales analizados de capitán de la sabana, presentaron masas heterogéneas, viscosas y de coloración negruzca. El análisis verificado lleva a considerar el régimen alimenticio de *E. mutisi* como de tipo polífago con alta tendencia a carnívoro, el cual podría presentar algunos inconvenientes en su explotación piscícola.

Conforme lo describe Luchini y Salas<sup>15</sup>, las larvas de silúridos se mantienen en oscuridad en las incubadoras hasta que adquieren pigmentación, luego deben trasladarse a ambientes cerrados con total oscuridad y sembrarlas en piletas rectangulares con recambio permanente, aireación y una temperatura promedio de 27 °C que no debe ser inferior a 25 °C ni superior a 29 °C para evitar la presencia de patologías y principalmente el ataque de ectoparásitos.

#### 4.4 FOTOPERIODO

Es otro aspecto a tener en cuenta y que varía en los diferentes estudios y tecnologías. En los últimos años se ha utilizado luz continua durante los primeros días para proporcionar el establecimiento eficiente de la alimentación exógena y después se cambia para un régimen con periodos de luz y oscuridad alternos, debido a que la luz continúa mantiene una mayor actividad en las larvas, lo cual constituye un factor estresante que puede causar altas mortalidades, sobre todo próximo al inicio de la transformación o metamorfosis o durante esta como lo sustenta Lajonchère y Molejón<sup>16</sup>.

De acuerdo con Almazán<sup>17</sup>, algunos factores, como la intensidad del fotoperíodo y la luz, pueden ser importantes en el desarrollo, crecimiento y alimentación. Los

---

<sup>13</sup>WOYNAROVICH, E. y HORVÁTH, I. Propagación artificial de peces de aguas templadas. Roma, Italia: FAO, 1981. p 20.

<sup>14</sup>RODRIGUEZ y CALDERON. Op., cit. p. 44.

<sup>15</sup> LUCHINI, L. Manual para el cultivo del bagre suramericano (*Rhamdia sapo*). Santiago, Chile: FAO, 1990. p. 19-20.

<sup>16</sup> LAJONCHÈRE, L. y MOLEJÓN, O. Producción de juveniles de peces estuarinos para un centro de América Latina y el Caribe: diseño, operación y tecnologías. En: Reproductores. s. I.: The World Aquaculture Society, 2001. p. 233

<sup>17</sup> ALMAZÁN R, P. Towards assessment of welfare in African catfish, *Clarias gariepinus*: the first step. - PhD thesis, Fish Culture and Fisheries Group, Wageningen Institute of Animal Sciences. Wageningen University. 2004. p.37.



peces pueden comportarse de maneras variadas en diferentes condiciones a determinadas horas del día. Los mecanismos que subyacen a las interacciones (el método de alimentación, el fotoperiodo y intensidad de la luz) no se conocen bien, pero si muchas vías fisiológicas que pueden influenciar, sugieren que el ritmo circadiano en los teleósteos son sincronizados tanto por la intensidad de luz como por el fotoperiodo, con variaciones circadianas que influyen en la utilización metabólica de alimento por los peces. La sincronización de las condiciones de cría con los ritmos biológicos de los peces puede mejorar la eficiencia de la producción. Efectos del fotoperiodo en el crecimiento, la demanda de piensos, y los metabolitos circulantes se han estudiado en varias especies. La intensidad de la luz también se ha estudiado, pero sobre todo en las especies marinas, tales como el salmón del Atlántico y muy poco en especies de agua dulce.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCALIZACIÓN

El trabajo de campo se desarrolló durante 12 días en las instalaciones del Laboratorio de Organismos Vivos del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño Sede Torobajo, al noroeste de la ciudad de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño, Con una altitud de 2540msnm, temperatura media de 14°C, precipitación anual de 1100 mm, humedad relativa de 75%, latitud 0.1° 0.9´ Norte, longitud 77° 08´ Oeste.



### 5.2 INSTALACIONES, MATERIALES Y EQUIPOS

Para el trabajo de campo, se montó una batería de 4 acuarios con capacidad de 200 L, provistos de blower y tres separaciones por acuario tipo bastidor para cada tratamiento. La incubación se realizó en un tanque de 250 L en los cuales se instalaron 2 incubadoras de flujo ascendente, con capacidad de 2L; el cual fue suministrado por una bomba de capacidad de 1000 L/h. Los principales materiales, equipos e insumos utilizados fueron:

## **Materiales**

- Lámparas alógenas de 6400 K
- Jeringas tipo insulina de 1ml
- Tanques circulares de 250 L
- Probeta 50 ml
- Beaker de 500 ml
- Porta y cubre objetos
- Cajas petri
- Incubadoras de flujo ascendente
- Recipientes plásticos de 4 L de capacidad
- Bolsas plásticas de 10 L de capacidad
- Angeo plástico de 1cm de ojo de malla
- Marcos de madera de 0.7 m de ancho y 0.5 m de largo
- Cánulas plásticas

## **Equipos**

- Equipo de disección
- pH – metro UVWR científica modelo 8010 escala 0 - 14
- Balanza analítica OHAUS referencia PA313 capacidad 0.001g – 310 g
- Balanza referencia SF400 capacidad 1g – 5 Kg
- Termómetro
- Microscopio Binocular OLIMPUS modelo CX21FS1, dispuesto con un micrómetro objetivo escala 1:100 marca SHIBUYA
- Estereoscopio NIKON SMZ-1 (zoom 1.7 X – 3 X)
- Cámara digital SAMSUNG LUMIX
- Medidor colorimétrico de amonio marca TETRA
- Ictiómetro
- Oxímetro YSI 550A
- Malla para fitoplancton
- Cámara de Neubauer

## **Insumos**

- Solución Serra 150ml
- Solución Carbamida 100ml
- Azul de metileno
- Alcohol 1000 ml
- Extracto Hipofisario de Carpa EPC 1g ARGENT Laboratorios
- Ovaprim WESTERN CHEMICAL Inc 20ml
- Copépodos

- Artemia salina
- Sal marina
- Rotíferos
- Agua destilada
- Suero fisiológico

### 5.3 MANEJO BIOLÓGICO Y PROFILAXIS

La investigación se desarrolló durante 12 días comprendidos entre el 4 y el 15 de noviembre del 2011. Las actividades realizadas incluyeron producción de alimento vivo, captura de reproductores del medio natural, selección de ejemplares, inducción hormonal, incubación, levante de larvas y monitoreo permanente de las mismas. Se evaluaron 640 larvas de capitán de la sabana a una densidad de 1 larva/L.

Inicialmente se desinfectaron y lavaron los acuarios con agua y cloro granulado al 65%, transcurrido un periodo 2 horas el cloro se neutralizó con hiposulfito de sodio. Posteriormente se llenaron los acuarios y se realizaron las distribuciones para los diferentes tratamientos. Las actividades de limpieza, sifoneo y mantenimiento así como la adición del zooplancton se realizaron diariamente.

**5.3.1 Captura y Manejo de reproductores.** Los reproductores de *E. mutisiise* capturaron en la noche en las riberas de la laguna, a una profundidad entre 7 m a 16 m empleando un chinchorro y adicionando como carnada lombriz roja e inspeccionando el chinchorro cada 2 horas para minimizar el daño de los animales (Figura 2); una vez capturados los animales se transfirieron a un tanque de transporte, luego se los trasladó a los laboratorios de la Universidad de Nariño y se pasaron a un tanque de 250 L para el proceso de inducción a la maduración.

**Figura 2. Captura de ejemplares de *E. mutisiicon* chinchorro.**



**5.3.2 Selección de reproductores.** En dos tanques de 40 L, se adicionó  $0.4\text{ml.L}^{-1}$  de MS-222 con el fin de sedar a los animales y minimizar el stress que produce la captura; una vez anestesiados se seleccionaron tantomachos como las hembras a inducir para lo cual se utilizó el método de biopsia ovárica para hembras, escogiendo las que tenían oocitos con núcleo migrando y para los machos se hizo una leve presión abdominal para comprobar la presencia de esperma. Las hembras aptas para la inducción se las indujo con EPC a razón de  $7\text{mg.Kg}^{-1}$ , repartidas en dos dosis, la primera, el 20% de la dosis y en la segunda el 80% (Figura 3), siguiendo el protocolo de inducción utilizado por Benavides y Ortega para la misma especie<sup>18</sup>, la relación macho hembra fue de 1:3, a los machos se les aplico una única dosis con la segunda dosis de las hembras.

**Figura 3. Pesaje de animales e inducción hormonal.**



**5.3.3 Desove.** El desove y fecundación de los huevos ocurrió entre las 36 y 72 horas después de la segunda dosis hormonal aplicada a las hembras (Figura 4) a diferencia de lo reportado por Benavides y Ortega<sup>19</sup>, con la misma especie quienes obtuvieron respuesta a la inducción hormonal a las 15 horas después de la segunda dosis.

Los huevos se obtuvieron mediante extrusión y se recolectaron en un recipiente seco, del cual se tomaron 4 muestras de 2ml cada una para realizar el conteo de huevos, se hizo el conteo del número de huevos en los 2ml, se realizó el promedio y se extrapoló al volumen total de huevos en el recipiente; paralelo se ejecutó la fertilización con el semen del macho para lo cual se ejerció una leve presión en el área abdominal del animal y se procedió a mezclar los productos en

<sup>18</sup> BENAVIDES, J y ORTEGA, C. Evaluación de la Gonadotropina Corionica Humana (HCG) y el extracto pituitario de carpa (epc) en la reproducción inducida del capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*), en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado Ingeniero en Producción Acuicola. Pasto., Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Microbiológicos., 2005. p.73.

