

**EVALUACIÓN DE TRES DIETAS (MICROCOSMOS, ARTEMIA,  
MICROENCAPSULADOS) EN LA PRIMERA ALIMENTACIÓN DE LARVAS DE  
CAPAZ (*Pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879)**

**ANA MARIA PAHI ROSERO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO, COLOMBIA  
2010**

**EVALUACIÓN DE TRES DIETAS (MICROCOSMOS, ARTEMIA,  
MICROENCAPSULADOS) EN LA PRIMERA ALIMENTACIÓN DE LARVAS DE  
CAPAZ (*Pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879)**

**ANA MARIA PAHI ROSERO**

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

**Presidente  
WILMER RENE SANGUINO ORTÍZ  
Ingeniero en Producción Acuícola**

**Copresidente  
RUBEN DARIO VALBUENA VILLAREAL  
Esp. En Acuicultura**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO, COLOMBIA  
2010**

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

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

**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

---

---

---

---

---

---

**WILMER RENE SANGUINO ORTÍZ**  
Presidente de tesis

---

**VILMA YOLANDA GÓMEZ NIEVES**  
Jurado delegado

---

**ARIEL EMIRO GÓMEZ CERÓN**  
Jurado

**San Juan de Pasto, Noviembre del 2010**

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por darme la vida, por las bendiciones recibidas por darme fortaleza para superar todos los obstáculos y la alegría de alcanzar mis metas y lograr mis objetivos.

A mi padre Servio Herman Pahí Ortiz que desde el cielo me protege y se siente orgulloso de mí, a mi madre Gely Antonia Rosero Ortiz por su apoyo incondicional, por sus sabios consejos, por creer en mí y ser mi amiga y confidente, a mi hermano Darwin por su comprensión, cariño, y por ser mi gran motivación, a mi hermanita Sofía por que con su ternura e inocencia logró darme fuerzas para seguir adelante.

A mi familia y mis amigos, porque siempre supe que cuento con ellos y a mis profesores por impartir sus conocimientos y acompañarme durante todo este proceso.

**ANA MARIA PAHI ROSERO**

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresa agradecimientos a:

WILMER RENE SANGUINO ORTIZ	Ingeniero en Producción Acuícola. Profesor titular.
RUBEN DARIO VALBUENA VILLAREAL	Biólogo., Esp. Universidad Surcolombiana. Neiva.
JAIME ARCE CASANOVA	Ing., Esp. Gerente, Central de Cooperativas de Caficultores del Huila.
VILMA YOLANDA GÓMEZ NIEVES	Bióloga.
ARIEL EMIRO GOMEZ CERON	Biólogo.
MARCO ANTONIO IMUEZ FIGUEROA	Zoot., Esp. Profesor programa de Ingeniería en Producción Acuícola, Universidad de Nariño.
PIEDAD MEJÍA SANTACRUZ	Secretaria programa de Ingeniería en Producción Acuícola.
OSCAR MEJÍA SANTACRUZ	Economista, Universidad de Nariño.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zoot., Esp. Secretario Académico. Facultad de Ciencias Pecuarias.
ANDREA PATRICIA YELA RODRIGUEZ	Ingeniera en Producción Acuícola.
CAMILO ANDRES GUERRERO	Ingeniero en Producción Acuícola.
ZAYDA LILIANA VALBUENA	Tecnóloga en Acuicultura.

A la Corporación Centro de Desarrollo tecnológico Piscícola Surcolombiano, a la Central de Cooperativas de Caficultores del Huila (CENTRACAFE), al personal que labora en la Estación Piscícola Piedra Pintada y al programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño. Como también a todas las personas que en una u otra forma apoyaron al desarrollo de esta investigación.

## CONTENIDO

	pág.,
INTRODUCCIÓN	14
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	15
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. MARCO TEÓRICO	18
4.1 BIOLOGÍA DEL CAPAZ ( <i>Pimelodus grosskopfii</i> )	18
4.1.1 Generalidades	18
4.1.2 Características morfológicas	18
4.1.3 Hábitos alimenticios	19
4.1.4 Distribución geográfica	20
4.1.5 Capturas de la especie	20
4.1.6 Aspectos pesqueros	21
4.2 BIOLOGIA REPRODUCTIVA	22
4.2.1 Aspectos reproductivos del capaz	23
4.3 DESOVE, DESARROLLO EMBRIONARIO E INCUBACIÓN DE HUEVOS	24
4.4 DESARROLLO DE LAS LARVAS DE PECES	25
4.5 LARVICULTURA Y SU IMPORTANCIA EN EL PROCESO PISCÍCOLA	25
4.6 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS PECES	26
4.7 INFLUENCIA DE LA PRIMERA ALIMENTACIÓN	28
4.8 ALIMENTO EXÓGENO	29
4.9 ORGANISMOS VIVOS EN ACUICULTURA	31

	<b>pág.,</b>
4.10 ARTEMIA	35
4.10.1 Clasificación taxonómica	36
4.11 MICROENCAPSULADOS	37
5. DISEÑO METODOLÓGICO	39
5.1 LOCALIZACIÓN	39
5.1.1 Instalaciones	39
5.2 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	41
5.3 MATERIAL BIOLÓGICO	42
5.4 PERIODO DE ESTUDIO	42
5.5 PLAN DE MANEJO	42
5.5.1 Adecuación de instalaciones	42
5.6 MANEJO REPRODUCTIVO	42
5.6.1 Selección de reproductores	42
5.6.2 Biopsia ovárica	43
5.6.3 Protocolo hormonal	43
5.6.4 Porcentaje de fertilización	45
5.6.5 Desarrollo embrionario	45
5.7 LARVICULTURA	46
5.7.1 Preparación microcosmos	46
5.7.1.1 Control y monitoreo del alimento vivo	47
5.7.2 Preparación de Artemia	48
5.7.3 Uso de microencapsulados	49
5.8 ALIMENTACIÓN	49
5.9 MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	49
5.10 TRATAMIENTOS	53
5.11 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	49
5.11.1 Diseño experimental	49



	<b>pág.,</b>	
5.11.2	Análisis estadístico	50
5.12	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	50
5.13	VARIABLES	50
5.13.1	Incremento de peso	50
5.13.2	Incremento de longitud	51
5.13.3	Sobrevivencia	51
5.13.4	Análisis parcial de costos	51
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
6.1	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PLANCTON	52
6.1.1	Fitoplancton	52
6.1.1.1	Conteo de algas	53
6.1.2	Zooplancton	54
6.1.2.1	Conteo de zooplancton	54
6.2	VARIABLES EVALUADAS	55
6.3	SOBREVIVENCIA	55
6.4	INCREMENTO DE LONGITUD	58
6.5	INCREMENTO DE PESO	59
6.6	ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS	59
6.7	PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA	61
6.7.1	Temperatura	61
6.7.2	Oxígeno	62
6.7.3	Potencial de hidrógeno (pH)	62
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
7.1	CONCLUSIONES	64
7.2	RECOMENDACIONES	64
	BIBLIOGRAFÍA	65
	ANEXOS	

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.,</b>
Tabla 1. Análisis bromatológico de nauplios de Artemia de franciscana	36
Tabla 2. Dosis empleada en la reproducción de capaz	44
Tabla 3. Componentes del agua de cultivo en el alimento vivo	46
Tabla 4. Costos parciales de producción por tratamiento	60
Tabla 5. Costos e ingresos de producción	60
Tabla 6. Discriminación porcentual de los costos	61

## LISTA DE CUADROS

**pág.,**

Cuadro 1. Especies de alimento vivo de mayor uso en acuicultura

34

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.,</b>
Figura 1. Capaz ( <i>Pimelodus grosskopfii</i> )	19
Figura 2. Desarrollo gonadal de capaz	23
Figura 3. Estación piscícola piedra pintada	39
Figura 4. Canaletas en cemento	40
Figura 5. Laboratorio	40
Figura 6. Materiales y equipos utilizados	41
Figura 7. Selección de reproductores de capaz	43
Figura 8. Biopsia ovárica de capaz	43
Figura 9. Aplicación hormonal	44
Figura 10. Protocolo de reproducción inducida	45
Figura 11. Selección y toma de muestras	47
Figura 12. Clasificación de fitoplancton y zooplancton	48
Figura 13. Algas	52
Figura 14. Concentración de algas	53
Figura 15. Organismos zooplanctónicos	54
Figura 16. Concentración de zooplancton	55
Figura 17. Comportamiento de mortalidad	56
Figura 18. Supervivencia	56
Figura 19. Incremento de longitud	58
Figura 20. Incremento de peso	59
Figura 21. Relación beneficio costo	60
Figura 22. Registro de temperatura	61
Figura 23. Oxígeno disuelto	62
Figura 24. pH	63

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.,</b>
Anexo A. Registro de longitud larval	70
Anexo B. Registro de peso final	71
Anexo C. Registro de mortalidad	72
Anexo D. Registro de temperatura	73
Anexo E. Registro de oxígeno	74
Anexo F. Registro de pH	75
Anexo G. Análisis de varianza para la variable longitud	76
Anexo H. Análisis de varianza para la variable peso	77
Anexo I. Prueba Brand Snedecor para sobrevivencia	78
Anexo J. Desarrollo embrionario	79
Anexo K. Desarrollo larval	80
Anexo L. Etiqueta de microencapsulados	81

## GLOSARIO

**CANIBALISMO:** predación que se realiza entre organismos de la misma especie.

**CAPAZ:** pez de agua dulce, perteneciente al Orden Siluriformes y a la Familia *Pimelodidae*, se encuentra distribuido en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, San Jorge, Sinú, Cesar, Atrato, Baudó y Catatumbo.

**DESARROLLO EMBRIONARIO:** ser vivo en las primeras etapas de su desarrollo, desde la fecundación hasta que el organismo adquiere las características morfológicas de la especie.

**DIETA:** régimen alimenticio natural o prescrito que aporta todos los nutrientes necesarios para el pez.

**ESPECIE NATIVA:** especie propia que habita en un lugar, región o país, también denominada autóctona.

**LARVA:** embrión en estado de desarrollo, libre de corion que es capaz de nutrirse por sí mismo, de la reserva vitelina para su crecimiento y desarrollo.

**MICROCOSMOS:** es un sistema de cultivo cerrado, en el cual se desarrolla un ecosistema pelágico, constituido por múltiples especies de alimento natural.

**MICROENCAPSULADOS:** alimento artificial, con un alto valor nutritivo utilizado en la alimentación de larvas.

**PLANCTON:** organismos microscópicos, tanto animales como vegetales, que viven flotando casi pasivamente en el agua.

**PRIMERA ALIMENTACIÓN:** es la etapa cuando las larvas agotan sus reservas vitelinas y empiezan a capturar alimento.

## RESUMEN

La presente investigación consta de un trabajo de campo con fines de reconocimiento y manejo de la especie (*Pimelodus grosskopfii*), donde se tuvo en cuenta aspectos como reproducción, desove, eclosión y desarrollo larval.

El mencionado trabajo de campo se desarrolló en la estación piscícola piedra pintada, localizada en el departamento del Huila, municipio de Aipe a 36 km + 700m de la ciudad de Neiva, durante un periodo de 12 meses.

Las postlarvas se sembraron en acuarios de 0,60 m de largo, 0,25 m de ancho y de 0,3 m de altura, con una densidad de 10 pl/L, para un total de 1800 larvas, obtenidas por reproducción inducida en la misma estación Piscícola, donde se evaluó tres dietas (microcosmos, *Artemia salina* y microencapsulados) en la primera alimentación de larvas de capaz, distribuidas en un Diseño Irrestrictamente al Azar (DIA) conformado por tres tratamientos y tres réplicas, de la siguiente manera:

T<sub>1</sub>: Larvas alimentadas con microcosmos, 10% de la biomasa.

T<sub>2</sub>: Larvas alimentadas con *Artemia salina*, 10% de la biomasa.

T<sub>3</sub>: Larvas alimentadas con microencapsulados, 10% de la biomasa.

Se evaluaron las variables incremento de longitud, peso, sobrevivencia, parámetros fisicoquímicos y la relación beneficio costo para determinar la viabilidad de los tratamientos.

Según el análisis estadístico aplicado a la variable sobrevivencia, se detectaron diferencias estadísticas significativas con un 95% de confiabilidad entre los tratamientos, registrándose la mejor en el T2 con el 51,6% seguido del T1 39% y T2 28%; con respecto al incremento de longitud, se encontraron diferencias entre los tratamientos 1 y 2 y 2 y 3 respectivamente; igualmente para la variable peso se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 1 y 2 y 2 y 3, en Los parámetros fisicoquímicos del agua en términos de temperatura, oxígeno disuelto y pH fueron estadísticamente similares en todos los tratamientos; La relación beneficio costo de T1 fue de 1,71, T2 de 1,81, y el T3 de 1,01, lo que significa que los tres tratamientos son económicamente viables. El mejor tratamiento desde el punto de vista económico fue el T2, debido a la mayor sobrevivencia y mejores incrementos de peso y talla.

Los resultados señalan que la inclusión de nauplios de *Artemia* es una alternativa tecnológica para la producción de alevinos de capaz debido a que mejoran los índices productivos y de rentabilidad de esta especie durante la fase de postlarva.

## ABSTRACT

The present research of a field for purposes of recognition and management of the species (*Pimelodus grosskopfii*), which took into account aspects such as breeding, spawning, hatching and larval development because it is a species that has not been investigated.

The aforementioned field work was conducted in stone painted Fish Station, located in the department of Huila, Aipe municipality 36 km + 7m Neiva, during a period of 12 months, which allowed time to carry out activities within the methodology.

The postlarvae were planted in aquaria of 0.60 m long, 0.25 m wide and 0.3 m high, with a density of 10 pl / L, for a total of 1800 larvae obtained by induced breeding in the Fish same station, which evaluated three diets (microcosm, Artemiasalina and microencapsulated) in first feeding larvae can spread over an unrestricted random design (DIA) consisting of three treatments and three replicates, as follows:

T<sub>1</sub>: larvae fed microcosms, 10% of the biomass.

T<sub>2</sub>: larvae fed on Artemia salina, 10% of the biomass.

T<sub>3</sub>: larvae fed microencapsulated, 10% of the biomass.

Variables were assessed increase in length, weight, survival, physicochemical parameters and the cost benefit ratio to determine the feasibility of treatments.

According to statistical analysis applied to the variable survival, statistically significant differences were detected with 95% confidence intervals between treatments, registering the best in the T2 with 51.6% followed by 39% T1 and T2 28%, with respect to increase in length, significant differences between treatments 1 and 2 and 2 and 3 respectively for the variable weight also showed significant statistical differences between treatments 1 and 2 and 2 and 3 in water physicochemical parameters in terms of temperature, oxygen dissolved and pH were statistically similar in all treatments, the cost benefit ratio was 1.71 T1, T2 of 1, 81, and T3 of 1.01, which means that all three treatments are economically viable. The best treatment from the economic point of view was the T2, due to higher survival and better weight and height increases.

The results indicate that the inclusion of nauplii is an alternative technology for the production of fingerlings because they can improve animal performance and profitability of this species during postlarval stage.



## INTRODUCCIÓN

Colombia es un país altamente favorecido para el desarrollo de la acuicultura debido a su riqueza en especies acuáticas, continentales y marinas, su estratégica localización geográfica con gran variedad de climas con baja fluctuación, excelentes recursos hídricos en costas, ríos, extensas áreas lagunares y ciénagas de condiciones ecológicas aptas para el fomento e instauración de cultivos de especies de vida acuática.

Sin embargo el desarrollo piscícola se ve obstaculizado por los problemas de mala conservación de cuencas hidrográficas donde se presenta el proceso de deforestación-erosión, polución y contaminación de las aguas continentales a causa de desechos industriales, el uso indebido de prácticas agropecuarias con pesticidas, herbicidas y productos químicos no biodegradables “la pesca indiscriminada ha venido ejerciendo un deterioro en las especies nativas especialmente en las especies más representativas del alto Magdalena como *Pimelodus grosskopfii*, que son vulnerables hasta el punto de verse amenazadas por la extinción y desafortunadamente son ejemplares con gran potencial acuícola”<sup>1</sup>.

Las investigaciones encaminadas a la producción de esta especie íctica nativa son mínimas y están circunscritas a estadísticas pesqueras o ensayos reproductivos, mediante inductores hormonales, sin profundizar en protocolos que pretendan la conservación de la diversidad, el mantenimiento de las especies y su aprovechamiento como posible alternativa de explotación con fines alimenticios y comerciales.

Uno de los desafíos que enfrenta la piscicultura, es la disponibilidad de postlarvas y alevinos, considerado el factor para el éxito de la producción intensiva, en la cual la alimentación y la nutrición han sido señaladas como los principales factores responsables por los frecuentes desaciertos en la larvicultura. Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación se propuso evaluar el efecto de tres dietas (microcosmos, *Artemia salina*, microencapsulados) en la primera alimentación de larvas de capaz (*pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879) bajo condiciones controladas.

---

<sup>1</sup> NOREÑA, José. S. La acuicultura en América Latina: análisis ictifaunístico para el desarrollo de la piscicultura en el occidente de Colombia. Buga, Colombia: Instituto de piscicultura tropical, producido por el departamento de pesca, 2005. p 33.

## 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

“*Pimelodus grosskopfii*, comúnmente conocido como capaz es un pez de una alta demanda en el mercado local por la comunidad en general”<sup>2</sup>, que lo hace tentativo para llevar a cabo cultivos de engorde y de esta forma contribuir a la preservación de la especie, todo lo que se consume es por captura, es por eso que se deben realizar investigaciones y ensayos los cuales permitan obtener información de esta especie, no existen reportes sobre la reproducción inducida y la primera alimentación que den paso a solucionar interrogantes en el cultivo de esta especie y de esta forma contribuir al crecimiento de la producción acuícola empleando especies nativas, más aun si son pertenecientes a cuencas de gran importancia en Colombia.

La piscicultura depende de los progresos en la obtención de una continua y estable producción de alevinos, siendo casi imposible desarrollar el cultivo a escala comercial de una especie si no hay disponibilidad permanente de semillas, de igual manera el cultivo depende en gran medida de la producción controlada y de la sobrevivencia de las larvas que es un aspecto esencial que está directamente relacionado con la plena satisfacción de sus requerimientos nutricionales bajo una alimentación adecuada.

---

<sup>2</sup>NOREÑA. Óp. cit., p.27.

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las especies ícticas nativas en la fase larval son críticas y delicadas por que requieren alimentos que suplan las exigencias nutricionales y así poder desarrollarse en cautiverio, por lo tanto este estudio plantea lo siguiente.

¿Qué resultados se obtienen en la primera alimentación de Capaz (*Pimelodus grosskopfii*), alimentándolos con tres dietas (Microcosmos, *Artemia*, microencapsulados) en un periodo de 20 días bajo condiciones de laboratorio?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las dietas (Microcosmos, *Artemia*, microencapsulados) como primera alimentación de larvas de Capaz (*Pimelodus grosskopfii*).

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Calcular las variables de interés productivo; incremento de peso y talla.
- Determinar el índice de sobrevivencia.
- Realizar un análisis parcial de costos.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 BIOLOGÍA DEL CAPAZ *Pimelodus grosskopfii* (Steindachner, 1879)

Según Pardo, la Clasificación taxonómica de *Pimelodus grosskopfii* es la siguiente:

Reino: Animal  
Subreino: Metazoa  
Phylum: Chordata  
Subphylum: Vertebrata  
Superclase: Gnatostomata  
Clase: Osteichthyes  
Sub-clase: Actinopterygii  
Super-orden: Teleostica  
Orden: Siluriformes  
Familia: Pimelodidae  
Sub-familia: Pimelodidae  
Género: *Pimelodus*  
Especie: *Pimelodus grosskopfii*  
Nombre Vulgar: capaz, barbudo, barbul negro<sup>3</sup>.

**4.1.1 Generalidades de los silúridos.** Para Galvis<sup>4</sup>, los silúridos es un orden de peces de gran importancia para la economía de muchas regiones en el mundo, su distribución es muy amplia al igual que su variedad de formas; siendo el grupo de mayor importancia en América latina después de los Carácidos. Para Colombia, reportaron la presencia de 12 familias.

Morfológicamente, los silúridos son peces de piel desnuda, sin escamas o con placas óseas y cuerpo aplanado, adaptados principalmente a los fondos de los ambientes acuáticos. Poseen barbillas en el mentón y en los maxilares con función sensorial y aletas dorsales y pectorales provistas de espinas defensivas.

**4.1.2 Características morfológicas de capaz.** Según Villaneda<sup>5</sup> el capaz *Pimelodus grosskopfii* es un pez de tegumento liso sin placas óseas, de color

---

<sup>3</sup> PARDO G. Revisión y compilación sobre técnicas de reproducción inducida de silúridos de la cuenca del río Orinoco. Bogotá, Colombia. 1995. p.57.

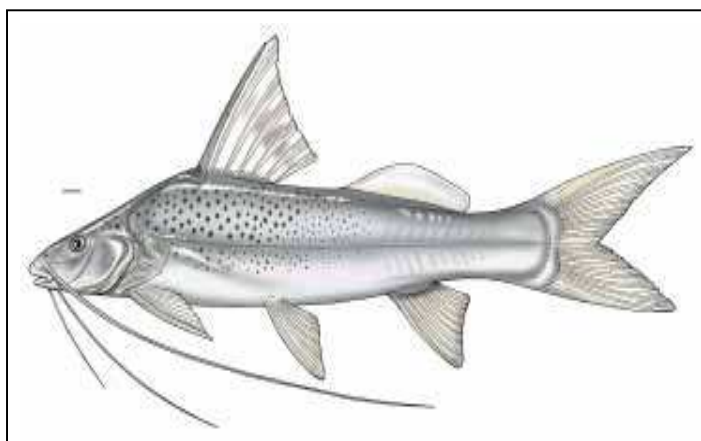
<sup>4</sup> GALVIS, G.; MOJICA, J y CAMARGO, M. Peces del Catatumbo. Ecopetrol: oxy: shell-Asociación Cravo norte, Bogotá. Colombia: D Vinni Edi. 1997. p 96.

<sup>5</sup> VILLANEDA, J. Algunos aspectos biológicos del capaz (*Pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879). Tesis de grado, Santa fe de Bogotá, Colombia: Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano. Departamento de Biología Marina. 1977. p. 39.

amarillo grasoso brillante, con puntos negros, localizados en la parte dorsal y amarillo blancuzco en la parte ventral.

Presenta ojos en la posición semi-dorsal, la sección transversal del cuerpo es semi-triangular en la región anterior y donde comienza la aleta adiposa es comprimido lateralmente hasta donde comienza la aleta caudal, la cabeza es deprimida en la parte ante dorsal presentando una abertura en el hueso frontal en medio de los ojos y dos pares de narinas anteriores y posteriores separadas entre sí (Figura1).

**Figura 1. Capaz (*pimelodus grosskopfii*)**



Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico  
Piscícola Surcolombiano.

Presenta una boca sub-terminal con labios delgados y cuatro hileras de dientes villiformes (composición de dientes pequeños que semejan cepillo o vellosidades) poseen tres pares de barbillones en el borde de la boca, un par maxilar y dos mentonianos; el par de maxilar es más largo alcanzando la misma longitud corporal del pez y los mentonianos alcanzan la parte media de las aletas pectorales. Existe un puente óseo entre la cabeza y la aleta dorsal. La línea lateral comienza por encima del opérculo a partir del cuarto radio de la aleta dorsal, sigue por la parte media del cuerpo terminando en la aleta caudal.

**4.1.3 Hábitos alimentarios.** Villaneda<sup>6</sup>, asegura que en época de invierno, cuando empiezan las lluvias a partir de los meses de mayo, octubre y noviembre, empieza la migración trófica, el capaz (*Pimelodus grosskopfii*), empieza a bajar por los ríos hacia las ciénagas en busca de alimento el cual según su forma ventral-plana de su cuerpo y la posición de la boca, el capaz prefiere la zona bentónica de las ciénagas y los ríos, donde encuentra desde compuestos finos (limo o lodo)

<sup>6</sup> VILLANEDA, Op.cit., p. 33.

hasta partículas medianas (gravilla).

Por otra parte, el capaz se considera un pez omnívoro y dentro de sus principales componentes alimenticios se encuentran dietas animales y vegetales. La especie se caracteriza por ser un consumidor de segundo orden, con preferencias por insectos, macro invertebrados y peces.

Así mismo, para el río Magdalena, reporta encontrar en su estomago contenido con un 48.8% de material de origen animal; dentro de éste los insectos fueron el 31.25%, peces y crustáceos el 4.09% y desechos el 13.54%; para el embalse de Prado, Villa-Navarro (1999), citado por este autor, encontró que la especie es omnívora con más del 60% de material de origen animal, siendo las larvas de *Chironomidae* las más abundantes en ejemplares menores a 30 cm y peces y moluscos en ejemplares de tallas mayores.

**4.1.4 Distribución.** Buitrago<sup>7</sup> dice que la distribución de los silúridos incluye grandes cuencas del neotrópico, Amazonas, Orinoco, Paraná (incluyendo el río Uruguay), ríos de la región de las Guayanas, San Francisco y Magdalena. Es autóctono en países como Venezuela, Colombia, Brasil, Guayana, Perú, Paraguay y Uruguay; se distinguen dos ciclos hidrológicos con características opuestas, los de origen andino que corren de sur a norte y comprende los ríos Amazonas, Ucayali, Marañón y Huallaga, y los de origen ecuatorial que corren de norte a sur, comprenden los ríos Putumayo, Napo, Pastaza y Morona.

Por otra parte Villaneda<sup>8</sup>, dice que el capaz se encuentra distribuido en la cuenca del Magdalena, principalmente en la zona alta y media, ríos Cauca, Sinú, Baudó, San Jorge y Atrato. Según análisis de agua realizados en el medio Magdalena esta especie se encuentra a una temperatura entre los 23 y 30 °C, oxígeno disuelto en el rango de 3,0 a 6,5 mg/l y a un pH entre los 5,5 -7,5.

**4.1.5 Capturas de la especie.** Mójica<sup>9</sup>, asegura que para la cuenca del Magdalena, se registran 190 especies de peces y en cuanto a capturas fue la más productiva del país; para el año 1970 aportaba el 51% del total de las capturas tanto marinas como continentales y el 80% de la pesca continental.

---

<sup>7</sup> BUITRAGO, S. Anatomía comparada y evolución de las especies de *Pseudoplatystoma* Bleeker 1862 (Siluriformes: Pimelodidae). En: Rev. Acad. Colomb. Cienc. USA: Department of Zoology and Center for Systematic Biology Southern Illinois University Carbondale. Vol. 4, No. 1. (2006). p.16.

<sup>8</sup> VILLANEDA, J, Op.cit., p. 35.

<sup>9</sup> MÓJICA, J. I. Lista preliminar de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia. En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. XXIII, 1999. p 20.

Polo<sup>10</sup>, manifiesta que cerca de 30 especies tienen interés pesquero, las más importantes son: el bocachico, bagre rayado, nicuro, capaz, mojarra lora (especie africana establecida en ciénagas y embalses), pacora, blanquillo, moncholo y vizcaína.

El mismo autor dice que las capturas de capaz alcanzaron una producción de 75.313 t en 1977 (Valderrama, 1977), y se han visto disminuidas por la sobrepesca y el creciente deterioro ambiental tanto del río, como de los sistemas de ciénagas en su plano inundable; descendiendo a 8.629 t en el año 2000 (Boletín Pesquero INPA, 2000) y 4.535 t para el 2003. Para el año 2006 se reportan 235,8 t. En el año 1999 se estimaron 574 t lo que significa una disminución del 59%. (INPA, 2001) <sup>11</sup>.

Investigaciones realizadas por Ajiaco<sup>12</sup> en el año 2008 indican que de 3.267 ejemplares muestreados en las capturas adelantadas por los pescadores se estimó la talla media de captura en 23 cm *LS*, que está ligeramente por encima de la talla mínima de captura establecida en 20 cm. El número capturado por debajo de la talla establecida fue de 737 que equivale a decir que el 22% de los animales capturados no se han reproducido. Las tallas de captura oscilaron entre 7 y 48 cm de longitud estándar.

**4.1.6 Aspectos pesqueros.** Los parámetros de crecimiento determinados fueron  $L_{\infty} = 47$  cm y  $K = 0,33$  año<sup>-1</sup>, crecimiento lento que puede estar relacionado con la estrategia  $K$ <sup>13</sup>.

La mortalidad total de la especie ( $Z$ ) se estimó en 1,87 año<sup>-1</sup> (según el modelo de Powell y Wetherrall) por la mortalidad natural ( $M$ ) en 0,5 año<sup>-1</sup> y el esfuerzo de pesca ejercido ( $F$ ) 1,37. Con base en esos parámetros, se evaluó la pesquería con el modelo bioeconómico de Thompson y Bell, la información aportada por este último nos permite establecer que para esta especie ya se pasó el rendimiento máximo sostenible cuyo valor es de 146,19 t y se recomienda disminuir el esfuerzo en un 65% mediante vedas y la regulación de artes y métodos de pesca. Se observa que este recurso se encuentra en la etapa de disminución de la producción y de los beneficios económicos derivados de su aprovechamiento<sup>14</sup>.

---

<sup>10</sup> POLO, G. Y VALDERRAMA, M. Las estadísticas de las pesquerías, fundamento para la evaluación económica, la ordenación, la administración y el desarrollo sostenible de la pesca en las aguas interiores y de las aguas marinas de Colombia. Bogotá: Fundación Humedales- Incoder, 2004. p. 13.

<sup>11</sup> BELTRÁN, C. Y VILLANEDA, A. Perfil de la pesca y Acuicultura en Colombia, Santa fe de Bogotá: INPA 2000. p 26.

<sup>12</sup> AJIACO, Rosa y ALDANA, Ana. Boletines de capturas meses de agosto 2006 a enero 2008. Bogotá: CCI - INCODER. Convenio CCI - INCODER. 2006. p 62.

<sup>13</sup> BELTRÁN, Óp. cit., p.26.

<sup>14</sup> AJIACO, Rosa. Óp. cit. p.63.



## 4.2 BIOLOGIA REPRODUCTIVA

Rodríguez<sup>15</sup>, asegura que la reproducción es considerada como el proceso biológico más importante de los organismos, ya que de él depende la supervivencia y perpetuación de las especies; por ello, el conocimiento de la fisiología reproductiva y los adelantos biotecnológicos en acuicultura, son indispensables para asegurar su éxito.

Los peces reofílicos neotropicales se reproducen en condiciones naturales cuando los estímulos del ambiente, principalmente la temperatura y señales asociadas con las lluvias, son percibidos por el animal y llegan a las células nerviosas del cerebro, las cuales responden estimulando la liberación de hormonas liberadoras de las gonadotropinas (GnRH) hacia la hipófisis, la que a su vez libera las hormonas gonadotropicas (GtH) que estimulan la maduración final de las gónadas, la ovulación y el desove.

**4.2.1 Aspectos reproductivos del capaz.** Villaneda citado por Peña<sup>16</sup>, la especie, al igual que *Pimelodus clarias*, presenta migraciones aunque estas no parecen estar relacionadas exclusivamente con épocas de desove; considera que estos desoves se presentan en la parte alta de la cuenca del río Magdalena y menciona que la talla mínima de madurez sexual para este río es de 25 cm, madura sexualmente a los dos años, y se reproduce por primera vez al finalizar el segundo año de vida o al cumplir los tres años (Cala, 1997).

Para el embalse de Prado la talla de madurez registrada es de 33 cm con una fecundidad promedio de 39700 huevos, con una época extendida de reproducción cuyo principal pico se observa entre septiembre y diciembre. (Hiss, et al., 1978; Villa-Navarro, 1999).

Cala, Pérez y Rodríguez<sup>17</sup>, registra para el embalse de Betania que la especie desova entre octubre y marzo, igualmente que en el capaz no se observa dimorfismo sexual externo definido, aunque durante el periodo de reproducción las hembras se separan con facilidad por el abultamiento del abdomen, por presentar un color amarillento en el vientre, y por ser generalmente más grandes que el

---

<sup>15</sup> RODRIGUEZ, Y. Aspectos histomorfológicos de ovario y testículo de las especies Peje (*Pseudopimelodus bufonis*) y Patalo (*Ictyolephas longirostris*) de la parte alta del río Magdalena. Trabajo de grado. Santa fe de Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ciencias y Educación. 1998. p. 74.

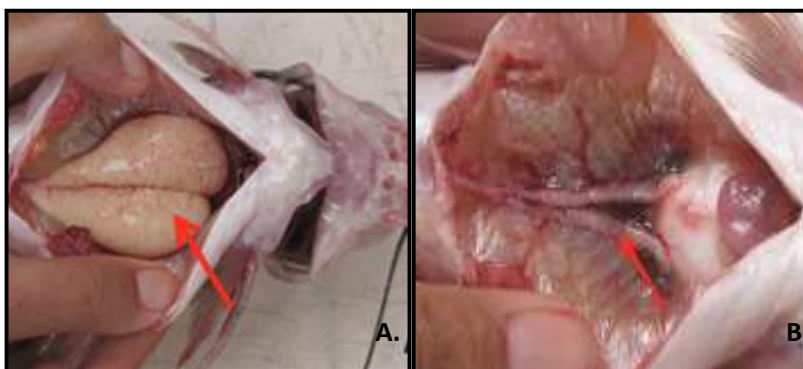
<sup>16</sup> PEÑA, José María. Validación del protocolo de reproducción inducida y caracterización del desarrollo embrionario de capaz (*pimelodus grosskopffii*). Huila- Gigante, Colombia: Ministerio de Agricultura Cormapa y el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura 2004. p. 30.