<sup>19</sup>Ibíd., p. 33.

seco, una vez homogenizados se empezó a añadir agua paulatinamente. Para la determinación del porcentaje de fertilización se tomaron dos muestras, contando el número total de huevos por muestra y el número total de huevos fertilizados y no fertilizados.

**Figura 4. Desove de hembra de *E. mutisii* y fertilización en seco**



**5.3.4 Distribución de ovas.** Los huevos fertilizados y limpios se sembraron en 2 incubadoras de 2 L a una densidad de 25 ml/L hasta la eclosión, encontrándose 1.472 huevos en 1ml.

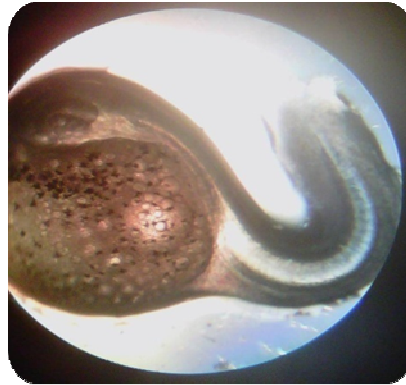
**5.3.5 Larvicultura.** Las larvas se sembraron en 4 acuarios con una capacidad de 200 L, los cuales se llenaron con un volumen neto de 180 L; un día antes de la eclosión se comenzó a adicionar infusorios a una densidad de 150 – 300 células/ml, adicionando 0,25 ml cada 6 horas; copepoditos a una densidad de 10 unidades/larva y de artemia se ofrecieron nauplios a razón de 5 unidades/larva de acuerdo con la metodología de Muñoz *et al*<sup>20</sup>, la ración se ajustó conforme a la sobrevivencia; esta alimentación se mantuvo hasta finalizar el bioensayo. El número de horas luz y oscuridad en la fase larval varió según las condiciones experimentales de cada tratamiento. Las características morfológicas y morfo métricas se monitorearon diariamente, tomando una muestra de 2 larvas por replica las cuales fueron ubicadas en portaobjetos de donde se extrajo la mayor cantidad de agua posible, para luego ser observadas en un microscopio con un micrómetro ocular de 10  $\mu$  de precisión (Figura 5). La determinación del peso de las larvas se realizó diariamente utilizando 2 larvas por replica, retirando el exceso de agua y llevándolas a la balanza analítica. El análisis estomacal se realizó

---

<sup>20</sup> MUÑOZ, F. TOBAR, J. ARIAS, J. Respuesta a la primera alimentación en larvas de barbilla *Rhamdiasebaec.f.* (pisces: siluriformes, pimelodidae). Facultad de ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayan, Cauca, Colombia. Febrero 5 del 2007. p 3. Disponible en internet en: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol5/6Vol5.pdf>

ubicando un cubreobjetos sobre la larva haciendo presión en esta, hasta permitir la observación del alimento consumido.

**Figura 5. Larva en objetivo 4X.**



**5.4 Alimentación.** Las larvas de capitán de la sabana fueron alimentadas con zooplancton conformado por copépodos, infusorios y artemia salina. Para lo cual se implementó:

**5.4.1 Cultivo de infusorios.** En el cultivo de infusorios, se dejó secar al sol cáscaras de banana (*Musa paradisiaca*), a razón de una cáscara cada 2 L de agua. Se colocó en agua limpia y sin cloro en un lugar con luz natural. Al cabo de 1 o 2 días se presentó el crecimiento de los microorganismos tales como Rotíferos (*Diploisdaviesta* y *Lecane luna*) (Figura 6).

**Figura 6. Infusorios (A y B rotíferos, C. Paramecios).**



**5.4.2 Cultivo de copépodos.** Se realizó arrastres en lancha, con una malla para plancton de 100 y 40  $\mu$  en el lago Guamúz. Posteriormente los copépodos colectados pertenecientes a una especie no identificada del orden

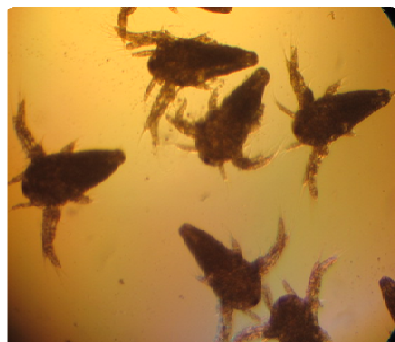
Calanoidea (Figura 7) fueron sembrados en un tanque de 250L, de los cuales se obtuvo nauplios y copepoditos, los cuales fueron alimentados con *Spirulina* sp. a una concentración de  $7 \times 10^5$  cel.ml<sup>-1</sup>. Cuando se logró obtener nauplios y copepoditos se realizó la separación de los mismos mediante mallas de 100 y 40  $\mu$ , obteniendo adultos de nauplios, y así suministrarlos a las larvas.

**Figura 7. Copépodo del orden Calanoidea**



**5.4.3 Cultivo de Artemia salina.** Los quistes de *Artemia salina* se colocaron para la eclosión en incubadoras de 2L con agua de clorinada a la cual se le adicionó sal marina en cantidades de 30 g/L con el fin de emular el agua de mar, la aireación se suministró por medio de un blower para acuario con piedra difusora; los parámetros que se obtuvieron fueron pH 8 – 8.5, temperatura 30°C y una salinidad de 30ppm. Transcurridas 24 horas se cosecharon los nauplios de *Artemia* (Figura 8), mediante sifoneo, para lo cual se dejó reposar sin aireación con el fin de permitir que los quistes sin eclosionar y los restos de los mismos vayan al fondo y la *Artemia* en la parte superior.

**Figura 8. Artemia salina Artemia sp.**



## 5.5 TRATAMIENTOS

En el bioensayo se evaluaron los siguientes tratamientos (Figura 9):

T0: Tratamiento control, sin luz artificial

T1: Régimen de 24HL (HL: horas luz)



T2: Regímenes de 12HL: 12HO (HL: horas luz; HO: horas oscuridad)  
 T3: Ausencia de luz 24HO (HO: horas oscuridad)

**Figura 9. Tratamientos.**



### 5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar (D.I.A), conformado por cuatro tratamientos y 4 réplicas para cada tratamiento. El peso y longitud inicial de las larvas fueron considerados como una covariable. Por lo tanto las variables incremento de peso y el incremento de longitud, de las larvas y tasa de crecimiento simple se realizaron mediante una (ANCOVA); de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta(x_{ij} - \bar{x}) + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Donde:

$y_{ij}$  = j – esima de la variable respuesta tomada bajo el tratamiento i – esimo

$x_{ij}$  =medición hecha de la covariable correspondiente al  $y_{ij}$

$\overline{X}$  = media de los valores  $x_{ij}$   
 $\mu$  = media global.  
 = i – esimo efecto del tratamiento.

$\beta$  = coeficiente de regresión lineal que indica independencia de  $y_{ij}$  de los  $x_{ij}$

Cuando se encontró diferencias significativas entre los tratamientos se realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey al 95% de confianza. Para la variable sobrevivencia se empleó la prueba de homogeneidad para variables binomiales

**5.6.1 Formulación de Hipótesis.** Para esta investigación se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 \quad (2)$$

El efecto medio de los tratamientos en las diferentes variables es igual.

Hipótesis alterna:

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j, \text{ siendo } i \neq j \quad (3)$$

El efecto medio de los tratamientos presenta al menos un valor medio, diferente en las variables a evaluar.

**5.6.2 Variables evaluadas.** Las variables para evaluar el efecto del fotoperiodo en larvas de *E. mutisifueron*: incremento de peso diario, incremento de longitud diaria, porcentaje de sobrevivencia y tasa de crecimiento simple.

**5.6.2.1 Incremento de peso diario.** Se refiere al incremento de peso en un determinado período de tiempo, realizando una media con los datos y se calcula con la siguiente fórmula:

$$IPD = (Pf - Pi) / t \quad (4)$$

Donde:

IPD = Incremento de peso diario (mg/día)

Pf = Peso final (mg).  
Pi = Peso inicial (mg).  
t = Tiempo (días).

**5.6.2.2 Incremento de longitud diaria.** Se refiere al aumento de longitud en un determinado período de tiempo, realizando una media con los datos. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$ILD = (L_f - L_i) / t \quad (5)$$

Donde:

ILD = Incremento de longitud diaria (mm/día)

Lf = Longitud final (mm).

Li = Longitud inicial (mm).

T = Tiempo (días).

**5.6.2.3 Tasa de crecimiento simple.** Es el incremento de peso expresado en porcentaje, ganado por un individuo durante un período determinado.

$$TCS \% = (P_f - P_i / P_i) * 100 \quad (6)$$

Donde:

TCS% = Tasa de crecimiento simple.

Pf = Peso final.

Pi = Peso inicial.

**5.6.2.5 Porcentaje de Supervivencia.** Se realizó una ANOVA de acuerdo a lo especificado anteriormente teniendo como variable respuesta el porcentaje de supervivencia de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$S \% = (N_f / N_i) * 100 \quad (7)$$

Donde:

S% = Porcentaje de supervivencia.