<sup>17</sup> CALA, Plutarco.; PÉREZ, Carlos.; RODRÍGUEZ, Luis. Aspectos biológicos de la población del capaz *Pimelodus grosskopffii* (pisces: *pimelodidae*) en el embalse de Betania y parte alta del río Magdalena. Bogotá, Colombia: Revista Académica de Ciencias. 1996. p. 42.

macho. A nivel gonadal si existe un dimorfismo sexual, que se observa a partir del estadio II de desarrollo gonadal (Figura 2).

Por otra parte Ajiaco<sup>18</sup> dice que la proporción sexual hembra macho es 1,4:1, con un número muestreado de 922 animales, la talla media de madurez gonadal fue de 23 cm de LS, la cual está por debajo de la reportada por Escobar *et al.*, 1983 quienes la establecieron en 25 cm. La disminución de la talla de reproducción muestra una respuesta a causa de la presión que se está ejerciendo sobre este recurso. La época de mayor frecuencia de animales maduros correspondió a los meses de junio, septiembre y enero

**Figura 2. Desarrollo gonadal (*Pimelodus grosskopfii*)**



**A. Gónada hembra, B. Gónada macho**

Avilés<sup>19</sup>, menciona que en la estación piscícola del alto magdalena -INPA-se logra la adaptación de los reproductores de capaz en cautiverio y se realizan ensayos de reproducción inducida mediante la aplicación de dos dosis de EPC. La respuesta a la inducción fue positiva, lográndose el desove entre las 200 y 250 horas grado con una temperatura promedio de 24 °C.

Harvey y Carosfeld<sup>20</sup>, dice que la gran mayoría de estas especies cuando se trasladan del medio a condiciones en cautiverio, no responden a estímulos ambientales, siendo necesaria la utilización de protocolos de inducción hormonal (Harvey & Carolsfeld, 1993) la hormona más utilizada para inducir con éxito la maduración final y el desove en cautiverio de los bagres es el extracto de hipófisis

<sup>18</sup> AJIACO, Rosa y ALDANA, Ana. Boletines de capturas meses de agosto 2006 a enero 2007. Bogotá: CCI - INCODER. Convenio CCI - INCODER. 2006. p 62.

<sup>19</sup> AVILES, Mónica y USECHE, Carlos. Validación del protocolo de reproducción inducida y caracterización del desarrollo de los sistemas digestivos y gonadal del capaz *Pimelodus grosskopfii*, especie promisoría para la acuicultura en el alto Magdalena. Centro de investigaciones de acuicultura Alto Magdalena. Gigante – Huila. Colombia: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, 2001. p7.

<sup>20</sup> HARVEY, B y CAROSFELD, J. Induced breeding in tropical fish culture. IDCR. Ottawa, Ont, 1993. p.100.

de carpa (EHC).

Sin embargo, se ha obtenido éxito en la reproducción de *Pseudoplatystoma fasciatum* utilizando Primogonyl, LHRs (Luteinizig Hormone Receptor), Acetato de buserelina combinadas con EHC de acuerdo con lo descrito por Contreras y Contreras (1989), para esta misma especie, Leonardo et al. (2004), en Brasil logra la reproducción con EHC y hCG, sin observar diferencias apreciables entre los dos tipos de inductores.

Harvey y Carosfeld<sup>21</sup>, reportan resultados aceptables en la reproducción en cautiverio de cuatro especies de *Clarias* y dos de *Pangasius* en el sureste de Asia y la India, utilizando hipofisación y Gonadotropina Coriónica Humana con un GnRHa preferiblemente combinado con Dopamina; además algunos silúridos pueden ser estimulados por manipulación de temperatura para acelerar la maduración final.

#### **4.3 DESOVE, DESARROLLO EMBRIONARIO E INCUBACIÓN DE HUEVOS**

Según Bernabé<sup>22</sup>, la puesta tiene lugar en el agua así como la emisión de espermia; a pesar de que numerosos espermatozoides rodean cada huevo, solo uno penetra por el micrópilo para asegurar la fecundación, inmediatamente después de ésta, el huevo absorbe agua y el corión se endurece, se forma un espacio perivitelino y el embrión se desarrolla, en un principio en forma de blastodisco en el polo animal.

Este a su vez envuelve al vitelo por epibolia pero deja un blastoporo. El eje embrionario se forma por la convergencia de los tejidos, se aísla del vitelo, la zona cefálica se alarga y posteriormente lo hace el resto del cuerpo. El corazón es funcional y los ojos están formados antes de la eclosión.

La incubación de los huevos es una fase importante puesto que las necesidades biológicas de cada especie generan técnicas diferentes ya sea pelágico o bentónico.

---

<sup>21</sup> HARVEY, B y CAROSFELD, J, Op.cit., p 144.

<sup>22</sup> BARNABÉ, G. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Zaragoza, España: Acribia, 1996. p. 32.

#### **4.4 DESARROLLO DE LAS LARVAS DE PECES**

Rúales<sup>23</sup> dice que de los huevos sale una larva que se alimenta del vitelo y al terminar con las reservas vitelinas debe alimentarse de forma exógena, la apariencia externa de una larva es similar al pez adulto, el crecimiento es continuo dependiendo principalmente de la temperatura del agua y de la alimentación. La larva es libre, en ella el vitelo es claramente visible comunicado con el tubo digestivo en desarrollo, cuando las postlarvas de peces han gastado la mayoría de los nutrientes de su saco vitelino, comienzan a buscar su alimento de lo que les puede ofrecer el medio. Por lo tanto este período se considera de extremo cuidado o crítico y puede presentarse antes o después de la absorción total del saco vitelino.

#### **4.5 LARVICULTURA Y SU IMPORTANCIA EN EL PROCESO PISCÍCOLA**

Prieto<sup>24</sup> dice que el punto crítico en el ciclo de producción de peces, es sin duda, la fase de larvicultura, la disponibilidad de postlarvas y alevinos, en cantidades y con buena calidad es todavía el factor crítico para el éxito de la producción intensiva, en la cual la alimentación y la nutrición han sido señaladas como los principales factores responsables por los frecuentes desaciertos en la larvicultura, constituyendo el cuello de botella que impide la expansión de la actividad.

Las postlarvas de la mayoría de especies son planctófagas, principalmente zooplanctófagas, aun cuando sus adultos sean herbívoros, omnívoros o carnívoros (Zimmermann & Jost, 1998; Portella et al., 2002).

Según Atencio et al, citado por el mismo autor, el manejo inadecuado de la primera alimentación es una de las barreras para el éxito de la larvicultura de peces tropicales. En especies marinas principalmente por el pequeño tamaño de boca de las larvas, y en las especies de agua dulce, por la pobre capacidad natatoria, densidades inadecuadas de presas, la composición bioquímica del alimento y el precario estado de desarrollo del aparato digestivo al inicio de la alimentación exógena.

En las especies tropicales altriciales, antes que se agote el vitelo y la boca esté bien desarrollada, se debe suministrar el primer alimento, seleccionado de

---

<sup>23</sup> RUALES, Carlos. Efectos de la primera alimentación. Villavicencio Meta, Colombia: Tesis Maestría en Acuicultura. Universidad de los Llanos, Instituto de Acuicultura de los Llanos, 2006. p.3.

<sup>24</sup> PRIETO, G. Martha. Manejo de larvicultura de peces tropicales de importancia Acuícola. En: Memorias. En: Memorias. III seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 2006.

acuerdo con el tamaño de la boca de la post-larva (Zimmerman, 1999; Jomori, 2001; Tesser, 2002).

Martínez dice que existen tres principales procedimientos para la alimentación inicial de post larvas:

- Uso de zooplancton proveniente de colectas en ambiente natural o la concentración de las postlarvas en estanques en tierra fertilizados, luego de la abertura de la boca.
- Uso de organismos zooplanctónicos (rotíferos, cladóceros, copépodos y Artemia) cultivados en laboratorio.
- Introducción precoz de alimento inerte, principalmente raciones micro encapsulado<sup>25</sup>.

#### 4.6 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS PECES

López<sup>26</sup> afirma que los nutrientes requeridos por los peces para crecimiento, reproducción, renovación de tejidos, hormonas, enzimas y otras funciones fisiológicas son similares al de los animales terrestres, debido a que necesitan proteína, minerales, vitaminas, factores de crecimiento y fuentes energéticas. Diferentes investigadores han demostrado, que los requerimientos de los peces no varían considerablemente entre las especies de aguas frías, medias y cálidas, con excepción de la necesidad de algunos ácidos grasos y esteroides.

Además los requerimientos nutricionales de varios organismos hidrobiológicos se han extrapolado a partir de las necesidades cuantificativas en especies como la trucha Arcoíris.

- **Proteínas:** según Moyle<sup>27</sup>, las proteínas están constituidas por aminoácidos, Además de ser esenciales para el crecimiento, son una importante fuente de energía para los peces, existen ciertos aminoácidos que los peces no pueden sintetizar (aminoácidos esenciales) y por ello es necesario que los adquieran de la proteína de su dieta; estos son: arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenil-alanina, treonina, triptofano y valina. Las cantidades requeridas de estos aminoácidos esenciales varían entre las especies de peces, pero la

---

<sup>25</sup> MARTÍNEZ, Carlos y RIOS, Martha. Aspectos de la alimentación de los peces y el uso de micro agregado en Acuicultura. En: IV seminario internacional en acuicultura. Memorias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2005.

<sup>26</sup> LÓPEZ, Jorge. Nutrición Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia 1997. p. 9.

<sup>27</sup> MOYLE, P. B. And CECH, J. Fishes. An Introduction to Ichthyology. Fourth .Edition. Prentice Hall, Inc. USA. 2000. p.525.

deficiencia o exceso de los mismos pueden tener efectos negativos en el crecimiento o la sobrevivencia.

- **Carbohidratos:** Moyle<sup>28</sup>, dice que constituyen otra fuente disponible de energía para los peces. En los ecosistemas naturales acuáticos, los lípidos se encuentran tanto en fuentes animales como vegetales, mientras que los carbohidratos se encuentran casi exclusivamente en plantas.

Dentro de los carbohidratos, los monosacáridos son los más digeribles, seguidos en orden por los disacáridos, polisacáridos simples, dextrinas, almidones cocidos y almidones crudos (Halver, 1976).

- **Lípidos:** representan una fuente rica de energía para los peces en general, y son un componente importante en la dieta de peces predadores. Además de tener un valor específico de energía alto (8.0 Kcal/g), son casi completamente digeribles (Halver, 1976).

Así mismo, en el caso de peces predadores como las macarelas, el salmón, los lucios o los tiburones, el alto contenido de lípidos de una dieta compuesta de peces, maximiza el crecimiento debido a que la proteína ingerida se utiliza en el crecimiento y no en la obtención de energía, la cual se extrae de los lípidos.

Además de ser una fuente de energía los lípidos proveen de ácidos grasos esenciales que son utilizados en la construcción de las grasas o aceites (triglicéridos) que van a ser almacenados por los peces para utilizarlos posteriormente como fuente de energía<sup>29</sup>.

- **Vitaminas y minerales:** son otros nutrientes muy importantes puesto que Actúan como cofactores o entran en diferentes reacciones durante los procesos metabólicos.

Debido a que las vitaminas son casi indisponibles en el cuerpo, es de vital importancia ingerirlas en el alimento. Los requerimientos de vitaminas y minerales varían entre las especies de peces, pero si se presentan deficiencias pueden presentarse una gran variedad de respuestas fisiológicas y patológicas<sup>30</sup>.

Martínez<sup>31</sup> dice que existe gran variedad de fuentes de nutrientes (proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales), pero no todas son fuentes de alta calidad. Por ello es importante que los peces puedan adquirir los nutrientes de

---

<sup>28</sup> MOYLE, Óp. cit., p.612.

<sup>29</sup> *Ibid.*, p. 612

<sup>30</sup> *Ibid.*, p.613

<sup>31</sup> MARTÍNEZ, Óp. cit. p.54.

diferentes fuentes, para que unas suplan las deficiencias de otras y se completen los requerimientos alimenticios.

Muchos peces se adaptan a una amplia variedad de fuentes de nutrientes (adaptabilidad trófica) y frecuentemente cambian de una fuente alimenticia a otra en la medida en que cambie la calidad y abundancia del alimento, de acuerdo a las condiciones ambientales y de disponibilidad del mismo.

De acuerdo a lo anterior, una dieta ideal debe definirse en términos de fuente y nivel de proteína, fuente y nivel de energía y la biodisponibilidad que tengan los nutrientes para el pez.

Además, los requerimientos nutricionales deben ser definidos en términos de un criterio específico de respuesta de los animales a una edad dada, peso, sexo y composición del cuerpo o para una función fisiológica específica (mantenimiento, crecimiento, reproducción, producción, etc.). Por ejemplo, un pez juvenil en pleno crecimiento (con alta tasa de crecimiento) tendrá mayores requerimientos de nutrientes que un pez adulto (con baja tasa de crecimiento), o una hembra en reproducción requerirá más nutrientes y energía para el desove y la generación de huevos de óptima calidad.

De esta manera, una dieta ideal sería aquella que supla los requerimientos nutricionales del pez, que lo provea de la energía necesaria para todos sus procesos metabólicos, que le permita crecer y reproducirse de una manera óptima, que sea biodisponible, fácilmente digerible y asimilable, y aquella en la que el gasto de energía en su adquisición, ingestión, digestión y asimilación sea el mínimo posible, Baker (1986).

Campos, J y Kubitz, F<sup>32</sup>, dicen que recientemente fueron iniciados estudios sobre las exigencias nutricionales de los silúridos. Estas investigaciones están orientadas hacia los estudios de los niveles proteicos de la dieta y, hasta el momento, apenas han corroborado los niveles proteicos utilizados, desde el inicio de las raciones comerciales. Estas aún son formuladas en base a las exigencias nutritivas de otros peces carnívoros.

#### **4.7 INFLUENCIA DE LA PRIMERA ALIMENTACIÓN**

Valbuena afirma que “las buenas prácticas de primera alimentación en la etapa de larvicultura tienen por objetivo incrementar las tasas de sobrevivencia y crecimiento, a partir del ofrecimiento de condiciones ambientales y estrategias

---

<sup>32</sup> KUBITZA, F; CAMPOS, J.L y BRUM, J.A. Produção intensiva do surubins no prometo Pacu Ltda. Agropeixe Ltda. Em: Revista aquíicultura: Anais da Aquíicultura Brasil 98. Recife, Brasil: Alhambra, Vol.1, No. 2 (fevereiro, 1998). p. 393.

alimentarias adecuadas”<sup>33</sup>.

Por otra parte Tanaka<sup>34</sup>, dice que además del poco conocimiento sobre las preferencias alimenticias en la fase larval ha sido la principal limitante para la producción de alevinos, particularmente lo relacionado con la alimentación, que a pesar de la importancia que tiene para la piscicultura o producción en confinamiento de especie nativas, la falta de investigaciones que conlleven al desarrollo de métodos adecuados de alimentación durante la etapa larvaria ha venido constituyendo una de las principales limitantes para su cultivo, teniendo en cuenta que en el momento de la eclosión, el sistema digestivo de las larvas es un simple tubo recto y corto sin mayor diferenciación y no se observan grandes cambios morfológicos hasta que inicia la formación del estómago con sus glándulas gástricas y los ciegos pilóricos. Este desarrollo del estómago indica, desde el punto de vista nutricional, la transformación a la etapa juvenil.

Según Lazo<sup>35</sup>, existen diferencias notables entre los procesos digestivos de peces que cuentan con un estómago desarrollado y funcional, como es el caso en juveniles, adultos y los que carecen de él, como es característico de la etapa larvaria de aquellos peces denominados agastos. De manera general, el sistema digestivo de las larvas es menos complejo que el de juveniles y adultos desde el punto de vista morfológico, histológico y fisiológico.