Nf = Número de larvas al final del estudio en cada unidad experimental.

Ni = Número de larvas al inicio del estudio en cada unidad experimental.

## 6.PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 INDUCCIÓN A LA REPRODUCCIÓN

Se indujeron 5 hembras y 6 machos de 190 y 185 g de peso promedio respectivamente de los cuales se obtuvo 17.662 oocitos en promedio para cada hembra, con un peso medio de las gónadas de 12,36 g, el peso medio de las hembras con las que se trabajó se encuentra dentro del promedio para la especie como lo registra Amaya<sup>21</sup>, quien afirma que los valores de fecundidad para la especie se encuentran entre 10.000 – 60.000 para hembras con promedio de peso de 185 g. Se obtuvo un porcentaje de fertilización del 23.8 %, eclosión 3.73 % dando como resultado un promedio de 157 larvas por hembra. (Tabla 1).

**Tabla 1. Comparación de porcentajes de fertilización en *E. mutisii*.**

<b>Autores</b>	<b>Especie</b>	<b>Hormonas</b>	<b>T(°C)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>(%) de fertilización</b>
Marcucciet al. <sup>22</sup>	<i>E. mutisii</i>	EPC	16	5.5mg.Kg <sup>-1</sup>	22%
Benavidez y Ortega <sup>23</sup>	<i>E. mutisii</i>	EPC	14	7mg.Kg <sup>-1</sup>	14.6%
Cruz y Pinto*	<i>E. mutisii</i>	EPC	13.5	7mg.Kg <sup>-1</sup>	23.8%

\*Esta investigación

### 6.2 DESARROLLO EMBRIONARIO

El desarrollo embrionario fué seguido a través de fotografías microscópicas; procedimiento que se realizó desde la fertilización hasta la eclosión, tomando como tiempo cero la fertilización. El proceso en esta etapa tomó aproximadamente 84 horas a una temperatura media de 13°C. El estadio de blástula se alcanzó a las 8 h y 20 min, el cierre del blastoporo ocurrió a las 33 h y 13 min, como estructura especial se aprecia la doble membrana típica de silúridos, tiempos similares a los reportados

<sup>21</sup>AMAYA, R. Contribución al estudio biológico del capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* (Humboldt, 1805) en el lago de Tota, Boyacá. Trabajo de grado, Facultad de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano Bogotá 1975. p. 8 – 15.

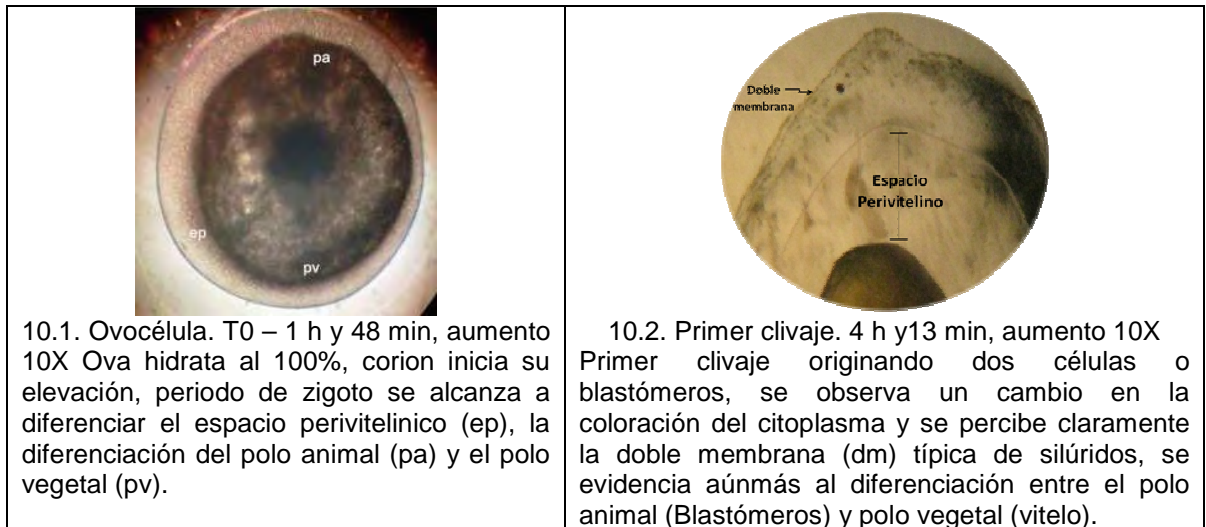
<sup>22</sup>MARCUCCI, R, GONZALES, J y ROSADO, R. Protocolo para la reproducción inducida del pez capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*, Humboldt, 1805) obtenido mediante tratamiento hormonal. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10° 2004 Villavicencio) Memoria de la X jornada de acuicultura. Villavicencio. 2004. Trabajo de grado, Zootecnista. Bogotá D.C. Universidad de La Salle. Facultad de Zootecnia. p.36.

<sup>23</sup>BENAVIDES y ORTEGA. Op. cit., p 67.

por Marcucci<sup>24</sup>, quien registra para la misma especie un tiempo total desde la fertilización hasta la eclosión de 84 horas a 96 horas, estado de blástula a las 8 horas, cerramiento del blastoporo a las 33 horas y la presencia de la doble membrana. Es importante resaltar, “que la variabilidad en tiempo y aparición de estructuras, puede ser explicada por el efecto de la temperatura y el oxígeno del agua sobre el desarrollo embrionario”<sup>25</sup>.

La longitud total de la larva al eclosionar fue de aproximadamente 2.4 a 2.8 mm, el cuerpo no presenta pigmentos, el saco vitelino presenta variación en la coloración desde un verde claro hasta café oscuro y marcada fotofobia observada por la reacción de huida a la luz; la reabsorción del saco vitelino se completó a las 96 horas (Figura 10). Para la descripción de las estructuras en el desarrollo embrionario se siguió una metodología similar a la expuesta por Olarte *et al*<sup>26</sup>.

**Figura.10. Desarrollo embrionario**

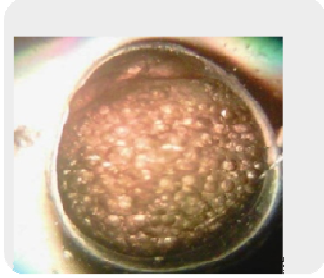


<sup>24</sup> MARCUCCI, R, Op., cit. p.48.

<sup>25</sup> *ibid.*, p. 47.

<sup>26</sup> OLARTE, J y MARCIALES-CARO, L. Comparación del desarrollo embrionario de *Piaractus brachyomus* (Serrasalminidae) y *Pseudoplatystomasp.* (Pimelodidae). p8 - 14

**Figura.10. Desarrollo embrionario (Continuación).**



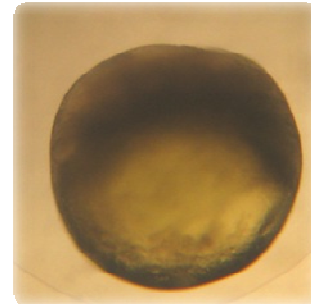
10.3. Segundo Clivaje 5 h y 31 min, aumento 3.2X originando 4 células o blastómeros (bt).



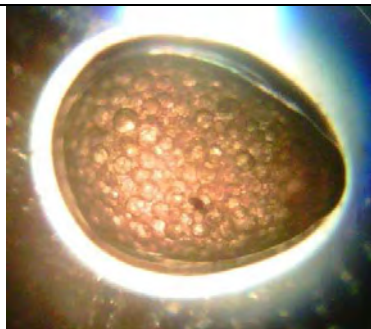
10.4. Tercer y Cuarto clivaje 7 h y 16 min, aumento 5X El cual origina 8 y 16 células respectivamente.



10.5. Blástula. 8 h y 20 min, aumento 3.2X Se observan cigotos en estado de 32 y 64 células quinta y sexta división, blastómeros (bt) muy pequeños, inicia fase de blástula.



10.6. Blástula. 21 h y 18 min, aumento 3.2X Inicio descenso del blastodisco sobre el polo vegetal, esta es la última etapa de blástula, se inician movimientos epibólicos y marca el inicio de la etapa de gastrulación.

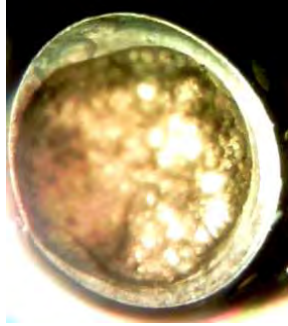


10.7. Gástrula. 26 h y 7 min, aumento 3.2X se inicia la fase de gástrula con los movimientos epibólicos, las células blastodermicas y periblasticas empiezan a cubrir el vitelo.

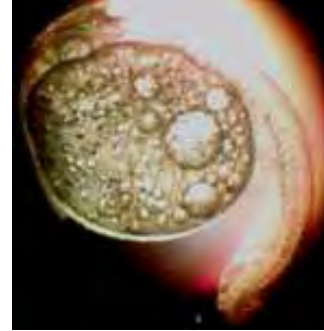


10.8. Gástrula. 28 h, aumento 3.2X epibolia del 80 % se observa casi todo el vitelo recubierto, esta fase se denomina gástrula intermedia a las 33.21 horas, ocurre el cierre del blastoporo, al contraerse al anillo germinativo, termina la fase de gástrula y comienza la organogénesis.

**Figura.10. Desarrollo embrionario (Continuación).**



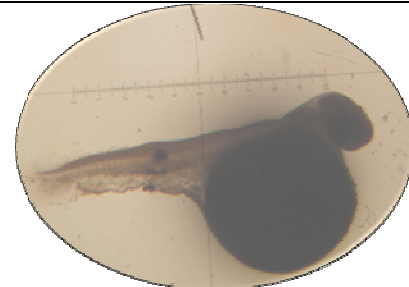
10.9. Organogénesis. 48 h y 5 min, aumento 3.2X Se puede observar un embrión en forma arqueada sobre el vitelo, se pueden apreciar las primeras somitas y la clara diferenciación de la parte caudal (pc) de la parte cefálica (pa), el embrión se encuentra en organogénesis temprana.



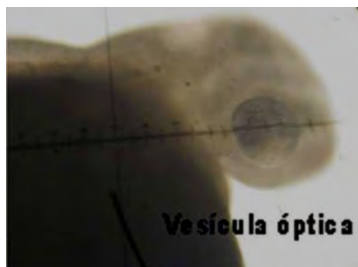
10.10. Organogénesis. 57 h y 27 min, aumento 3.2X, el embrión entra en organogénesis media, se aprecia la formación de las vesículas ópticas y óticas y clara diferenciación del eje cefálico (pa) y el caudal (pc), al igual que la separación de la cola del vitelo. El embrión entra en organogénesis tardía y se aprecian fuertes movimientos corporales se observa somitas pareadas, los primeros vasos del sistema circulatoria, aletas primigenias y debilitación del corion



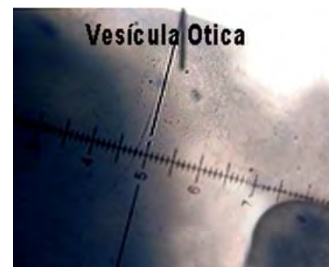
10.11.Larva de *E. mutisii* recién eclosionada. Eclosión. 86 h y 7 min, aumento 3.2X



10.12.Larva de 3 a 4 días, se puede apreciar el saco vitelino en proceso de absorción, aumento 4x

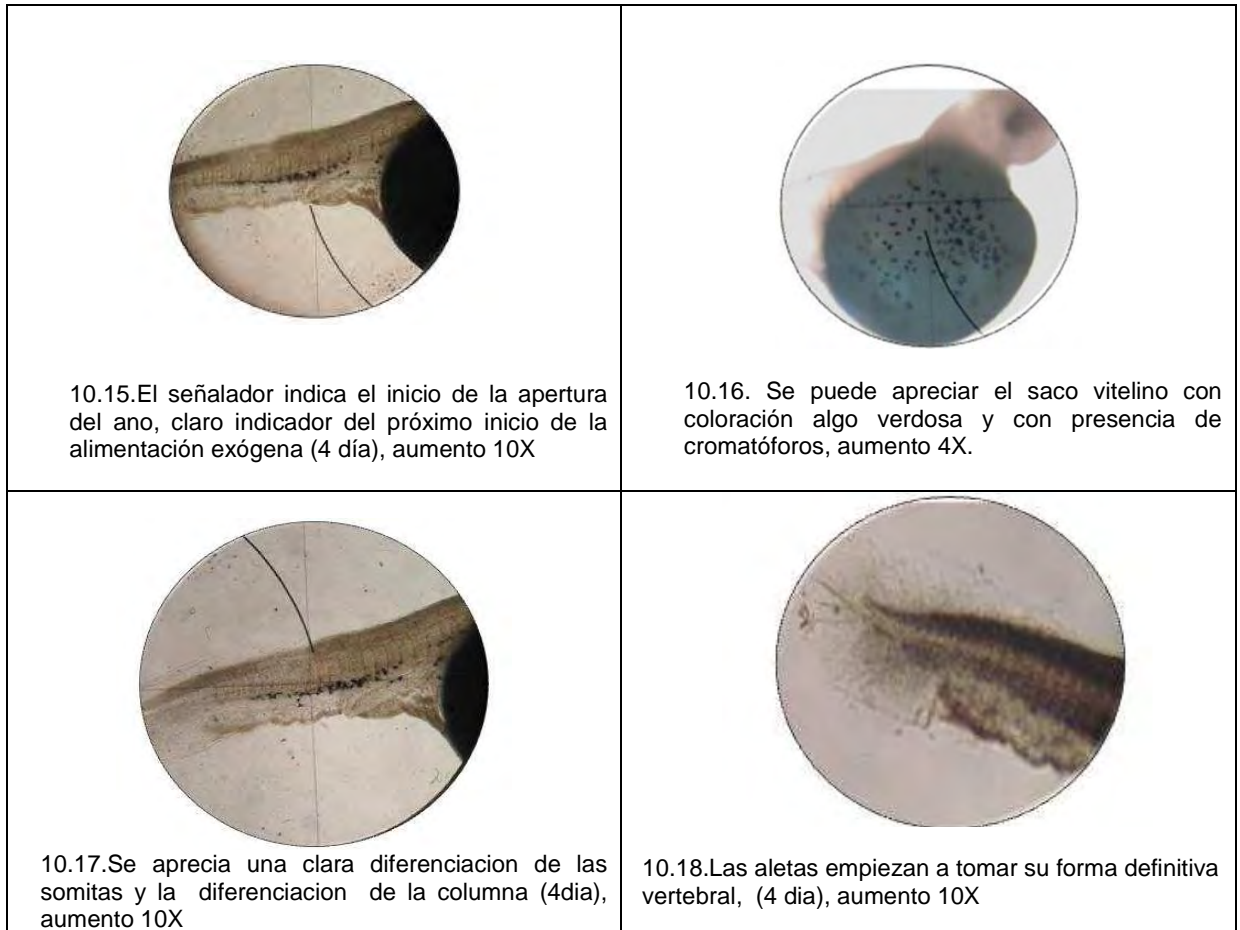


10.13.Claramente se puede apreciar las vesículas ópticas en un aumento de 10x al 3 día y 12 h



10.14. Se destacan las vesículas óticas indicadas x el señalador, aumento 10X al 3 día y 12 h

**Figura.10. Desarrollo embrionario (Continuación).**



### 6.3 ANÁLISIS CONTENIDO ESTOMACAL

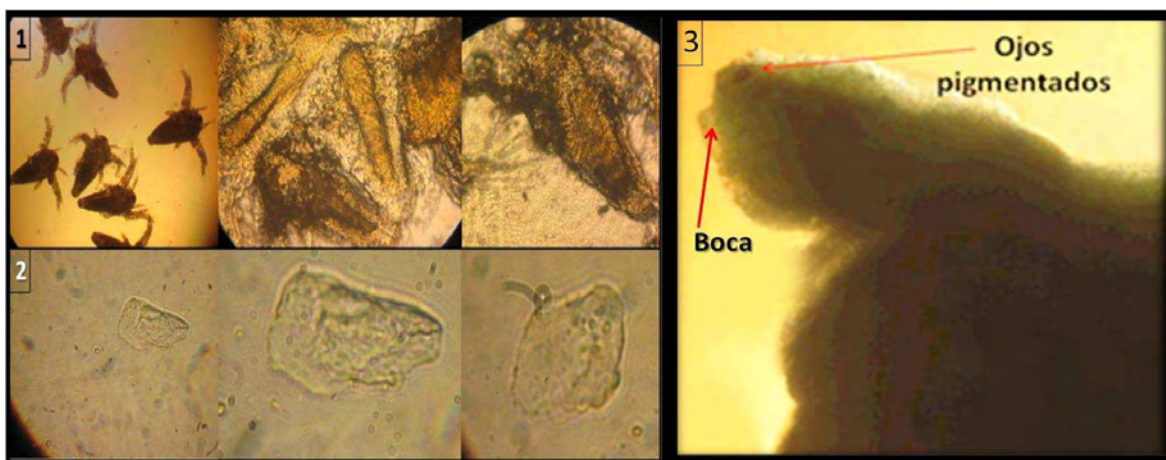
Se observó el contenido estomacal de larvas de capitán de la sabana, lo cual sirvió para determinar la preferencia por presas, aunque no se pudo determinar el número exacto de presas consumidas en un período de tiempo, si se pudo establecer que las larvas seleccionaron el alimento basándose principalmente en el tamaño y tipo de presas, esto dependiendo el día post eclosión.

Se pudo apreciar que las larvas desde la absorción del saco vitelino hasta aproximadamente el 2° día zooplancton el cual presentaba un tamaño aproximado de 30 – 120 $\mu$ , posteriormente al 3° día las larvas buscan alimento de mayor tamaño, mostrando especial interés por la *Artemia sp*, encontrándose esta sin digerir cuando se observó al microscopio (Figura 11), comportamiento similar al



reportado por Marcucci<sup>27</sup>, con larvas de la misma especie el cual reporta que el plancton debe ser filtrado por redes de 50 – 150 $\mu$  y que la Artemia salina se encuentra entre los alimentos más prometedores para la larvicultura de esta especie, sin embargo es vital realizar ensayos que ayuden a comprender tanto los requerimientos como la alimentación de esta especie.