#### 4.8 ALIMENTO EXÓGENO

Según Atencio<sup>36</sup>, el periodo más crítico en la larvicultura de peces es el inicio de la alimentación exógena después o durante la absorción del saco vitelino, para las larvas de especies que no tienen un estómago funcional al inicio de la alimentación exógena, el alimento vivo es esencial para un crecimiento óptimo, en cambio, para estas mismas especies el crecimiento y la sobrevivencia son más bajos cuando en la primera alimentación se ofrecen alimentos artificiales, las larvas de los peces son Altriciales; por lo tanto el alimento vivo debe ser constante, abundante y debe cumplir además con ciertas características como la de ser partículas pequeñas, acordes al diámetro bucal máximo de la especie en consideración; tener textura suave, ser de fácil digestión y tener por sobre todo un

---

<sup>33</sup> VALBUENA, Rubén y DAVID, Carlos. Ampliación de la oferta piscícola nacional mediante la vinculación del capaz (*Pimelodus grosskopfii*) como especie nativa promisoría en sistemas de producción. Neiva, Colombia: Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico Piscícola Surcolombiano. 2008. p.51.

<sup>34</sup> TANAKA, H. Growth of larvae fed with artificial diet. Aquaculture In Japanese. 1998. p. 37.

<sup>35</sup> LAZO, J. P. Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos: Avances en Nutrición Acuícola. En: V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Memorias. Mérida, Yucatán, México: 2000. p.19.

<sup>36</sup> ATENCIO, Víctor. Influência da primeira alimentação na alevinagem do Yamú *Brycon siebenthalae* (Eigenmann 1912). Tese Maestrado, 2000. p.10.



alto valor nutritivo (Alliot et al. 1981).

Verreth et al.<sup>37</sup>, indica que en la estación larval temprana, se ha encontrado un bajo éxito de las dietas secas, esto ha sido atribuido a la insuficiente toma del alimento, digestión y absorción debido a la ausencia de un sistema digestivo funcional entonces cuando los alimentos artificiales para larvas son formulados y preparados, deben seleccionarse ingredientes altamente digeribles, aunque resultados de crecimiento y sobrevivencia baja con alimentos artificiales han sido reportados por Watanabe et al., (1983).

Atencio<sup>38</sup> afirma que los cambios anatómicos y fisiológicos durante el desarrollo de las larvas de peces son factores que definen sus requerimientos nutricionales a demás los peces sin funciones estomacales durante la fase de larva son dependientes del alimento vivo como dieta inicial, considerando que el mayor constituyente nutricional en el alimento vivo es la proteína, la capacidad proteolítica para la digestión del alimento puede ser considerada como la más importante durante la fase larvaria temprana de los peces, cuando las larvas de peces no tienen un estómago funcional dependen de una digestión alcalina del tipo tripsina para la digestión del alimento y caso contrario cuando el estómago es completamente funcional, la actividad proteolítica en las larvas cambia principalmente del tipo tripsina al tipo pepsina o digestión ácida, este aspecto puede tener implicaciones en el tipo de proteína que el pez es capaz de digerir.

La capacidad de las larvas para la digestión en cada una de las alimentaciones durante el día, asimismo, durante el cultivo de larvas, el tiempo entre una alimentación y otra debe ser suficiente para permitir a las larvas una digestión adecuada del alimento. La frecuencia óptima de alimentación debe ser determinada para cada especie bajo estudio. En algunas especies, parte del alimento puede ser evacuado antes de que sea completamente digerido si ocurre un consumo de nuevo alimento antes de finalizar la digestión.

Kerguelén et al.<sup>39</sup> manifiesta que una de las características que se debe tener en cuenta para las buenas prácticas de primera alimentación es el momento en el cuál se va a suministrar en relación con a la absorción del saco vitelino, así por ejemplo para especies nativas como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), la alimentación exógena se inicia cuando aún se mantiene un 34% de saco vitelino, para la barbilla (*Rhamdia sebae*) cuando tiene un remanente del 20% y yamú (*Brycon amazonicus*,) un 40% (Atencio-García et al., 2003).

---

<sup>37</sup> VERRETH, J.; TORREELE, E.; SPAZIER, E. Van der Sluiszen, A., Rombout, J., Booms, R., Segner, H., 1992. The development of a functional digestive system in the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell). J. World Aquacult. Soc. 23, 286- 298.

<sup>38</sup> ATENCIO. Óp. cit., p. 38.

<sup>39</sup> KERGUELÉN, D.; SÁNCHEZ, I y ATENCIO, V. Influencia de la presa en la primera alimentación del Bocachico (*Prochilodus magdalenae* Steindachner, 1878). CIVA 2003. p. 295 -302. Disponible en internet: URL: <http://www.civa2003.org>.

La transición entre el uso de las reservas endógenas y la alimentación exógena se ha denominado "periodo crítico", el cual generalmente está asociado con altas mortalidades, siendo el manejo de este fundamental para garantizar la sobrevivencia larvaria (Qin y Culver, 1992).

Atencio et al<sup>40</sup> dice que otro de los factores que influyen en el tamaño del alimento a ser ingerido, es la abertura bucal máxima, que se ha determinado para especies nativas como: el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), para la cual está en  $671 \pm 12.8\text{m}$ , cachamas 650 - 750m, Dorada 1100-1300m, yamú (*Brycon amazonicus*) 1300-1400m (Atencio-Garcia, 2001), como se ha podido observar hay aberturas bucales superiores a 1000 m, siendo esta una característica de las especies que poseen un rápido desarrollo larvario y una conducta caníbal, esta última luego del inicio de la alimentación exógena, ha sido informada para algunos silúridos para la dorada y el yamú, quienes afirman que en la mayoría de los casos la principal causa del canibalismo en la larvicultura está relacionada con el manejo de la alimentación (Atencio & Zaniboni, 2006).

Hecht. et al<sup>41</sup>, consideraron como factores importantes en el control del canibalismo en la larvicultura, alimentación a saciedad, frecuencia óptima de alimentación, tamaño apropiado y distribución homogénea del alimento, uso preferencial de alimento vivo y densidad de siembra conveniente. La diferencia de tamaño dentro de una cohorte debido a la variación genética está una causa principal, por otra parte, el comportamiento larval es gobernado por condiciones ambientales, tales como disponibilidad del alimento, tipo del alimento, composición alimenticia del alimento, densidad demográfica, intensidad de luz, disponibilidad del refugio, y claridad del agua.

Los métodos para reducir al mínimo canibalismo incluyen la alimentación a satisfacción, la frecuencia de alimentación, incluso la distribución del alimento, el suplemento vivo del alimento, la determinación de preferencias calificar del tamaño de larvas, el retiro de caníbales dominantes, y la determinación de la mejor densidad.

#### **4.9 ORGANISMOS VIVOS COMO ALIMENTO EN ACUICULTURA**

Para Kubitz<sup>42</sup>, el plancton constituye un renglón básico en el desarrollo de la acuicultura, es un grupo muy importante y de gran definición en cuanto a las características y fertilidad del ambiente acuático. La presencia de estos

---

<sup>40</sup> ATENCIO, V , et al. Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). MVZ- Córdoba; Rev. 8: (1), 2003. p. 255.

<sup>41</sup> HECHT, T y PIENAAR, A. Review of cannibalism and its implications in fish larviculture. J World. Aquacult. 1993. Soc; 24: 246-261.

<sup>42</sup> KUBITZA, F. 1998. Qualidade da água na produção de peixes: Parte I. Panorama da Aqüicultura, jan/ fev. p.10-18.

organismos en el agua determina la calidad de la misma y establece una relación directa para el buen desarrollo de las especies en cultivo, el alimento vivo (fitoplancton y zooplancton) es esencial durante el desarrollo larvario de peces, crustáceos y moluscos convirtiéndose así en factor importante para el desarrollo de la actividad acuícola.

Prieto<sup>43</sup>, dice que el plancton está compuesto principalmente por plantas (microalgas), destacándose entre los diferentes grupos las diatomeas, y grandes cantidades de animales de pequeño tamaño como metazoarios (rotíferos) protozoarios, crustáceos (cladóceros), moluscos, vermes, y larvas de diferentes especies, el plancton varía, no solo en su composición en relación a los elementos animales y vegetales presentes, sino también al número de seres en un mismo volumen de agua (densidad), lógicamente esto influye en la alimentación de los organismos que lo ingieran.

Para Kubitza<sup>44</sup>, dentro de algunas ventajas que tiene el zooplancton sobre las raciones formuladas se encuentran las siguientes: Movimiento y coloración vistosa lo que incrementa el instinto de captura, partículas pequeñas, textura suave, fácil digestión, gran valor nutricional (proteína bruta 52-64%, lípidos 5-26%, minerales 6-8%, carbohidratos 10-30% y energía bruta 4.800-5.445 Kcal./Kg. M.S.).

Por otra parte Prieto<sup>45</sup> menciona que entre los grupos de zooplancton más utilizados está Artemia, los rotíferos, cladóceros y copépodos.

- **Rotíferos.** Su valor nutricional 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 son considerados de alto valor nutritivo por su digestibilidad y capacidad de transferencia de nutrientes cuando son enriquecidos (Hagiwara et al., 2001)<sup>46</sup>.
- **Copépodos.** La calidad nutricional se caracteriza por altos niveles de proteína (44-52%) y buen perfil de aminoácidos, la composición de ácidos grasos varía considerablemente acorde a alimento usado en su cultivo<sup>47</sup>.

Sipaúba,<sup>48</sup> dice que a pesar de presentar movimientos rápidos, por saltos y consecuentemente buen escape del predador, su nauplio es considerado

---

<sup>43</sup>PRIETO, G. Martha. Alimento vivo y su importancia en Acuicultura. En: III seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola. Memorias. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 2006. p.29.

<sup>44</sup> KUBITZA, Op.cit., p. 28.

<sup>45</sup>PRIETO, Óp. cit., p.8.

<sup>46</sup> Ibid., p.9.

<sup>47</sup> Ibid., p.9.

excelente alimento para postlarvas de peces gracias sus movimientos más lentos siendo fácilmente capturados por las postlarvas de peces marinos y de agua dulce. Son versátiles para la alimentación de las postlarvas gracias a que presentan en su desarrollo diferentes tamaños que permiten su selección acorde a las necesidades de las postlarvas.

- **Cladóceros.** Prieto<sup>49</sup> asegura que la fuente de alimentación determina su calidad nutricional. Además de poder elevar su contenido de ácidos grasos con una adecuada dieta (Ferrão-Filho *et al.*, 2003), presentan un espectro de enzimas importantes (proteinasas, peptidasas, amilasas, lipasas y celulasas) que sirven como exoenzimas en el intestino de las postlarvas (Tay *et al.*, 1991; Zimmermann & Jost, 1998; Sipaúba–Tavares & Rocha, 2003).

Para Valbuena *et al.*<sup>50</sup> el conocimiento y control de los parámetros ambientales óptimos en los cultivos de fitoplancton y zooplancton, es muy importante, porque no solo permite la sobrevivencia y desarrollo de los organismos en cultivo, sino que además regulan la concentración y calidad de nutrientes esenciales como son las vitaminas, los aminoácidos y ácidos grasos que lo componen.

Por otra parte, Prieto<sup>51</sup> menciona que las especies de fitoplancton y zooplancton más utilizadas en acuicultura se describen algunas en el cuadro 1, estas especies han sido seleccionadas basándose en su aporte nutricional, tamaño de partícula y a las facilidades que permiten su producción masiva. Otro factor de gran importancia es la espesura de la pared celular, que determina su digestibilidad y por lo tanto su valor nutritivo.

Kubitza<sup>52</sup>, asegura que un buen uso del plancton proporciona un alimento natural de bajo costo, un incremento en biomasa y un adecuado crecimiento de las especies trabajadas. Las algas para consumo deben tener un tamaño y forma que permitan su captura, manejo e ingestión.

---

<sup>48</sup>SIPAÚBA, L. y ROCHA, O. Producción de plancton (fitoplancton y zooplancton) para alimentación de organismos acuáticos. Sao Pablo, Brasil: Editorial Rima. 2003. p. 274.

<sup>49</sup> PRIETO, Óp. cit., p.10.

<sup>50</sup> VALBUENA, Op.cit. p42.

<sup>51</sup> PRIETO, Óp. cit., p.5.

<sup>52</sup> KUBITZA, Op.cit. p. 30.

**Cuadro 1. Especies de alimento vivo de mayor uso en Acuicultura**

Grupo	Especie	Organismos Alimentados
Bacilliarophyceae	<i>Skeletonema costatum</i> <i>Thalassiosira pseudonana</i> <i>Chaetoceros</i> <b>Phaeodactylum</b>	<b>Camarones, crustáceos, moluscos, Artemia</b>
Haptophyceae	<i>Isochrysis galbana</i> , <i>Isochrysis</i> <i>Paulova lutheri</i>	Camarones, crustáceos, moluscos, artemia
Chrysophyceae	<i>Tetraselmis suecica</i> , <i>Tetraselmis chui</i> <i>Monochysis</i>	Camarones, moluscos, Artemia, copépodos, rotíferos
Chlorophyceae	<i>Chlorella autotrophica</i> , <i>Chlorella sp.</i> <i>Dunaliella</i> <i>Chlamydomonas</i> <i>Scenedesmus</i> <i>Nannochloris</i>	Moluscos, cladóceros, rotíferos, Artemia
Chytridiophyceae	<i>Chroomonas sp</i>	Moluscos
Cyanophyceae	<i>Spirulina sp</i> <i>Spirulina maxima</i>	Peces ornamentales, camarones, moluscos, Artemia, rotíferos
Rotifera	<i>Brachionus plicatilis</i> <i>B. calyciflorus</i> , <i>B. rubens</i> , <i>B. urceolaris</i> <i>B. falcatus</i>	<b>Peces</b> Crustáceos
Copépoda	<i>Tigropus japonicus</i> <i>Oithona</i> <i>Acartia</i> , <i>Centropages</i> <i>Temora</i> , <i>Tisbe</i>	<b>Peces</b> Crustáceos
Branquiopoda	<i>Artemia</i>	<b>Peces y crustáceos</b>
Cladocera	<i>Daphnia sp.</i> , <i>Moina sp</i>	<b>Peces y crustáceos</b>

Kubitza<sup>53</sup>, dice que hay características positivas y negativas para considerar las algas como fuente de alimento: entre las positivas se encuentran las algas de pared celular fina o de fácil digestión, tamaño y forma (algas que forman filamentos o presentan espinas en su estructura no son aconsejables como alimento), volumen celular (abastece un biovolumen disponible como alimento), contenido de carbono en relación al peso seco (caracteriza el valor nutricional, representando 40% al 68% del peso seco de la célula), y entre las negativas se encuentran las algas de pared celular gruesa, producción de toxinas letales, presencia de vesícula gaseosa (reducen el protoplasma nutritivo en la célula).

La importancia de los alimentos vivos, como partícula alimenticia con fines acuícolas, radica en el aporte de ácidos grasos y aminoácidos esenciales que

<sup>53</sup> KUBITZA, Op.cit., p. 30.

puedan brindar para el desarrollo larvario de peces, crustáceos y el desarrollo larval, crecimiento y maduración en moluscos.

Además, Prieto<sup>54</sup> dice que la producción de zooplancton es una práctica restringida a pocos organismos. Su cultivo se basa en la alimentación con diferentes especies de microalgas y levadura.

Valbuena, asegura que los medios de cultivo recomendables son los siguientes:

- Medios minerales (sales de fosfatos y nitratos)
- Medios orgánicos (estiércol de caballo, res, cerdo, gallina)
- Medios enriquecidos (combinación de medios orgánicos e inorgánicos o extractos de suelo<sup>55</sup>).

#### 4.10 ARTEMIA

Para Blanco, T y Tacón, G.<sup>56</sup> este microcrustaceo a sido ampliamente utilizado en acuicultura desde 1920, sus características como el alto valor nutricional, representado por su perfil de aminoácidos esenciales, la capacidad de encapsular sus huevos conservando su viabilidad durante varios años hasta que se den las condiciones necesarias para su eclosión lo hacen ser la principal fuente de alimento para tempranas etapas en peces.

El mismo autor sostiene que los nauplios de Artemia pueden duplicar su tamaño corporal en menos de 24 horas, esto se debe a una hormona de crecimiento contenida en la Artemia, siendo la presa viva más adecuada para la alimentación de los estadios postlarvarios de muchas especies de peces, crustáceos marinos de agua dulce y salada debido a su pequeño tamaño, elevado contenido de proteína, buen perfil nutricional y adecuada conversión alimenticia.

Acosta<sup>57</sup> afirma que el análisis bromatológico de nauplios de Artemia *franciscana* es el siguiente (Ver tabla 1).

---

<sup>54</sup> PRIETO, Óp. cit., p.5.

<sup>55</sup> VALBUENA, Óp. cit. p.85.