**Figura. 11 Contenido estomacal y larva 5 días PE**



## 6.4 VARIABLES EVALUADAS

El análisis de varianza detectó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos para las variables Incremento de peso diario, incremento de longitud diaria y tasa de crecimiento simple, lo cual permite rechazar la hipótesis alterna, sin embargo la prueba de Snedecor Irwindeterminó que para la variable sobrevivencia si existen diferencias significativas que sugiere que existe un efecto diferente al menos en una de las variables evaluadas.

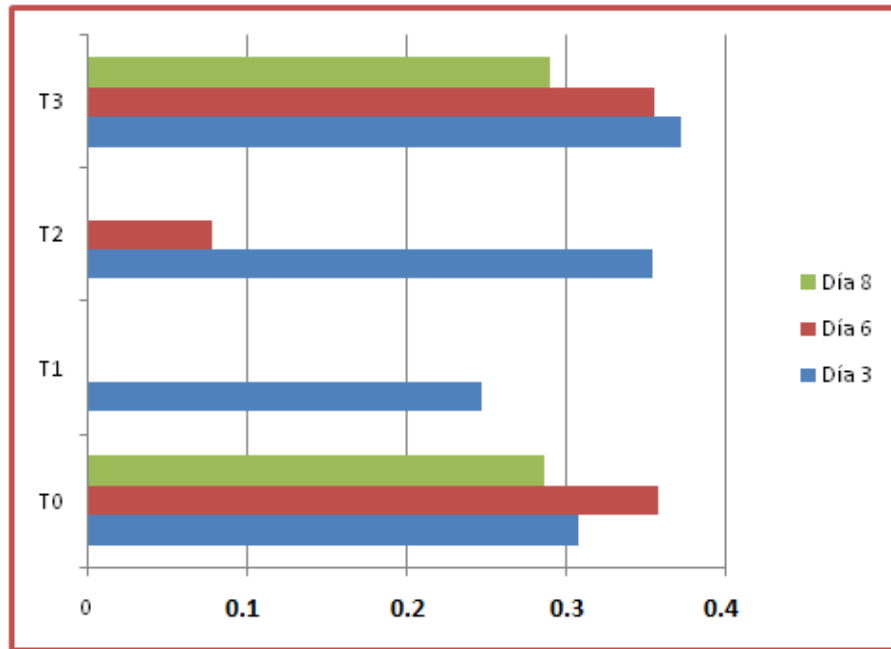
**6.4.1 Incremento de peso diario.** La evaluación se efectuó hasta el día 3, comparando el peso inicial (peso al eclosionar) con el peso final a determinado día, esto debido a la mortalidad presente en el tratamiento 1 la cual no permitió realizar comparaciones con los tratamientos 0, 2 y 3 en los cuáles se presentó sobrevivencia hasta el día 6 para el T2 y el día 8 para el T0 y T3 (Figura 12); la mortalidad pudo ocurrir porque la luz artificial causa un grado alto de estrés para los animales, aspecto que coincide con ParmaCroux<sup>28</sup>, quien en *Pimelodus clarias* afirma que el cultivo bajo prolongados períodos de luz resulta altamente

<sup>27</sup>MARCUCCI, R Op., cit. p. 62.

<sup>28</sup>PARMA-CROUX, M. Crecimiento de juveniles de *Pimelodus clarias maculatus* - pisces, Pimelodidae - en condiciones experimentales: efecto del fotoperiodo p. 2 – 6.

estresante. El peso promedio al eclosionar fue de 2.56 mg; en el día 3 el peso fue de 2.9 mg promedio por tratamiento. (Tabla 2).

**Figura 12. Incremento de peso diario (mg).**



**Tabla 2. Promedio de peso inicial por tratamientos**

Tratamientos	T0	T1	T2	T3
<b>Peso promedio al eclosionar (mg)</b>	2.57	2.32	2.75	2.60

En el día 3 no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y el incremento de peso diario (Anexo A); el mayor promedio en IPD para los tratamientos se obtuvo en el T3 con un 0.373 mg, seguido de T2 con 0.355 mg, T0 con 0.308 mg y T1 con 0.248 mg. (Tabla 3).

**Tabla 3. Incremento de peso diario al día 3.**

Tratamientos	T0	T1	T2	T3
<b>IPD 3 día (mg)</b>	0.308	0.248	0.355	0.373

Los menores incrementos de peso observados en los tratamientos T0, T1 y T2 se pueden deber a que el exceso de luz en fases tempranas puede ocasionar estrés, similar a lo mencionado por Tucker<sup>29</sup>, quien afirma que la luz en exceso producirá estrés, y las larvas se mantendrán cerca del fondo dificultando su alimentación y posiblemente se presentarán enfermedades de la piel. En el tratamiento T3 con completa oscuridad se presentan los mayores incrementos de peso diario y las larvas se observan con movimientos permanentes y agilidad especialmente en horas nocturnas. Comportamiento similar al registrado por AppelbaomyKamler<sup>30</sup>, en *Clariasgariiepinus*, quienes registran mejores crecimientos en oscuridad.

**6.4.2 Incremento de longitud diaria.** El análisis se efectuó al igual que para la variable incremento de peso para el día 3. La longitud promedio al eclosionar fue de 2.75 mm, tamaño similar al registrado por Marcucci<sup>31</sup>, en *E. mutisii* registrando 3.0 mm de longitud total al eclosionar. (Tabla 4).

**Tabla 4. Promedio de longitud al eclosionar.**

Tratamientos	T0	T1	T2	T3
<b>Longitud promedio al eclosionar (mm)</b>	2,77	2,7	2,75	2,77

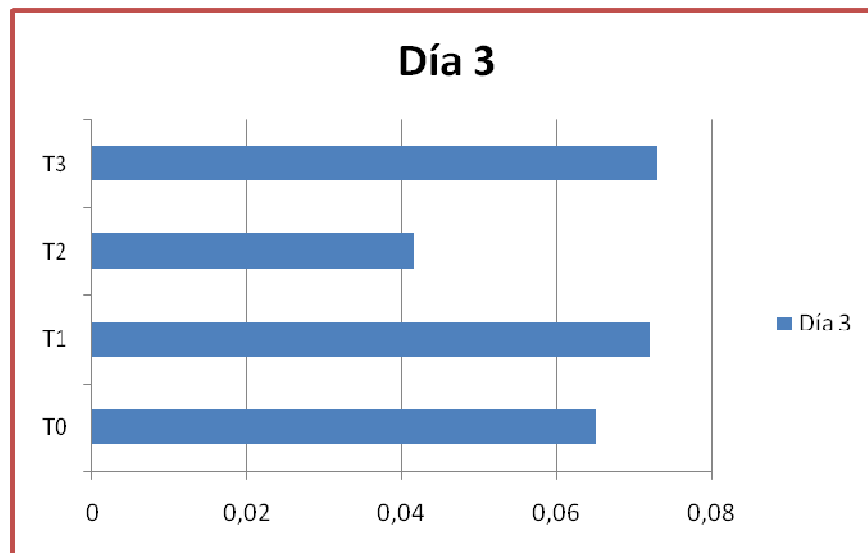
<sup>29</sup>TUCKER, J. Marine fish cultura. Boston: Kluwer Academic Publisher, 1998. p. 230

<sup>30</sup>APPELBAUM, S.; KAMLER, E. Survival, growth, metabolism and behaviour of *Clariasgariiepinus*(Burchell 1822) early stages under different light conditions. *Aquacultureengineering*. 2000. 22: p 269-287.

<sup>31</sup>MARCUCCI. Op., cit. p. 30.

El seguimiento al día 3, no se presentó una relación estadísticamente significativa entre los tratamientos y la variable longitud (Anexo B), el mayor promedio en ILD para los tratamientos se obtuvo en T3 con un 0,073 mm, seguido de T1 0,072 mm, T0 0,065 mm y T2 0,0415 mm (Figura 13); por lo cual se puede decir que el fotoperiodo con completa oscuridad tiene un efecto positivo en el crecimiento en silúridos en fases tempranas, resultado similar al obtenido por Duque *et al*<sup>32</sup>, quien afirma que la oscuridad brinda mejores resultados en silúridos en fases tempranas, favoreciendo el incremento en talla, peso y mejorando la sobrevivencia.

**Figura 13. Incremento de longitud día 3 (mm).**



**Tabla 5. Incremento de longitud diario al día 3.**

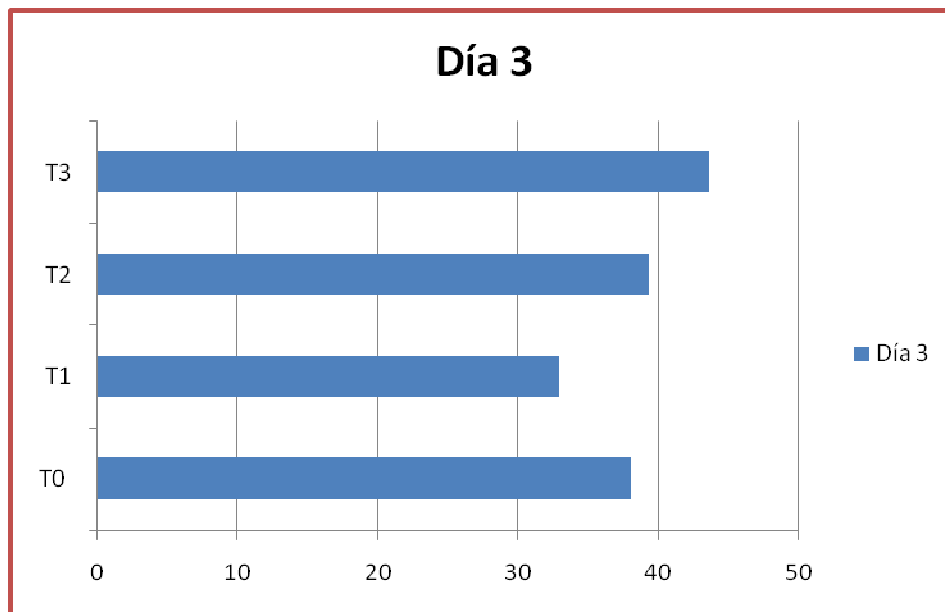
Tratamientos	T0	T1	T2	T3
ILD 3 día (mm).	0.065	0.072	0.0415	0.073

<sup>32</sup>DUQUE, R y CORCUY, N. Influencia del fotoperiodo y del ritmo de alimentación sobre la sobrevivencia larval del surubí (*Pseudoplatystomafasciatum*). 2003.p. 12

**6.4.3 Tasa de crecimiento simple (TCS).** El análisis de varianza que se desarrolló para el día 3 estableció que para ésta variable no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo C).