<sup>56</sup> BLANCO, T. L. y TACÓN, J. A. La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura, una diagnosis. FAO, documento de campo. 1989. p12.

<sup>57</sup> ACOSTA, Alfonso. y ORTEGA, César. Evaluación de tres tipos de alimento: concentrado comercial con 32 % de proteína vs. spirulina (*spirulina platensis*) y artemia (*artemia franciscana*) como dieta de postlarvas de sábalo amazónico (*brycon melanopterus*) cope 1872, Trabajo de grado. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de recursos hidrobiológicos, 2007. p.53.

**Tabla 1. Análisis bromatológico de Nauplios de Artemia franciscana**

ANÁLISIS	Nauplios Artemia	
	% B.H	% B.S
	81.02	-----
Materia seca	18.98	-----
Ceniza	1.21	6.38
Extracto etéreo	3.24	17.09
Fibra cruda	1.44	7.61
Proteína	11.61	61.19
E.N.N	1.47	7.73
Calcio	0.02	0.09
Fósforo	0.26	1.38
Energía (Kcal/100g )	87	460

Blanco<sup>58</sup> indica que la capacidad de la Artemia de la formación de huevos resistentes es lo que la ha hecho ser uno de los recursos de alimentación en acuicultura más importantes, pues los quistes pueden conservar su variabilidad durante varios años hasta que se dan las condiciones necesarias para la eclosión.

Sin embargo, los costos de este tipo de alimento restringen su uso, siendo necesario la identificación y cultivo de otros organismos nativos que suplan las necesidades nutricionales de las larvas.

**4.10.1 Clasificación taxonómica.** Según Amat, citado por Acosta la clasificación taxonómica de la Artemia es:

Phyllum: Artrópoda.  
 Clase: Crustacea  
 Subclase: Branchiopoda  
 Orden: Anostracea  
 Familia: Artemiidae  
 Género: Artemia  
 Especie: *Artemia franciscana*<sup>59</sup>

<sup>58</sup> BLANCO, Óp. cit. p.68.

<sup>59</sup> ACOSTA, Óp. cit. p.100.

#### 4.11 MICROENCAPSULADOS

Blanco et al,<sup>60</sup> asegura que tienen un tamaño y textura óptima para ser utilizadas por larvas de peces marinos, presentan una composición similar en principios inmediatos, siendo aceptadas y digeridas tanto por larvas de especies pelágicas como bentónicas, y aparecen visiblemente disgregadas en su tubo digestivo, con un contenido nutricional del 50 % de PB, 12% de lípidos, 12% de cenizas y el 5% de humedad, con un tamaño de partícula entre 100 a 150  $\mu\text{m}$ . Suponen una alternativa al uso de presas vivas en la alimentación de las larvas de peces y se evitan así los problemas de disponibilidad de presas vivas (*Artemia*) en el mercado.

Además, la elaboración de las microcápsulas se realiza mediante una técnica de bajo costo, se dispersan en agua fácilmente, son estables en agua durante períodos de tiempo prolongado, y se mantienen disponibles para las larvas durante ese tiempo sin perder su valor nutritivo, la estabilidad de las microcápsulas facilita el mantenimiento de la calidad del agua y se almacenan en seco durante largos periodos de tiempo sin que se modifiquen sus características.

Martínez, P y Ríos, M<sup>61</sup>, aseguran que la investigación tecnológica para la elaboración de alimentos balanceados de alto valor nutritivo, ha dado como resultado la aparición de dietas microligadas y microencapsuladas, ambas con gran potencial de uso, siempre y cuando cumplan con las características de aceptabilidad, digestibilidad, tamaño de partícula adecuado y muy importante, una buena estabilidad en el sistema acuoso. El alimento debe cubrir los siguientes criterios:

- **Aceptabilidad:** por parte de las larvas en relación a su tamaño de partícula para su ingestión.
- **Densidad:** similar a la del alimento vivo cuando está en el agua.
- **Estabilidad:** la dieta microparticulada debe permanecer estable con el mínimo de pérdidas por lixiviado o rupturas antes de ser ingerida.
- **Digestibilidad:** la dieta debe ser digerible y asimilada por las larvas.
- **Tasa de ingestión:** equivalente a la del alimento vivo.

---

<sup>60</sup> BLANCO, Óp. cit., p, 46.

<sup>61</sup> MARTÍNEZ, Carlos y RIOS, Martha. Aspectos de la alimentación de los peces y el uso de micro agregado en Acuicultura. En: IV seminario internacional en acuicultura. Memorias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2005. p 32.



- **Contenido nutricional:** debe ser similar al de los organismos vivos que son depredados de manera natural.
- **Vida de anaquel:** intervalo de tiempo en el cual, el alimento procesado conserva sus propiedades durante el almacenamiento.

El tipo de cápsulas más promisorias para el estudio de los requerimientos de las larvas de crustáceos decápodos corresponde a las de alginato de calcio y consideran que estas microcápsulas son superiores a las de nylon-proteína. Señalan que entre las ventajas más importantes está la versatilidad del tipo de material que puede ser encapsulado, costos de preparación más bajos y menores tiempos de elaboración. Langdon y col, (1985).

Para Martínez<sup>62</sup>, los resultados de diversas investigaciones para la elaboración de alimentos balanceados en acuicultura, demuestran que todavía ningún proceso ha sido suficientemente satisfactorio (Kurmaly y col., 1990), y la estabilidad de las dietas artificiales en el agua estará dada ya sea por el ligante, en el caso de alimento microparticulado o por el material formador de pared, en el caso de alimentos microencapsulados (Kanazawa y Teshima, 1988; Pedroza-Islas y col., 2000).

Según Kanazawa<sup>63</sup>, se ha enfatizado la gran importancia que reviste la estabilidad en agua de las partículas alimenticias, de tal manera que una buena dieta artificial no sustentará el crecimiento de los organismos si se disuelve fácilmente o bien si se sedimenta con rapidez (Pedroza- Islas y col., 2000).

---

<sup>62</sup> MARTÍNEZ, Óp. cit., p.32.

<sup>63</sup> KANAZAWA, A et al. Culture of the prawn larvae with micro-particulate diets. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1982. p.48.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCALIZACIÓN

El presente estudio se realizó en la Estación Piscícola Piedra Pintada<sup>64</sup>, adscrita a la Central de Cooperativas de Caficultores del Huila (Centracafe), localizada en el municipio de Aipe, a 35 km + 700 m de la capital del departamento, Neiva. Entre la latitud Norte 03°15'05" y Sur 03°14'55", este 75°14 '40" y Oeste 87°08'00" con referencia al meridiano de Greenwich. A una altura de 390 msnm., y una temperatura promedio de 29.5°C (Figura 3).

**Figura 3. Estación piscícola piedra pintada**



**5.1.1 Instalaciones.** La estación está conformada por 41 estanques escavados en tierra, de los cuales 13 estanques son destinados para levante y ceba de tilapia roja y cachama negra, 14 estanques son utilizados para mantenimiento de reproductores, alevinos de tilapia y capaz (*Pimelodus grosskopfii*).

El agua utilizada proviene del río Aipe por medio de un canal que transporta 800 l/s, y el caudal total que abastece a la estación es de 146 l/s, por medio de una tubería de 4", captada por gravedad, con un espejo de agua de 3411m<sup>2</sup>.

Cuenta con 17 canaletas en cemento para la reversión de tilapia roja y alevinaje de capaz. (Figura 4).

<sup>64</sup> Estación piscícola Piedra Pintada, adscrita a la Central de Cooperativas de Caficultores del Huila (Centracafe), Aipe, Huila, Colombia. Email: Centracafe@etb.net.co

**Figura 4. Canaletas en cemento**



El laboratorio de reproducción está conformado por incubadoras tipo Woynarovich de 40 y 60 litros, artemilleros de 15 litros, balanza analítica, balanza gramera, íctiometro, estereoscopio, computador, vidriería y reactivos (Figura 5).

**Figura 5. Laboratorio**



Para el desarrollo de la investigación se utilizó dos canaletas circulares, dos incubadoras de flujo ascendente de 60 litros, 12 acuarios de vidrio con 5,0 mm de espesor, 0,41 m de largo, 0,41 m de ancho y 0,5 de alto y 20 litros de volumen, dos artemilleros con volumen de 15 litros, sistema de aireación por medio de un blower de doble salida y mangueras de distribución de 5,0 mm de espesor (Figura 6).

## 5.2 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes:

- Redes de fitoplancton y zooplancton
- Acuarios de vidrio
- Aireadores
- Piedras difusoras
- Mangueras
- Camillas para el transporte de peces
- Baldes plásticos
- Regla milimétrica
- Equipo digital multiparámetro de calidad de aguas (YSI 550 A y YSI 63).
- Erlenmeyer
- Lámpara de luz blanca
- Chinchorro
- Microscopio (Nikon) CX – 31 RBSFCL Olympus
- Estereoscopio (Nikon)
- cámara fotográfica
- Cámara de newbauer marca Boeco – Alemana línea brillante
- Abono orgánico (bobinaza)
- Abono inorgánico (NPK, 15-15-15)
- *Artemia salina*
- Sal marina agrícola industrial

**Figura 6. Materiales y equipos utilizados**



### **5.3 MATERIAL BIOLÓGICO**

Se utilizó 1800 larvas de capaz (*Pimelodus grosskopfii*) de 24 horas posteclosión del lote de reproductores que tiene la estación.

### **5.4 PERIODO DE ESTUDIO**

La investigación se desarrollo durante un periodo de 12 meses, teniendo en cuenta consecución de materiales, procesos reproductivos, preensayos y la estandarización de la metodología.

Debido a que no existen reportes de capaz, la investigación se extendió durante un periodo de nueve meses, fue necesario realizar la reproducción artificial hasta lograr la estandarización del protocolo de reproducción inducida para obtener larvas de capaz.

Posteriormente, se realizaron preensayos de la primera alimentación teniendo en cuenta diferentes tipos de alimento, debido al canibalismo que esta especie presenta, el periodo de evaluación fue de 20 días.

### **5.5 PLAN DE MANEJO**

**5.5.1 Adecuación de instalaciones.** Los acuarios que se utilizaron en esta investigación fueron lavados con sal marina agrícola industrial y desinfectados con formol al 10%. Se adecuó el laboratorio para impedir la entrada directa de luz solar y mantener la temperatura del agua, utilizando bolsas plásticas de color negro, también se instaló un blower de doble salida para distribuir el aire a los acuarios por medio mangueras plásticas. Las actividades de sifoneo, limpieza de la superficie, recambios de agua del 20 hasta el 60% se realizaron diariamente.

### **5.6 MANEJO REPRODUCTIVO**

**5.6.1 Selección de reproductores.** Para realizar la investigación se utilizaron reproductores de capaz, los cuales fueron capturados del medio natural por pescadores artesanales de la represa de Betania (Huila) y sembrados en estanques escavados en tierra de la estación piscícola.

Para la captura fue necesario domesticarlos y tener cuidado con la manipulación porque son animales delicados, se observó que en esta especie existe dimorfismo sexual; las hembras presentan mayor tamaño que los machos.

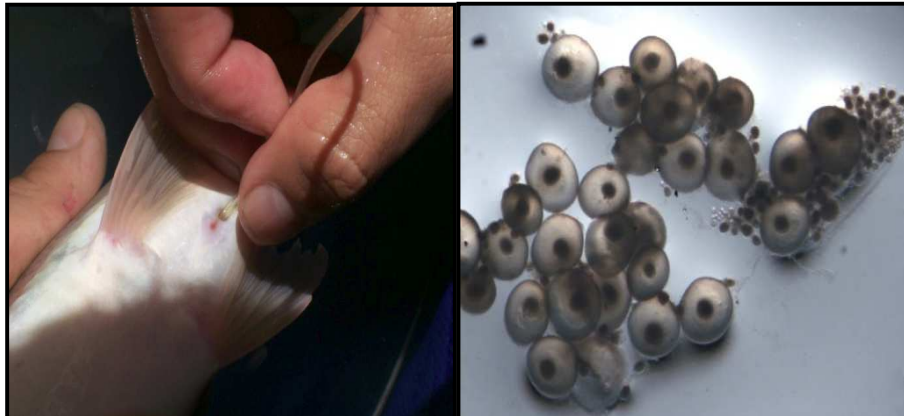
En la preselección de reproductores se tuvo en cuenta características morfológicas de tipo invasivas y no invasivas, como abdomen abultado, tamaño, y la relación macho-hembra 2:1. Se transportaron por sexos separados a tanques circulares donde permanecieron 24 horas (Figura 7).

**Figura 7. Selección de reproductores**



**5.6.2 Biopsia ovárica.** En el laboratorio se realizó la respectiva biopsia ovárica, con el fin de saber el grado de madurez gonadal de las hembras. Se utilizó MS 222 en una dosis de 75 ppm y se procedió a tomar la muestra de ovocitos con una cánula nasofaríngea pediátrica No. 6,0, la cual se introdujo por el oviducto para obtener muestras de ovocitos, la muestra se aclaró con solución Serra para determinar el porcentaje de migración de la vesícula germinativa (Figura 8).

**Figura 8. Biopsia ovárica**



**5.6.3 Protocolo hormonal.** Después de realizada la selección y de emplear la relación 2:1 se procedió a inducir con hormona a los ejemplares, para esto se tomó en cuenta el peso de cada ejemplar.

No se utilizó tranquilizante en la aplicación hormonal y se aplicó en la base de la aleta dorsal, con jeringa de insulina. (Figura 9).

**Figura 9. Aplicación hormonal**



La hormona utilizada fue Extracto Hipofisiario de Carpa (EHC), en una proporción de 5,75 mg/Kg de peso vivo (PV) y 4,0 mg/Kg de PV, para hembras y machos, la tabla, indica las dosis utilizadas (Ver tabla 2).

**Tabla 2. Dosis empleada en la reproducción de Capaz**

Sexo	1 Dosis	2 Dosis	3 Dosis
Hembra	0,25	0,5	5
Macho	0,25	0,5	3,25

Después de la última dosis, el tiempo de latencia (tiempo transcurrido entre la última dosis y el momento en el que se da el desove) a 27°C está entre 5,0 a 6,0 horas aproximadamente; a partir de este momento se realizaron las actividades de estrujamiento, seminación, fertilización, hidratación, lavado e incubación de huevos (Figura 10).

La presente investigación permitió establecer que la fecundidad relativa de una hembra de *Pimelodus grosskopfii* es de 33,08 huevos por g de peso vivo (PV) con un diámetro promedio de 881,32  $\mu\text{m}$ .

**Figura10. Protocolo de reproducción inducida**



**5.6.4 Porcentaje de fertilización.** Después de la incubación artificial, se procedió a tomar una muestra de huevos fecundados cada hora hasta el cierre del blastoporo (alrededor de la sexta hora post incubación) para estimar el porcentaje de fertilización y saber un dato aproximado del éxito reproductivo.

**5.6.5 Desarrollo embrionario.** Se puede decir que el capaz tiene el mismo patrón de desarrollo embrionario de otros peces óseos.

Después de la hidratación del huevo es posible visualizar, la doble membrana, el corion y el vitelo, que a su vez está formado por dos partes: a) el polo animal que dará origen al embrión y el polo vegetativo cuya función es nutrir al embrión en todas las fases de desarrollo.

El polo animal presentó la división celular (clivajes) de 2, 4, 8, 16, etc. esta fase, llamada *mórula*, después de esta fase las divisiones continúan, cada célula en este caso toma el nombre de blastómero, surgiendo posteriormente una cavidad entre el vitelo y la masa celular, esta fase es llamada *blástula*. En la siguiente etapa, las células del blastodermo (tejido del embrión en la fase de blástula) toman una forma de cerradura encima del vitelo, definiéndolo, esta fase se denomina *gástrula*.

Las células siguen creciendo y formando capas más extensas alrededor del vitelo, después el cierre del blastoporo abertura que da origen a la diferenciación de la región cefálica de la región caudal y se lleva a cabo aproximadamente a la sexta hora después del desove. A partir de este momento comienza la organogénesis, la cual inicialmente está marcada por la aparición de los primeros somitos y la vesícula óptica. Los tejidos y órganos van siendo definidos a lo largo del desarrollo embrionario, cuya variación depende en gran medida de la temperatura del agua (Anexo J. Desarrollo embrionario).



La eclosión se da alrededor de las 12 horas después del desove y la reabsorción del 80% del saco vitelino ocurrió a las 24 horas después, tiempo en el que se suministró la primera alimentación.