Se puede apreciar la tasa de crecimiento simple para los 4 tratamientos, en ella el T3 (24 h de oscuridad), tiene una (TCS) mayor a la registrada por el T0, T1 y T2 al día 3, con un 42.9 %, (Figura 14).

**Figura 14. Tasa de crecimiento simple (%).**



El anterior comportamiento confirma lo expresado por Appelbaum y Kalmer<sup>33</sup>, quienes en *Clariasgaripepinus*, registran que los peces criados en oscuridad eran más grandes y obtenían mejores ganancias en tamaño que los animales criados con luz artificial.

Esta mayor T.C.S en el tratamiento 3 también se puede presentar debido a que los animales en completa oscuridad están sometidos a niveles de estrés menores a los de luz artificial, aspecto que se puede apreciar en la figura anterior, en donde las larvas del T3 presentan valores más altos frente a los animales expuestos a luz artificial T1 (Régimen de 24HL), T2 (Regímenes de 12HL:12HO), aspecto similar a lo obtenido por Parma Croux<sup>34</sup>, quien en *Pimelodusclarias*, registra que en períodos largos de luz, es muy estresante y la cobertura, parece atenuar el estrés y resulta en una mayor ingesta de alimentos y las tasas de crecimiento con un

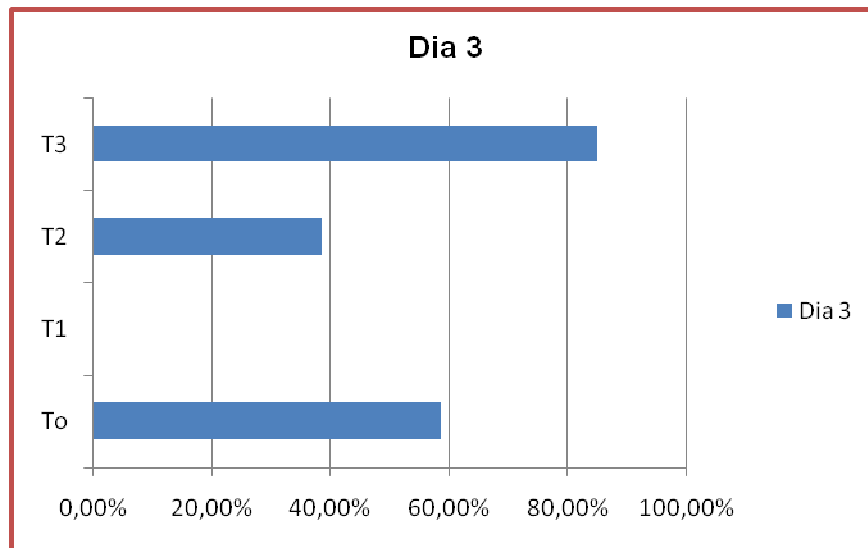
<sup>33</sup> APPELBAUM y KAMLER. Op. Cit., p. 269-287.

<sup>34</sup> PARMA CROUX. Op., cit. p. 3.

régimen de ausencia de luz 24HO alcanzó el mayor peso y longitud al final de los ensayos.

**6.4.4 Porcentaje de sobrevivencia.** La sobrevivencia de larvas del *E. mutisii* obtenida demostró que el tratamiento que presentó el más alto porcentaje de sobrevivencia fue el T3 con ausencia de luz alcanzando una sobrevivencia del 85%. La prueba de Snedecor Irwin, logro determinar que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para esta variable, (Figura 15).

**Figura 15. Porcentaje de sobrevivencia**



Los resultados anteriores confirman lo obtenido por Parma Croux<sup>35</sup>, quien consiguió incrementar la sobrevivencia y obtuvo mayor peso y longitud final en *P. clarias* con un régimen de 0L: 24D. También Mukay y SengLim<sup>36</sup>, obtuvieron mayores tasas de supervivencia en *Clariasgariepinus* en continua oscuridad que con condiciones de luz artificial.

Vinothet *al.*<sup>37</sup>, sostienen que para algunas especies de catfish se probó que la oscuridad mejora el crecimiento al igual que en *C.gariepinusa* baja intensidad de luz mejora el desempeño productivo, tanto a nivel de sobrevivencia, crecimiento y en el desarrollo larval en general.

<sup>35</sup> PARMA CROUX. Op., cit. p. 3.

<sup>36</sup> MUKAI, Y y SENG LIM, L. Larval rearing and feeding behavior of african catfish, *Clariasgariepinus* under dark conditions, p. 8 – 15.

<sup>37</sup> VINOOTH, R et al, Photoperiod induced larval growth of Anemonefish *Amphiprionpercula*. CAS Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Annamalai University, Tamil -Nabu, India. 2010. p 3

El mismo autor<sup>38</sup>, afirma que el fotoperíodo y los colores del tanque de cría influyen en los factores físicos y biológicos los cuales actúan en el desarrollo de la larva y son esenciales para crear protocolos que maximizan la sobrevivencia y el crecimiento bajo condiciones de cultivo, esto pudo haber sido un factor importante en la sobrevivencia de las larvas del capitán debido a que en condiciones de completa oscuridad se presentaron las mejores sobrevivencias.

Sin embargo como cita el mismo autor<sup>39</sup>, la luz continua tiene una reacción en el crecimiento y sobrevivencia larval y el efecto del fotoperíodo parece ser específico de cada especie y este puede influenciar y extenderse a otros aspectos del desarrollo larval más allá de la sobrevivencia y el crecimiento. De lo cual se puede establecer que periodos cortos de luz pueden ser determinantes en la sobrevivencia y desarrollo de las larvas de *E. mutisii* debido a que la luz tiene efectos positivos en el desarrollo no solo en crecimiento y sobrevivencia.

La temperatura se mantuvo en un promedio de 13.5°C, factor que pudo haber sido trascendental en la sobrevivencia de las larvas, debido a que como afirma Gonzales y Rosado<sup>40</sup>, para el proceso de incubación y para las primeras fases la temperatura del agua debe estar de 12 a 16°C, afirmación similar a la hecha por Marcucci<sup>41</sup> el cual reporta que la temperatura para estas fases no debe superar los 16 °C.

La alimentación larval es otro factor que pudo haber influenciado la alta mortalidad durante el periodo de estudio porque tiene directa relación con el desarrollo larval como lo afirma Prieto y Atencio<sup>42</sup>, quienes reportan que la larva debe aprender a capturar, ingerir y asimilar el alimento; por esto se requiere en esta etapa desarrollar una dieta especial de partículas pequeñas, de textura suave, fácilmente digerible, en forma constante, abundante y con alto valor nutritivo. Además el incompleto desarrollo de su tracto digestivo limita su capacidad de aprovechar satisfactoriamente los nutrientes de la dieta.

---

<sup>38</sup>Ibid., p 2.

<sup>39</sup>Ibid., p 2.

<sup>40</sup> GONZALES, J y ROSADO, R. Aspectos del desarrollo embrionario del capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*). Universidad de la Salle. En: Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Vol. 54 No.2 2007. p 197.

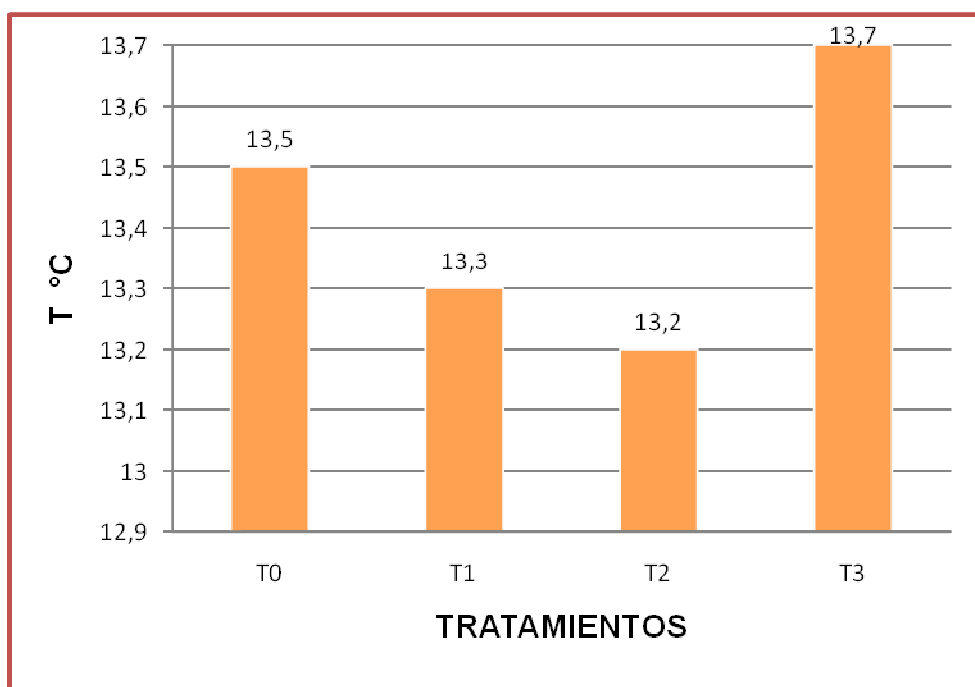
<sup>41</sup>MARCUCCI. Op., cit. p. 51.