## 5.7 LARVICULTURA

Iniciada la fase de larvicultura, se realizó el conteo de larvas que se distribuyeron en cada unidad experimental de los tres tratamientos de la investigación, se emplearon 10 pl/L en 20 litros de agua cada una, para un total de 1.800 larvas que fueron monitoreadas por un periodo de 20 días, tiempo en el cual se determinó la calidad de las larvas obtenidas en cada tratamiento.

Para ello se realizó un muestreo al inicio de la siembra, donde se estimó la talla y el peso total de las larvas, finalizado el periodo de estudio se realizó un último muestreo, con el fin de estimar el número de larvas que sobreviven, de igual manera se estimó la talla y peso final, esto permitió determinar el porcentaje de sobrevivencia, y el incremento de la talla y peso total respectivamente presentado por las larvas a lo largo del experimento.

**5.7.1 Preparación Microcosmos.** Quince días antes de iniciar con el proyecto de investigación, se realizaron cultivos de alimento vivo en el laboratorio; para el mismo, se acondicionó tres acuarios de vidrio de 120 cm con agua de clorinada, termostatos y aireación mediante blower.

El agua fue fertilizada y posteriormente sembrada con cinco litros de una muestra de agua obtenida mediante un arrastre con el uso de redes de fitoplancton y zooplancton en un estanque de producción ubicado dentro de la estación piscícola. De acuerdo a los ensayos realizados se estandarizó la siguiente tabla.

**Tabla 3. Componentes del agua de cultivo**

<b>Acuarios 40 L</b>	<b>Fertilizante Orgánico (bobinaza)</b>	<b>fertilizante inorgánico (NPK,15-15-5)</b>
1	1,0 g	5,0 g
2	1,0 g	5,0 g

Para esta actividad fueron seleccionados cuatro estanques de acuerdo a la productividad de plancton que mostraron, esto se hizo por medio del disco secchi, seleccionando los que presentaron transparencia mayor a 30 cm y coloración verdosa.

Para la toma de las muestras de plancton se realizaron arrastres horizontales sobre la columna de agua dejando un cuarto de la boca de la red sobre la superficie, utilizando una malla de 100  $\mu\text{m}$  de ojo para zooplancton (Figura 11).

La siembra de cada acuario se realizó con ocho días de diferencia para obtener un crecimiento homogéneo de fitoplancton y zooplancton y un suministro de manera escalonada.

**Figura 11. Selección y toma de muestras**



**5.7.1.1 Control y monitoreo del cultivo de alimento vivo.** Diariamente se llevaron controles de oxígeno ( $\text{mg/l}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH con el equipo digital multiparámetro de calidad de aguas (YSI 550 A y YSI 63), y revisión del sistema de aireación.

El acuario fue abonado cada dos días con la misma dosis de abono utilizada inicialmente en la preparación del cultivo, el abono inorgánico (NPK 15-15-15) fue macerado para lograr que se disuelva bien en el agua, y para la adición del abono orgánico (bobinaza), se utilizó una tela de seda fina dispuesta en forma de bolsa, con el propósito de evitar que el agua se contamine por sólidos.

Se realizaron tomas de muestras y se observaron al microscopio para determinar el florecimiento de organismos y definir la presencia de fitoplancton y zooplancton (Figura 12).

Para determinar el crecimiento poblacional, se realizó un conteo de la comunidad algal de acuerdo a la clasificación taxonómica, con una concentración variable en cel/ml a partir de un volumen de 120 L. Se utilizó la cámara de newbauer, para el conteo de algas de tamaños de dos a veinte micras de diámetro, se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\text{N}^\circ \text{ cel / ml} = \frac{\text{conteo total} \times 10^4}{\text{N}^\circ \text{ de bloques}}$$

La identificación de zooplancton se realizó con ayuda de tubos capilares de 75 mm de longitud y 1,1 mm de diámetro interno, bajo un estereomicroscopio. Los organismos seleccionados fueron ubicados en cámaras multiceldas de 6,0 excavaciones con un volumen útil de 15 ml para la respectiva clasificación taxonómica (Montaje en fresco, 6.3 X).

**Figura 12. Clasificación de fitoplancton y zooplancton**



**5.7.2 Preparación Artemia.** Se desencapsuló *Artemia franciscana* en dos artemilleros de 15 litros; un gramo de Artemia, un litro de agua y 30 g de sal, con una temperatura de 27 °C, aireación y con luz eléctrica constante, la eclosión ocurrió a las 24 horas después.

Para el conteo de Artemia se utilizó la técnica volumétrica propuesta por Gallardo, citada por Acosta y Ortega<sup>65</sup> que consistió en cosechar y confinar los nauplios recién eclosionados en un recipiente de 4.000 ml. Se homogenizaron y se seleccionaron tres muestras de un ml en cajas petri, luego se adicionó 0,5 ml de lugol colorante para matar los nauplios. Se contó el número de nauplios de Artemia en cada muestra, se extrapoló el promedio al volumen de 4.000 ml y se suministro el 10% de la biomasa en cada comida.

<sup>65</sup> ACOSTA, A. y ORTEGA, Óp. cit., p 69.

**5.7.3 Uso de microencapsulados.** Se empleó microencapsulados que fueron mezclados con agua y suministrados a cada réplica de los tratamientos respectivos según la dieta, 10% de la biomasa (Anexo L. etiqueta de microencapsulados).

## 5.8 ALIMENTACIÓN

Teniendo en cuenta que es una especie omnívora de hábitos carnívoros presentando canibalismo en esta fase, fueron alimentados diez veces al día, utilizando para ello las diferentes dietas, (Microcosmos, Artemia, microencapsulados). Al mismo tiempo se suministró de la siguiente manera:

Microcosmos: 10% de la biomasa, diez veces al día.

Artemia: 10% de la biomasa, diez veces al día.

Microencapsulados: 10% de la biomasa, diez veces al día.

## 5.9 MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

Se tuvo en cuenta la fluctuación de temperatura, oxígeno y potencial de hidrógeno (pH) donde se monitoreo cada dos horas durante el desarrollo de la investigación.

## 5.10 TRATAMIENTOS

En esta investigación se evaluaron tres tratamientos con tres réplicas así:

T<sub>1</sub>: Larvas alimentadas con microcosmos, 10% de la biomasa.

T<sub>2</sub>: Larvas alimentadas con *Artemia salina*, 10% de la biomasa.

T<sub>3</sub>: Larvas alimentadas con microencapsulados, 10% de la biomasa.

## 5.11 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

**5.11.1 Diseño experimental.** Se trabajó con un diseño complemente al azar, donde se evaluaron tres tratamientos, con tres réplicas cada uno, cada unidad experimental estuvo conformada por un acuario de vidrio de 20 litros y un área de 16,8 cm, el flujo de agua de las réplicas fue el mismo en todos los tratamiento en los cuales se manejó 200 larvas por cada unidad experimental, y un total de 1800 distribuidas aleatoriamente.

Para realizar el análisis de varianza se utilizó la siguiente expresión algebraica:

Donde: 
$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \alpha_j + (\tau, \alpha)_{ij} + \mathcal{E}_{ijk} + \eta_{ijkl}$$

$Y_{ijkl}$	= Variable Respuesta
$\mu$	= Media Poblacional
$\tau_i$	= Efecto medio del i-ésimo fotoperíodo
$\alpha_j$	= Efecto medio del j-ésimo salinidad
$\epsilon_{ijk}$	= Error experimental asociado a la k-ésimo unidad experimental
$\eta_{ijkl}$	= Error de muestreo asociado l-ésimo a la muestra

**5.11.2 Análisis estadístico.** Para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANOVA), se aplicó una prueba de comparación múltiple de Tukey al 95 % de confiabilidad, las que mostraron violaciones a los opuestos estadísticos se realizó una transformación aplicando las fórmulas  $\ln(x + 1)$  y  $\sqrt{x}$ <sup>66</sup>.

La variable sobrevivencia, se comparó a través de la prueba no paramétrica de Brand Snedecor.

## 5.12 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

En la realización de la investigación se han planteado las siguientes hipótesis.

$H_0 = \mu_0 = \mu_1 = \mu_2$ : ninguno de los tratamientos presenta diferencias significativas en las diferentes variables.

$H_1 = \mu_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2$ : al menos uno de los tratamientos presenta diferencias significativas en las diferentes variables.

## 5.13 VARIABLES EVALUADAS

Las variables se evaluaron teniendo en cuenta las etapas propuestas en el experimento así:

**5.13.1 Incremento de Peso.** Es el aumento de peso que presenta los individuos durante el periodo de estudio y es la diferencia entre el peso final y el peso inicial.  
 $IP = Pf - Pi$ .

Donde:

IP: incremento de peso.

Pf: peso final.

---

<sup>66</sup> MOLINERO, L. Bondad de ajuste a una normal, transformaciones y pruebas no paramétricas En: Estadísticas para biología y ciencias de la salud. España: Alce Ingeniería, Julio 2003. p. 3. Disponible en internet: URL: <http://www.seh-lelha.org/pdf/noparame.pdf>

Pi: peso inicial.

**5.13.2 Incremento de longitud.** Es el aumento de longitud que presentan los individuos durante el periodo de estudio y se obtiene mediante la diferencia entre la longitud inicial de la larva recién eclosionada y la longitud de las larvas al final de la experiencia.

$$IL = Lf - Li.$$

Donde:

IL: incremento de talla.

Lf: talla final.

Li: talla inicial.

**5.13.3 Sobrevivencia.** Es el porcentaje de los animales que sobreviven al finalizar el periodo de estudio; es la relación entre el número inicial y el número final de animales por 100.

$$S = (\# A I / \# A F) * 100$$

Donde:

S: sobrevivencia larval

# A I: número inicial de animales

# A F: número final de animales.

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

$$RBC = B / C$$

Donde:

RBC: Relación Beneficio Costo.

B: Beneficio.

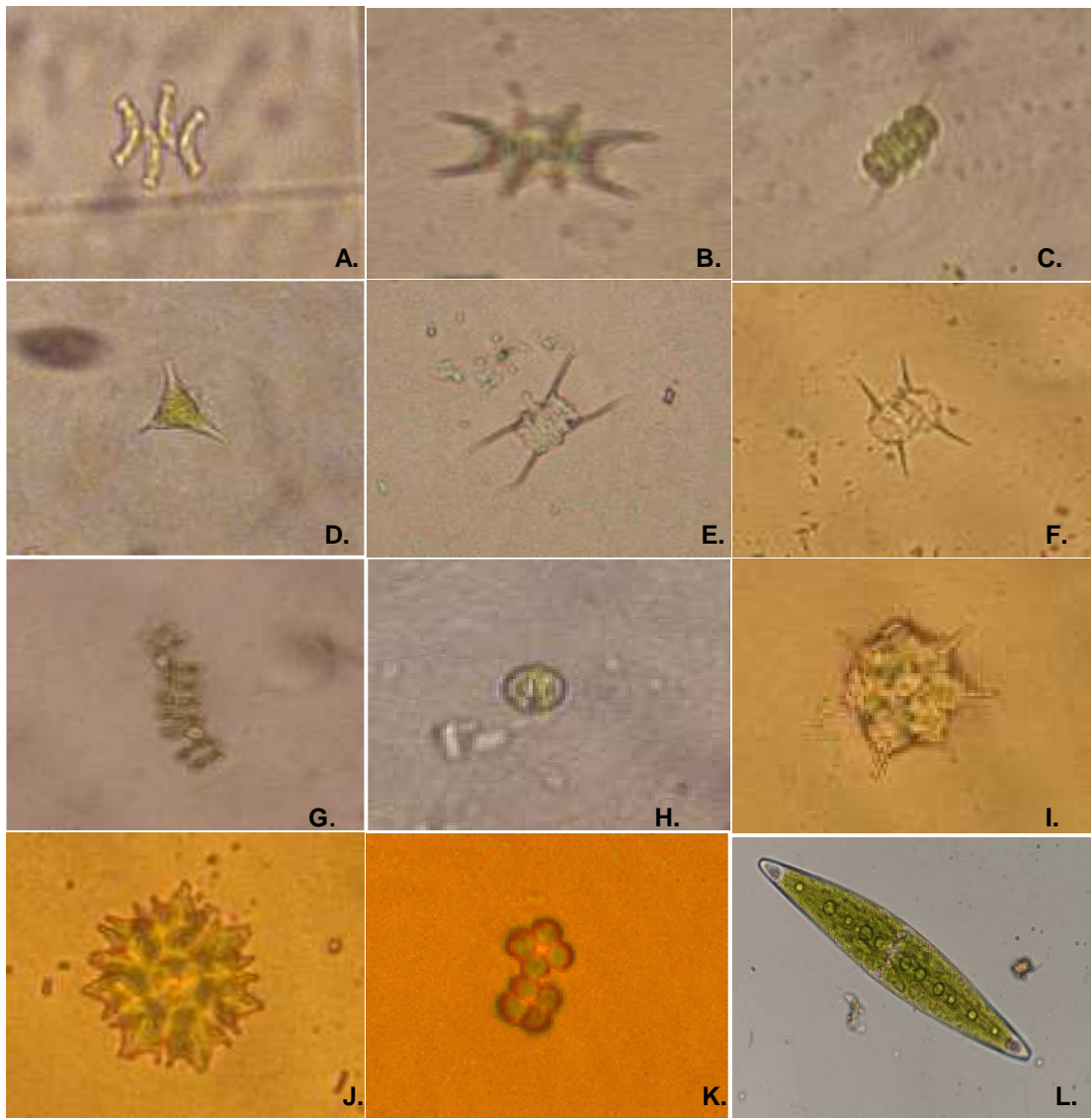
C: Costo.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL PLANCTON

**6.1.1 Fitoplancton.** En la figura 13 se aprecian los organismos Fitoplactónicos identificados el sistema de microcosmos.

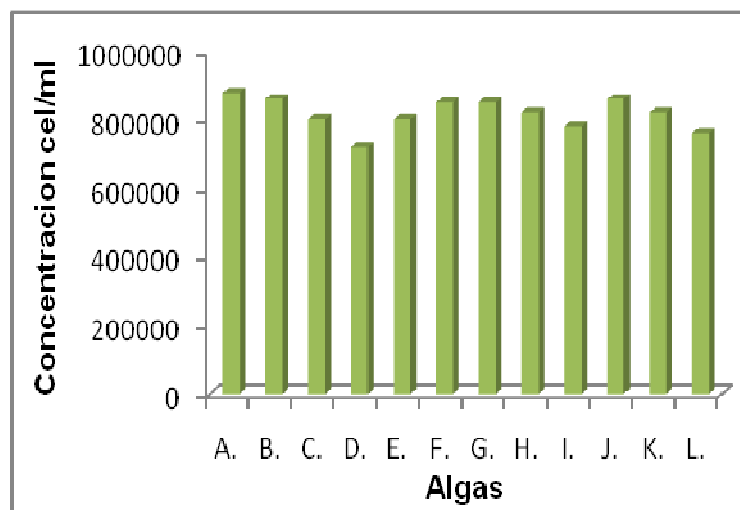
**Figura 13. Algas**



- A. *Scenedesmus sp*<sup>67</sup>
- B. *Scenedesmus sp*
- C. *Scenedesmus sp*
- D. *Tetraedron*
- E. *Scenedesmus sp*
- F. *Scenedesmus sp*<sup>68</sup>
- G. *Tabellaria*<sup>69</sup>
- H. *Chlorella*<sup>70</sup>
- I. *Pediastrum sp*<sup>71</sup>
- J. *Pediastrum sp*<sup>72</sup>
- K. *Phytoconis sp*<sup>73</sup>
- L. *Closterium sp*<sup>74</sup>

**6.1.1.1 Conteo de algas.** Según la clasificación taxonómica que se presenta en la figura 14 la concentración algal en Cel/ml en el sistema de microcosmos, registrándose una población final de todas las algas de 11162000 cel/ml en el cultivo.

**Figura 14. Concentración de algas**



<sup>67</sup> PALMER, Mervin. Algas en abastecimientos de agua: Manual ilustrado acerca de la identificación, importancia y control de las algas en los abastecimientos de agua. Editorial interamericana. S.A. p 33.

<sup>68</sup> PALMER, Óp. cit., p.33.

<sup>69</sup> STREBLE, Heinz. y KRAUTER, Dieter. Atlas de los microorganismos de agua dulce: La vida es una gota de agua. Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A. Plató 26-08006.1987. .p 167.

<sup>70</sup> NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paul. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Barcelona, España: Editorial Reverte, 1982. 131 p.

<sup>71</sup> STREBLE, Óp. cit. p. 167.

<sup>72</sup> Ibid., p.164.

<sup>73</sup> PALMER, Óp. cit., p.35.