<sup>42</sup> PRIETO, M y ATENCIO, V. Zooplancton en la larvicultura de peces neo tropicales. Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Ciencias Acuícolas, CINPIC. Montería, Colombia. 2008. p. 3. Disponible en internet: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/693/69311191017.pdf>

## 6.5 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

**6.5.1 Temperatura.** Los datos registrados para temperatura en promedio durante la fase del bioensayo fue de  $13.5 \pm 0.56$  °C en el T0,  $13.3 \pm 0.83$  °C en el T1,  $13.2 \pm 0.46$  °C en el T2 y para el T3 la temperatura fue  $13.7 \pm 0.48$  °C (Figura 16). Esto indica que no hubo ninguna variación de este parámetro permaneciendo constante para todos los tratamientos y manteniéndose dentro del rango óptimo para la especie según Hernández y Sotto<sup>43</sup>, el cual está entre los 11°C y los 16°C durante el periodo de estudio.

Figura 16. Temperatura.



**6.5.2 Oxígeno disuelto.** Los valores registrados en este parámetro para el bioensayo son en promedio, T0  $5,35 \pm 0,05$  mg/l, en el T1 fue de  $5,62 \pm 0,04$ , para el T2  $5,22 \pm 0,03$  y T3  $5,35$  (Figura 17); los datos que se registraron durante el bioensayo son óptimos para la sobrevivencia de la especie debido a que superan los rangos registrados por Pineda<sup>44</sup>, el cual reporta que el hábitat de la especie en épocas de verano registra un promedio de 3.3ppm y 3.9 ppm y afirma que el capitán de la sabana es una especie que puede sobrevivir en condiciones hipóxicas. Durante el periodo de estudio los valores medios registrados se

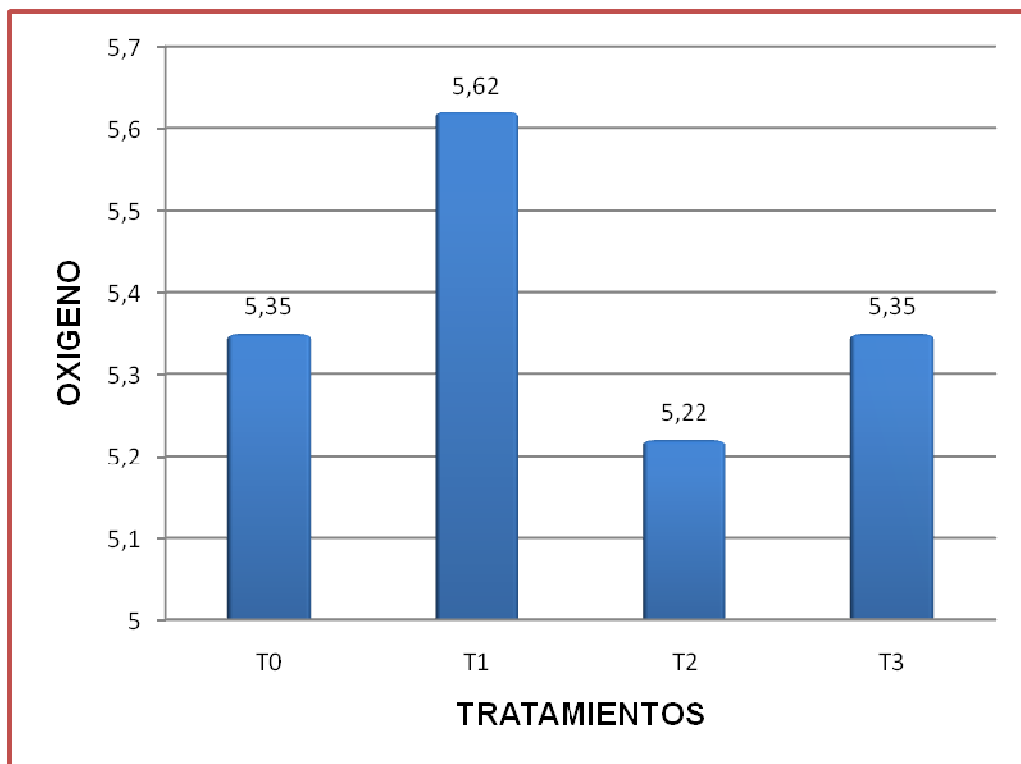
<sup>43</sup>HERNÁNDEZ y SOTTO. Op. Cit. p. 23

<sup>44</sup> PINEDA, N y FLOREZ, A. Límites de tolerancia y consumo de oxígeno del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Humbolt 1805), a diferentes temperaturas de aclimatación. Bogotá, Trabajo de grado (biólogo). Universidad nacional de Colombia. Facultad de biología. 1983, p.23.



encuentran entre los rangos de oxígeno determinados por Benavides y Ortega<sup>45</sup>, los cuales obtuvieron rangos entre 4,38 mg/L y una máxima de 7.35 mg/ L de oxígeno disuelto.

**Figura 17. Oxígeno.**



**6.5.3 pH.** Los valores de este parámetro durante el periodo de estudio no presentaron variaciones. El promedio registrado estuvo alrededor de pH 7.1 el cual está dentro del rango de aceptación para la especie, como lo registra Velandia et al<sup>46</sup>, valores promedio de pH 6,8 a 7,2 para la misma especie.

**6.5.4 Amonio.** En este parámetro los valores promedio en cada tratamiento fueron: T0: 0.04 mg/L, T1: 0.05 mg/L, T2: 0.04 mg/L y T3: 0.03 mg/L (Figura 18). Estos valores se encuentran dentro del rango de aceptación de la especie según Roldan

<sup>45</sup> BENAVIDES y ORTEGA. Op., cit. p.73.

<sup>46</sup> VELANDIA, G y SANCHEZ J. Hábitos alimenticios y vida reproductiva del capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*) del tramo del río Bogotá en el municipio de Suesca. Cundinamarca, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá: Facultad de Ciencias Programa de Biología aplicada 2001. p. 52.

y *Velandia* et al<sup>47</sup>, que reportan valores entre 0.84 +/- 0.12 mg/L de amonio en ejemplares de *E. mutisii*

**Figura 18. Amonio**



<sup>47</sup>ROLDAN, G. Manual de limnología. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, 2004. p. 119.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

- La fase de blástula, gástrula y organogénesis ocurren aproximadamente a las 8, 26 y 48 horas respectivamente.
- La eclosión de las larvas de capitán de la sabana se produce a las 84 horas después de la segunda dosis.
- La absorción del saco vitelino ocurre desde las 96 horas después de la eclosión y las larvas muestran una marcada fotofobia en los tratamientos con luz artificial.
- En fase larval es de importancia alimentar con zooplancton entre 30 y 150  $\mu$ ; los dos primeros días se adiciona infusorios y desde el tercer día suministrar artemia salina
- La mayor sobrevivencia se obtuvo con el tratamiento 3 (regímenes de 24 horas oscuridad) con 85 %; seguido del T0, T2 y T1 con 58.75%, 38.75% y 0.5% respectivamente.
- Las variables, incremento de peso, incremento de talla y tasa de crecimiento simple de la especie en el periodo de evaluación no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos; sin embargo, los mayores valores se obtuvieron en ausencia de luz.(Tratamiento 3).

### **7.2 RECOMENDACIONES**

- Continuar el desarrollo de investigaciones que persigan un adecuado proceso de incubación a fin de conseguir aumentar los porcentajes de eclosión y sobrevivencia de la especie..
- Se recomienda para el manejo óptimo de grandes cantidades de huevos un diseño de sistemas de incubación con flujo abierto y renovación continua.
- En el manejo de las larvas es necesario realizar estudios a nivel de nutrición y de alimentación para esta fase, lo cual es primordial dentro de la búsqueda del paquete tecnológico de la especie.