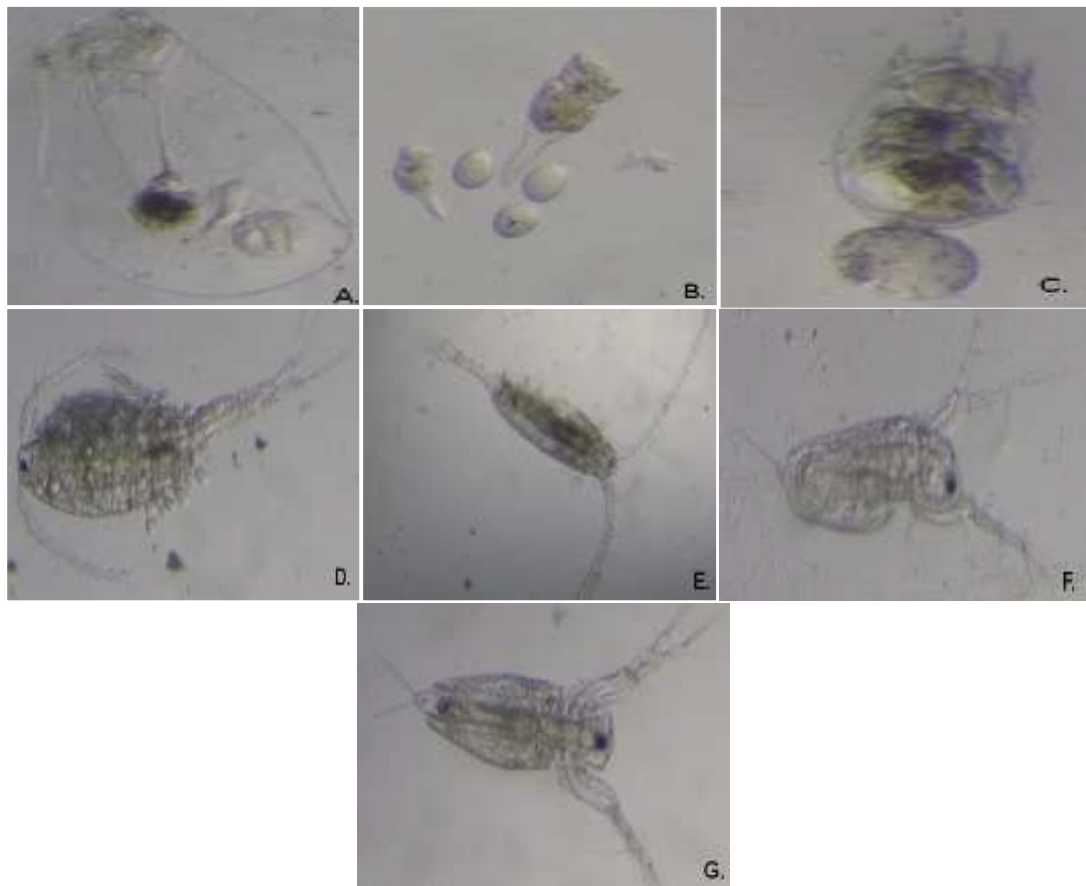
<sup>74</sup> Ibid., p.27.



A. Scenedesmus sp B. Scenedesmus sp C. Scenedesmus sp D. Tetradron E. Scenedesmus sp  
 F. Scenedesmus sp G. Tabellaria H. Chlorella I. Pediasrtum sp J. Pediastrum sp K. Closterium sp  
 L. Closterium sp

**6.1.2 Zooplancton.** Los organismos zooplanctónicos reconocidos en el sistema de microcosmos se detallan en la figura 15.

**Figura 15. Organismos Zooplanctónicos**



**Rotíferos:** A. *Asplanchna* sp; B. *Brachionus* sp; C. *Brachionus* sp<sup>75</sup>

**Copepodos:** D. *Termocyclops* sp; E. *Acartia* sp<sup>76</sup>

**Cladóceros:** F. *Moina* sp; G. *Diaphanosoma* sp<sup>77</sup>

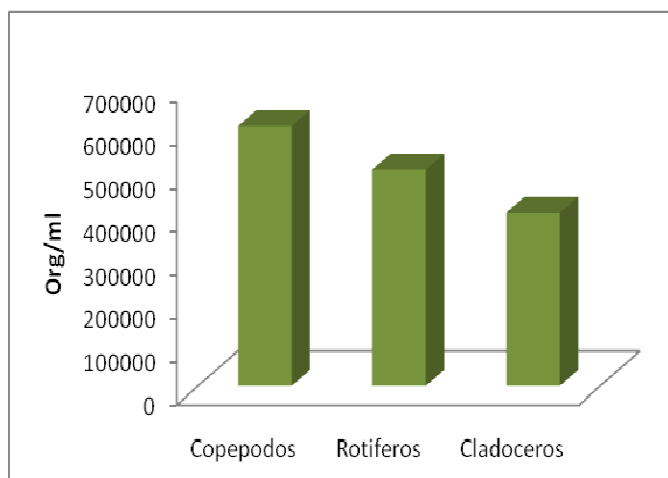
**6.1.2.1 Cuento de zooplancton.** De acuerdo a la clasificación realizada bajo microscopio a los organismos zooplanctónicos presentes en el cultivo de microcosmos se registró una población total de 1502000 org/ml (Figura 16).

<sup>75</sup> STREBLE, Óp. cit., p.182.

<sup>76</sup> Ibíd., p.190.

<sup>77</sup> Ibíd., p.176.

**Figura 16. Concentración de zooplancton**



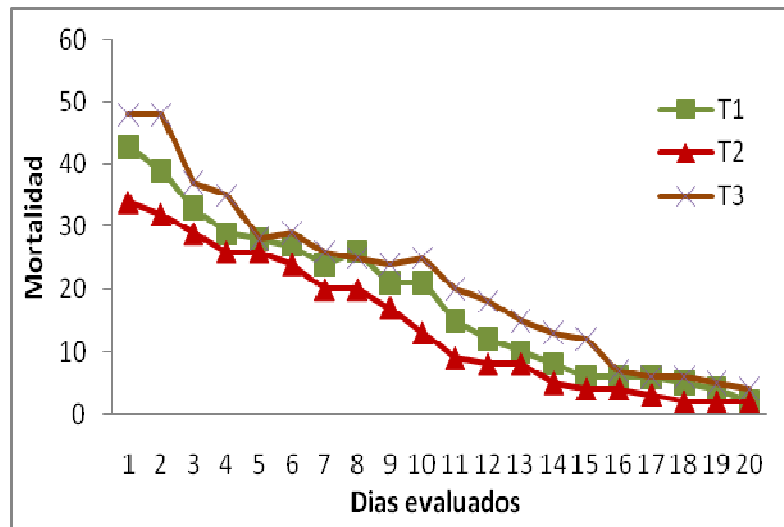
### **6.3 VARIABLES EVALUADAS**

Según el análisis de varianza por lo menos una de las variables estudiadas registró diferencias estadísticas significativas con un 95% de confianza, lo cual permite aceptar la hipótesis alterna, que sugiere que existe un efecto diferente al menos en una de las variables evaluadas.

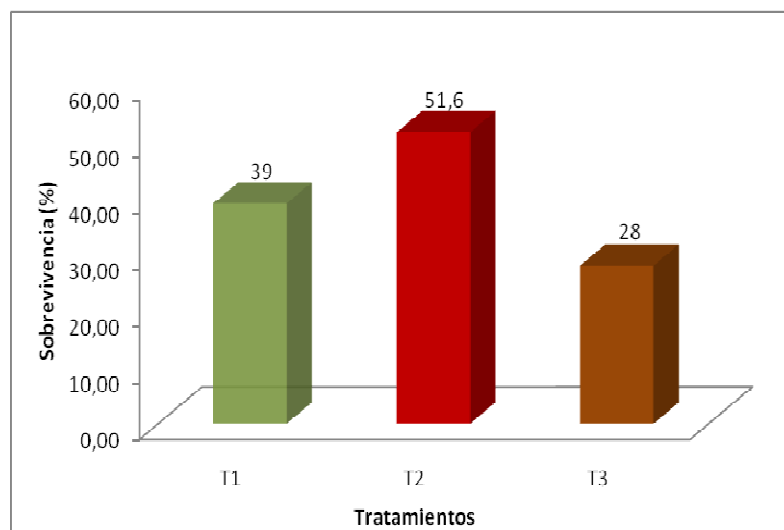
### **6.4 SOBREVIVENCIA**

La prueba estadística de Brand Snedecor con una confiabilidad del 95%, estableció diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Anexo I), considerando que el tratamiento con mayor sobrevivencia fue el T2 con el 51,6% seguido del T1 39% y T2 28% a los 20 días PE (Figura 18).

**Figura 17. Comportamiento de mortalidad**



**Figura 18. Sobrevivencia larval**



Los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los reportados por Prieto<sup>78</sup> quienes mencionan una sobrevivencia de 54.1% con densidad de 25 pl/L, a los 6 días P.E. alimentados con Artemia salina, pero a su vez lo obtenido por

<sup>78</sup>PRIETO, M. et al. Incidencia de organismos Zooplanctónicos como alimento vivo en el crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma Fasciatum*, Linnaeus 1766; Pisces: Pimelodidae). En: V seminario internacional en acuicultura. Memorias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2005.157p.

Prieto es superior a lo obtenido en el T1 de la presente investigación. Sin embargo estudios realizados por Muñoz et al<sup>79</sup> muestran sobrevivencias del 94.94% a una densidad de siembra de 50 pl/L, a una temperatura promedio de 26,02±0,2 °C y un tiempo de 72 horas. De acuerdo con el historial de investigaciones realizado en la Estación Piscícola Piedra pintada se ha reportado sobrevivencias de 85% para larvas alimentadas con Artemia con una densidad de 10 pl/L, durante un tiempo de 8 días y una temperatura de 27°C. Los resultados sugieren el uso de Artemia como alternativa para la primera alimentación, Adicionalmente, es de gran importancia tener en cuenta otros factores que pueden afectar en gran medida la tasa de sobrevivencia, tales como la calidad de agua, el manejo efectuado en los tratamientos al proceder a la limpieza diaria, densidades de siembra y la técnica de cultivo como tal.

Por otra parte, estudios realizados por Hernández et al<sup>80</sup> reporto sobrevivencias de 20% alimentadas con Artemia durante un periodo de 20 días PE a una densidad de 20 pl/L. Martín et al<sup>81</sup> obtuvo un 50% de sobrevivencia en *Rhamdia quelen* en 21 días. Como se puede observar las sobrevivencias son muy variables entre las diferentes especies, lo cual depende en gran medida del tiempo empleado en la primera alimentación.

En la curva, comportamiento de mortalidad durante el periodo de investigación (Figura 19) se puede apreciar que la mortalidad disminuye diariamente durante los días evaluados observándose que los primeros nueve días se registra mayores mortalidades, los resultados obtenidos por Hernández<sup>82</sup> son similares a los obtenidos en esta investigación presentando mayor índice de mortalidad durante los primeros ocho días de cultivo, esto se debe a limitaciones que están dadas por el tamaño de la boca, pobre capacidad natatoria, densidades inadecuadas de presas, composición bioquímica del alimento y el precario estado de desarrollo del aparato digestivo con la consecuente ausencia de enzimas digestivas al inicio de la alimentación exógena<sup>83</sup>. "Otro factor que pudo haber influido en estas muertes

---

<sup>79</sup>MUÑOZ, Fannery.; TOBAR, Jose y ARIAS Alfredo. Respuesta a la primera alimentación en larvas de barbilla *Rhamdia sabae* C.F. (Pisces: *Siluriformes*, *Pimelodidae*). Villavicencio: Universidad de los Llanos. Unidad de Larvicultura de los Llanos (IALL), 2004. p.50.

<sup>80</sup>HERNÁNDEZ, R.; FLORES, C.; DOMITROVIC, H.; BECHARA, J.; SÁNCHEZ, S. Evaluación de diferentes dietas en los primeros estadios de desarrollo del bagre sudamericano (*Rhamdia quelen*). Instituto de ictiología del norte, Argentina: Universidad Nacional del Nordeste.Facultad de ciencias veterinarias, 2005. p.18.

<sup>81</sup>MARTIN, S.; ROSSI, F.; PANNÉ, S y WICKI, G. Evaluación de tres dietas en larvicultura del Randiá (*Rhamdia quelen*) en sistema intensivo controlado En: IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura, CIVA 2006 1299-1310. Disponible en Internet: URL: <http://www.civa2006.org.pdf>

<sup>82</sup>HERNANDEZ., et al. p17.

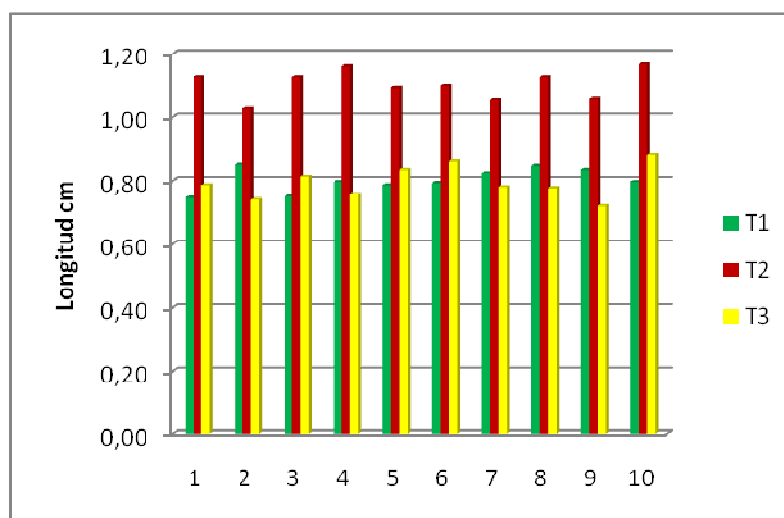
<sup>83</sup> PRIETO, M Y ATENCIO, V. Zooplancton en larvicultura de peces neotropicales En: revista MVZ Córdoba, vol. 13, Núm. 2.cordoba: Universidad de Córdoba. mayo-agosto 2008, p 1415-1425. disponible en internet URL: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=69311191017>.

debe estar relacionado a los episodios de canibalismo observados durante las experiencias, característica que varios autores mencionan para esta fase<sup>84</sup>.

## 6.5 INCREMENTO DE LONGITUD

El análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) demuestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, además la prueba de significancia de Tukey al 95% de confianza estableció que el tratamiento 2, presentó mejores resultados, con una longitud final de 1,06 cm en comparación con el tratamiento 1 de 0,79, y el tratamiento 3 con 0,81 (Figura 19), los resultados presentados en esta investigación son superiores a los reportados por Prieto<sup>85</sup> de 0,4 cm, durante un tiempo de estudio de 6 días alimentados con Artemia, Muñoz<sup>86</sup> reporta un incremento de 0,7 durante un periodo de 72 horas. Así mismo Valbuena et al<sup>87</sup> registra una longitud final 1.8 cm en larvas de 4 días post eclosión, durante un periodo experimental de 8 días. Teniendo en cuenta lo anterior este valor es superior a los obtenidos en esta investigación debido al tiempo de cultivo por ende, los incrementos de talla son exponenciales y se expresan con mayor capacidad durante los primeros días.

**Figura 19. Incremento de longitud**



<sup>84</sup> RADÜNZ, NETO J. *Desenvolvimento de técnicas de reprodução e manejo de larvas de alevinos de jundiá (Rhamdia quelen)*. Dissertação de mestrado. Santa Maria, RS, Brasil: 1981. p.143-7.

<sup>85</sup> PRIETO, et al. Óp. cit. p.158.

<sup>86</sup> MUÑOZ, et al óp. cit. p.50.

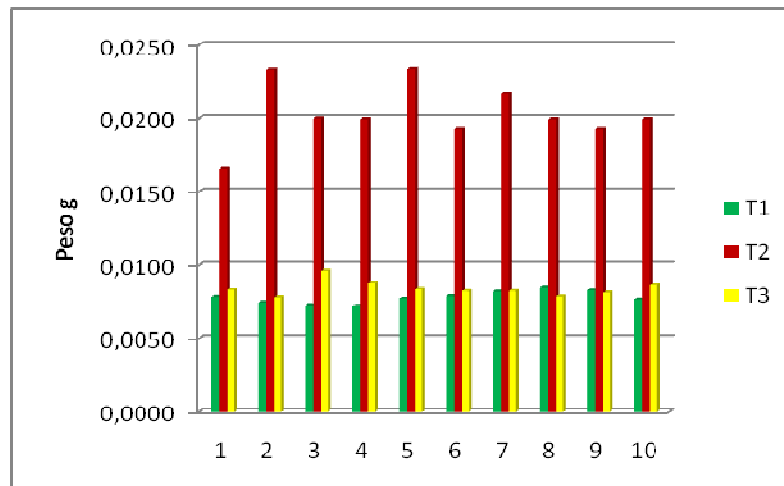
<sup>87</sup> VALBUENA, et al. Óp. cit. p.17.