- Se recomienda realizar trabajos investigativos enfocados a la búsqueda de la temperatura óptima en incubación y fases tempranas que mejoren porcentajes de eclosión, sobrevivencia y en sí el desarrollo de la especie.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ALMAZÁN Rueda, P. Towards assessment of welfare in African catfish, *Clarias gariepinus*: the first step. - PhD thesis, Fish Culture and Fisheries Group, Wageningen Institute of Animal Sciences. Wageningen University, P.O. Box 338, 6700 AH Wageningen, The Netherlands. 160 p.
- AMAYA, R. 1975. Contribución al estudio biológico del capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii*(Humboldt, 1805) en el lago de Tota, Boyacá. Trabajo de grado, Facultad de Biología Marina. Universidad Jorge Tadeo Lozano Bogotá, 85 p.
- APPELBAUM, S y KAMLER, E. 2000. Survival, growth, metabolism and behaviour of *Clarias gariepinus*(Burchell 1822) early stages under different light conditions. *Aquaculture engineering*, 22: 287 p.
- BENAVIDES, J y ORTEGA, C. Evaluación de la Gonadotropina Corionica Humana (HCG) y el extracto pituitario de carpa (epc) en la reproducción inducida del capitán de la sabana (*eremophilus mutisii*), en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado Ingeniero en Producción Acuícola. Pasto., Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Microbiológicos., 2005. 96 p.
- DALH, George. Los peces del norte de Colombia. Comité editorial. Alfredo Acero, Jorge Hernández. Plutarco Cala, Bogotá 1971. 155 p.
- DANIEL, H. Sinopsis de biología. Medellín: Bedout, 1965. 327 p.
- DUQUE, R y CORCUY, N. Influencia del fotoperiodo y del ritmo de alimentación sobre la sobrevivencia larval del surubí (*Pseudoplatystoma fasciatum*). 23 p.
- GONZALES, J y ROSADO, R. Aspectos del desarrollo embrionario del capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*). Universidad de la Salle. En: Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Vol. 54 No.2 2007. 247 p.
- HERNANDEZ, J y SOTTO, G. Desarrollo de un policultivo de trucha Arco iris (*O. mykiss*) y Capitán de la Sabana (*E. mutisii*) a diferentes densidades de siembra utilizando un concentrado comercial. Trabajo de Grado Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto 1993. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos. 1993. 130 p.

- LAJONCHÉRE, L. y MOLEJÓN, O. Producción de juveniles de peces estuarinos para un centro de América Latina y el Caribe: diseño, operación y tecnologías. En: Reproductores. s. l.: TheWorldAquacultureSociety, 2001. 233 p.
- LUCHINI, L. Manual para el cultivo del bagre suramericano (*Rhamdia sapo*). Santiago, Chile: FAO, 1990. 270 p.
- MARCUCCI, R, GONZALES. J y ROSADO. R. Protocolo para la reproducción inducida del pez capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*, Humboldt, 1805) obtenido mediante tratamiento hormonal. En: JORNADA DE ACUACULTURA (10° 2004 Villavicencio) Memoria de la X jornada de acuicultura. Villavicencio. 2004. p. 75 Trabajo de grado, Zootecnista. Bogotá D.C. Universidad de La Salle. Facultad de Zootecnia. 160 p.
- MARCUCCI, R. Reproducción inducida y descripción general del desarrollo embrionario del pez capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*, Humboldt, 1805), Trabajo de grado, Zootecnista. Bogotá D.C. Universidad de La Salle. Facultad de Zootecnia. 80 p.
- MOJICA, H., RODRIGUEZ, J. y OROZCO, C. Manual de reproducción y cultivo el bagre rayado (*Pseudoptatystomafasciatum*). Cartilla Pronata - INPA. 2003. 45 p.
- MUKAI, Y y SENG LIM, L. Larval rearing and feeding behavior of african catfish, *Clarias gariepinus* under dark conditions, 68 p.
- MUÑOZ, F. TOBAR, J. ARIAS, J. Respuesta a la primera alimentación en larvas de barbilla *Rhamdiasebaec.f.* (pisces: siluriformes, pimelodidae). Facultad de ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca, Popayan, Cauca, Colombia. Febrero 5 del 2007.. Disponible en internet en: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol5/6Vol5.pdf>
- OLARTE, J y MARCIALES-CARO, L. Comparación del desarrollo embrionario de *Piaractus brachypomus* (Serrasalminidae) y *Pseudoplatystomasp.* (Pimelodidae). 6 p.
- PARMA-CROUX, M. Crecimiento de juveniles de *Pimelodus clarias maculatus* - pisces, Pimelodidae - en condiciones experimentales : efecto del fotoperiodo. 5 p.
- PINEDA, N y FLOREZ, A. Límites de tolerancia y consumo de oxígeno del pez capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Humbolt 1805), a diferentes

temperaturas de aclimatación. Bogotá, Trabajo de grado (biólogo). Universidad nacional de Colombia. Facultad de biología. 1983, 98 p.

- PRIETO, M y ATENCIO, V. Zooplancton en la larvicultura de peces neotropicales. Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Ciencias Acuícolas, CINPIC. Montería, Colombia. 2008. Disponible en internet: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/693/69311191017.pdf>
  - RODRIGUEZ, R y CALDERON, J. Estudio de algunos parámetros anatomofisiológicos para la determinación del potencial piscícola del capitán de la sabana (*E. mutisii*) del lago Guamuéz. Trabajo de grado de Zootecnista. Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Zootecnia. 1983. 124 p.
- SNEDECOR, George y COCHRAN, William. Analisis of frecuences in one way and two way classifications, en statistical methods. 1989. 23p.
- TUCKER, J. Marine fish cultura. Boston: Kluwer Academic Publisher, 1998. 230 p.
  - VELANDIA, G y SANCHEZ J. Hábitos alimenticios y vida reproductiva del capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*) del tramo del rio Bogotá en el municipio de Suesca. Cundinamarca, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá: Facultad de Ciencias Programa de Biología aplicada 2001. 52 p.
  - VINOTH, R et al, Photoperiod induced larval growth of Anemonefish *Amphiprion percula*. CAS Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, Annamalai University, Tamil -Nabu, India. 2010. 5 p.
  - WOYNAROVICH, Andras, WOYNAROVICH, Elek. Reproducción artificial de las especies *Colossoma* y *Piaractus*. Lima, Perú: Fondepes, 1998. 26 p.
  - WOYNAROVICH, E. y HORVÁTH, I. Propagación artificial de peces de aguas templadas. Roma, Italia: FAO, 1981. 20 p.

# **ANEXOS**



### Anexo A. Análisis de la Varianza para IPD 3

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Modelo	7,22611E-8	4	1,80653E-8	1,24	0,3506
Residuos	1,60544E-7	11	1,45949E-8		
Total (Corr.)	2,32805E-7	15			

#### Sumas de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Tratamiento	6,80968E-8	3	2,26989E-8	1,56	0,2556
Peso inicial	3,42179E-8	1	3,42179E-8	2,34	0,1540
Residuos	1,60544E-7	11	1,45949E-8		
Total (corregido)	2,32805E-7	15			

### Anexo B. Análisis de la Varianza para ILD 3

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Modelo	0,0370729	4	0,00926824	7,28	0,0041
Residuos	0,0140071	11	0,00127337		
Total (Corr.)	0,05108	15			

#### Sumas de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Tratamientos	0,0026531	3	0,000884368	0,69	0,5744
Longitud inicial	0,0347349	1	0,0347349	27,28	0,0003
Residuos	0,0140071	11	0,00127337		
Total (corregido)	0,05108	15			

### Anexo C. Análisis de la Varianza para Tasa de Crecimiento 3

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Modelo	1562,58	4	390,646	1,38	0,3021
Residuos	3106,61	11	282,419		
Total (Corr.)	4669,2	15			

#### Sumas de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Tratamientos	947,038	3	315,679	1,12	0,3836
Peso inicial	1330,98	1	1330,98	4,71	0,0527
Residuos	3106,61	11	282,419		
Total (corregido)	4669,2	15			

**Anexo D. Media de peso inicial (mg) para cada tratamiento y replica.**

T0R1	0,0026	T2R1	0,0029
T0R2	0,0027	T2R2	0,0027
T0R3	0,0029	T2R3	0,0026
T0R4	0,0021	T2R4	0,0028
T1R1	0,0021	T3R1	0,0027
T1R2	0,0021	T3R2	0,0027
T1R3	0,0029	T3R3	0,0026
T1R4	0,0022	T3R4	0,0024

**Anexo E. Media de longitud inicial (mm) para cada tratamiento y replica.**

T0R1	2,8	T2R1	2,7
T0R2	2,5	T2R2	2,9
T0R3	2,9	T2R3	2,8
T0R4	2,9	T2R4	2,6
T1R1	2,9	T3R1	2,7
T1R2	2,7	T3R2	2,8
T1R3	2,6	T3R3	2,7
T1R4	2,6	T3R4	2,9

## ANEXO F. Mortalidad para cada tratamiento y replica

T y R / DIAS	MORTALIDAD							
	día 1	día 2	día 3	día 4	día 5	día 6	día 7	día 8
T0 R1	3	4	11	8	4	9	1	
T0R2	2	7	5	2	8	10	2	4
T0R3	5	6	11	7	4	7		
T0R4	2	4	6	9	12	3	3	1
T1R1	9	12	19					
T1R2	6	34						
T1R3	12	21	7					
T1R4	8	28	4					
T2R1	6	6	9	14	5			
T2R2	6	9	11	8	4	2		
T2R3	9	6	7	15		3		
T2R4	7	9	13	11				
T3R1	2	1	3	6	4	8	7	9
T3R2	3	2	2	4	7	5	9	8
T3R3	2	3	1	3	11	6	3	11
T3R4	1	1	3	2	7	9	7	10