## 6.6 INCREMENTO DE PESO

Para el peso final el mejor tratamiento fue el T2 se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 1 y 2 y 2 y 3 (Figura 20).

Se mantiene la misma tendencia observada en los incrementos de talla, de tal manera que las larvas de capaz en el tratamiento 1 registraron un peso final de 0,0079 g, con un incremento de 0,0035 g, el tratamiento 2 con 0,0180, con incremento de 0,014 y el tratamiento 3 alcanzo un peso de 0,0084, y un incremento de 0,004 respectivamente. Según Prieto et al<sup>88</sup>, postlarvas alimentadas con Artemia presentan el mayor incremento de peso, por otra parte Muñoz et al<sup>89</sup> asegura que el mejor resultado de sobrevivencia, peso, y talla se obtiene utilizando naúplios de Artemia como primera alimentación.

Figura 20. Incremento de peso



## 6.7 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

La relación beneficio costo reportó en el tratamiento 1 una relación de 1.71, en el tratamiento 2 de 1.81 y en el tratamiento 3 de 1.01, los cuales indican que por cada unidad monetaria que se invierta se incrementara 0,71, 0,81, y 0,01, por consiguiente los tratamientos son económicamente viables (Tabla 4 y 5).

Desde el punto de vista económico el mejor tratamiento es el T2 porque reportó el mayor índice de costos (Figura 21), esto se debe a que presentó mejores resultados de sobrevivencia, incremento de peso y talla durante la investigación.

<sup>88</sup> PRIETO, et al. Óp. cit. p.158.

<sup>89</sup> MUÑOZ, et al. Óp. cit. p.47.

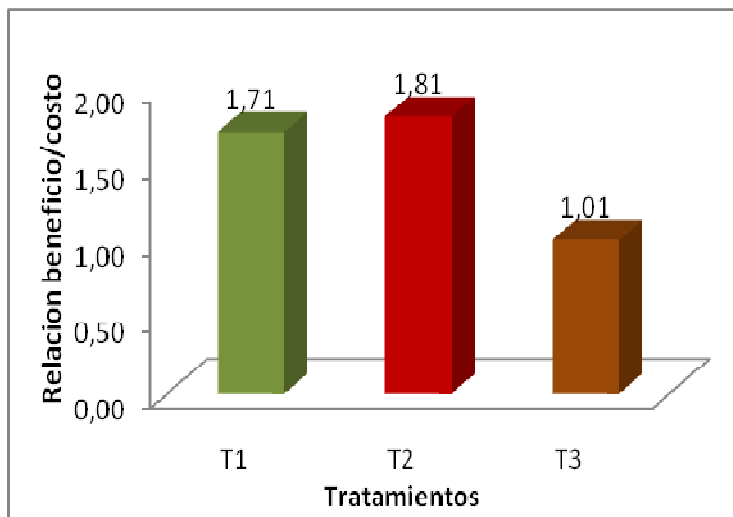
**Tabla 4. Costos parciales de producción por tratamiento**

RUBRO	T1		T2		T3		
	VLR UNIT \$	CANT	VLR TOTAL	CANT	VLR TOTAL	CANT	VLR TOTAL
Larvas	10	600	6000	600	6000	600	6000
Alimento	1210000	1000	1500	9	8460	9	7625
Jornal	60000	1	20000	1	20000	1	20000
<b>TOTAL</b>			<b>27500</b>		<b>34460</b>		<b>33625</b>

**Tabla 5. Costos e ingresos de producción**

Ttos	Costo variable	Sobrevivencia	Valor unitari o	Ingreso bruto	Ingreso neto	Beneficio costo
T1	27500	235	200	47000	19500	1,71
T2	34460	312	200	62400	27940	1,81
T3	33625	169	200	33800	175	1,01

**Figura 21. Relación beneficio costo**



Los valores obtenidos demuestran, que los costos de producción más bajas están representados por el alimento siendo así en el tratamiento T1 fue del 5,45%, para el tratamiento T2 de 24,55% y el tratamiento T3 de 22,68%. La diferencia del porcentaje entre los tratamientos se debe a los rubros de alimentos y larvas, sin embargo el costo de la mano de obra es menor a mayor practicidad en la

elaboración de las dietas, de tal manera que el valor del tratamiento T1 fue de 72,73, para el tratamiento T2 de 58,04 % y para el tratamiento T3 de 59,48.

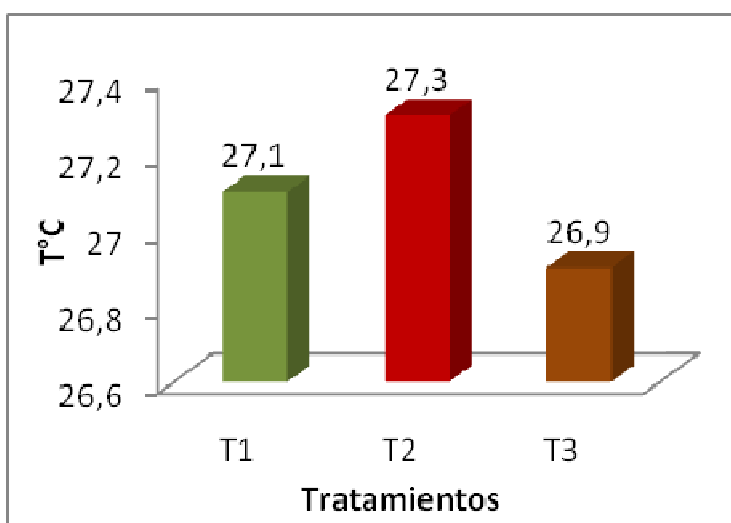
**Tabla 6. Discriminación porcentual de los costos de producción para cada tratamiento**

COSTOS	TRATAMIENTOS		
	T1 %	T2 %	T3 %
Larvas	21,82	17,41	17,84
Alimento	5,45	24,55	22,68
Jornal	72,73	58,04	59,48
<b>Total</b>	100	100	100

## 6.8 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

**6.8.1 Temperatura.** Los datos registrados para temperatura en promedio fue de  $27,1 \pm 0,20^{\circ}\text{C}$  en el T1,  $27,1 \pm 0,41^{\circ}\text{C}$  en el T2,  $27,3 \pm 0,32^{\circ}\text{C}$  y para el T3 de  $26,6 \pm 0,31^{\circ}\text{C}$ . Esto indica que no se presentó ninguna variación de este parámetro durante todo el periodo de estudio (Figura 22). Manteniéndose entre los rangos establecidos sin afectar los objetivos del estudio, según lo reportado por Villaneda<sup>90</sup> estos valores se encuentran entre los óptimos para la especie.

**Figura 22. Registros de temperatura**



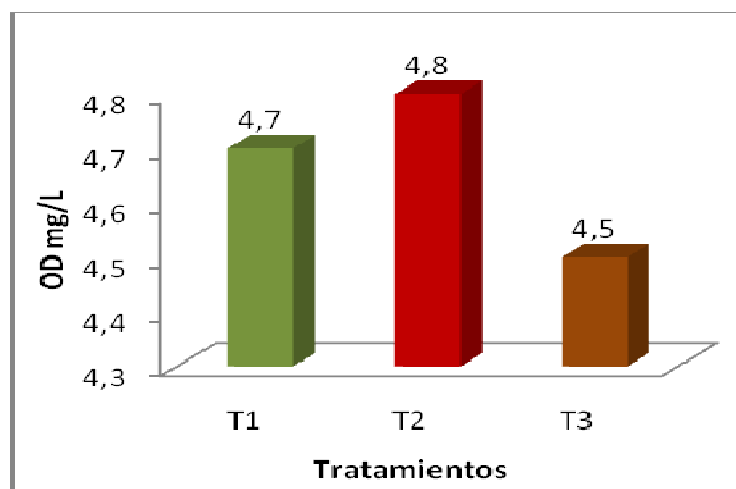
<sup>90</sup> VILLANEDA, Op cit., p22.



**6.8.2 Oxígeno.** Según Boyd citado por Ibarra y Ortega<sup>91</sup>, es un parámetro crítico en calidad de aguas, es esencial para la vida de los organismos acuáticos, ya que las bajas concentraciones de este elemento en el agua pueden causar retardo en el crecimiento y reducción de la eficiencia alimenticia.

Durante el tiempo de investigación los datos registrados para este parámetro en promedio para el T1 fue de  $4,7 \pm 0,52$  mg/L, en T2 de  $4,8 \pm 0,63$  mg/L, y T3 de  $4,5 \pm 0,41$  mg/L (Figura 23), cuyos datos se encuentran en los rangos establecidos por Villaneda<sup>92</sup> de 3,0 a 6,5 mg/l.

**Figura 23. Oxigeno Disuelto**



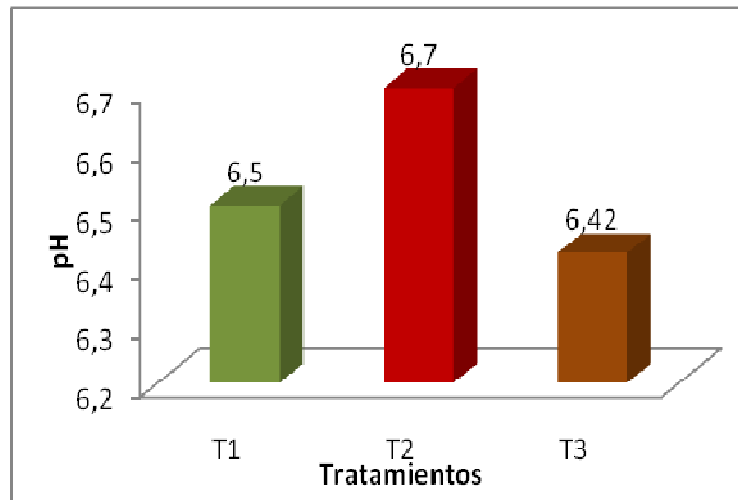
**6.8.3 Potencial de hidrógeno (pH).** Los datos de pH obtenidos durante el periodo de investigación fueron para T1 de 6,5, para T2 de 6,7 y T3 de 6,42, valores encontrados dentro de los rangos establecidos para silúridos<sup>93</sup> (Figura 24).

<sup>91</sup> IBARRA, Guillermo y ORTEGA, Nixon. Evaluación del potencial acuícola de bagre rayado (*pseudoplatystoma fasciatum*) a diferentes densidades de siembra, en el centro Experimental Amazónico (CEA), Mocoa departamento del Putumayo. Trabajo de grado Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. 2008. p.45.

<sup>92</sup> VILLANEDA, Óp. cit., p 22.

<sup>93</sup> CORTES, G. Guía para el manejo, cría y conservación del bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum*. En: Revista Área de ciencia y tecnología convenio Andrés Bello, Bogotá, Colombia: Gente nueva. 2003. p. 12.

**Figura 24. Potencial de hidrogeno**



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

- Mediante la prueba estadística de Brand Snedecor, se encontraron diferencias entre los tratamientos, obteniendo los mejores resultados de sobrevivencia para T2 con 51,6%, alimentados con *Artemia franciscana*.
- Se detectaron diferencias significativas en las variables incremento peso e incremento de longitud, la prueba de Tukey demostró que el mejor tratamiento con respecto a las variables fue T2 alimentados con *Artemia franciscana* al 10% de la biomasa.
- La relación beneficio costo resulto económicamente viables para los tres tratamientos, desde el punto de vista económico el mejor tratamiento es el T2 debido a que presentó mayores resultados de sobrevivencia.
- Los Nauplios de *Artemia franciscana* fueron el mejor alimento para las larvas de capaz (*Pimelodus grosskopfii*) en el inicio de su alimentación exógena, expresado en las mejores tasas de peso, talla y sobrevivencia.
- La producción de alimento vivo en laboratorio (microcosmos), utilizando abonos orgánicos (bobinaza) e inorgánicos (NPK 15-15-15), permitieron un desarrollo del plancton utilizado para esta investigación.
- La alimentación a base de organismos plantónicos al inicio de la primera alimentación de capaz resulta positivo para la larvicultura, puesto que permite disminuir los costos de alimentación.

### 7.2 RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos de primera alimentación en larvas de capaz utilizando alimento vivo (microcosmos) en diferentes concentraciones de cel/ml.
- Realizar cultivos de alimento vivo monoespecíficos, de acuerdo al tamaño y la aceptación de la especie.
- Realizar investigaciones utilizando otro tipo de alimentación en la fase en la larvicultura.
- Promover investigaciones con especies nativas para evaluar su potencial acuícola.

## BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Alfonso y ORTEGA, César. Evaluación de tres tipos de alimento: concentrado comercial con 32 % de proteína vs. spirulina (*spirulina platensis*) y artemia (*artemia franciscana*) como dieta de postlarvas de sábalo amazónico (*brycon melanopterus*) cope 1872, Trabajo de grado. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de recursos hidrobiológicos, 2007. 98 p.

AJIACO, Rosa y ALDANA, Ana. Boletines de capturas meses de agosto 2006 a enero 2007. Bogotá: CCI - INCODER 2006. 62 p.

ATENCIO, Victor. Influência da primeira alimentação na alevinagem do Yamú *Brycon siebenthalae* (Eigenmann 1912). Tese Maestrado, 2000. 20 p.

ATENCIO. V.; KERGUÉLÉN, E.; WADNIPAR, L y NARVÁEZ, A. Manejo de la primera alimentación del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). En: Rev. 8 :(1). Colombia: MVZ-Córdoba, 2003. 255 p.

AVILES, Mónica y USECHE, Carlos. Validación del protocolo de reproducción inducida y caracterización del desarrollo de los sistemas digestivos y gonadal del capaz *Pimelodus grosskopfii*, especie promisorio para la acuicultura en el alto Magdalena. Centro de investigaciones de acuicultura Alto Magdalena. Gigante – Huila. Colombia: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, 2001. 17p.

BARNABÉ, G. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Zaragoza, España: Acribia, 1996. 32 p.

BLANCO, T. L. y TACÓN, J. A. La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura, una diagnosis. FAO, documento de campo. 1989. p12.

CALA, P.; PÉREZ, C y RODRÍGUEZ, L. Aspectos biológicos de la población del capaz *Pimelodus grosskopfii* (pisces: *pimelodidae*) en el Embalse de Betania y parte alta del río Magdalena. Bogotá: Revista Académica de Ciencias, 1996. 98 p.

CORTES, G. Guía para el manejo, cría y conservación del bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum*. En: Revista Área de ciencia y tecnología convenio Andrés Bello, Bogotá, Colombia: Gente nueva, 2003.12 p.

Estación piscícola Piedra Pintada, adscrita a la Central de Cooperativas de Caficultores del Huila (Centracafe). Aipe, Huila, Colombia. Email: [Centracafe@etb.net.co](mailto:Centracafe@etb.net.co)

GALVIS, G.; MOJICA, J. y CAMARGO, M. Peces del Catatumbo, Ecopetrol: oxy: shell- Asociación Cravo norte. Bogotá: D Vinni Edi, 1997. 118p.

HARVEY, B. Y CAROSFELD, J. Induced breeding in tropical fish culture. IDCR. Ottawa, Ont, 1993 144. p .

HECHT. T. y PIENAAR, A. Review of cannibalism and its implications in fish larviculture. 1993. J World Aquacult Soc. 24: 246-261.

IBARRA, Guillermo y ORTEGA, Nixon. Evaluación del potencial acuícola de bagre rayado (*pseudoplatystoma fasciatum*) a diferentes densidades de siembra, en el centro Experimental Amazónico (CEA), Mocoa departamento del Putumayo. Trabajo de grado Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. 2008.127 p.

Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura – INPA. Boletín Estadístico Pesquero Colombiano, 1999-2000, 2001. p114.

KANAZAWA, A.; TESIMA, S.; SASADA, H. Y RAHMAN, S. Culture of the prawn larvae with micro- particulate diets. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. 1982. p 48.

KERGUELÉN, D.; SÁNCHEZ, I y ATENCIO. V. Influencia de la presa en la primera alimentación del Bocachico (*Prochilodus magdalenae* Steindachner, 1878). CIVA 2003. 300 p. Disponible en internet. URL: <http://www.civa2003.org>.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes: Parte I. Panorama da Aqüicultura, jan/ fev. 1998. 89 p.

LAZO, J. P. Conocimiento actual y nuevas perspectivas en el desarrollo de dietas para larvas de peces marinos: Avances en Nutrición Acuícola. En: V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Memorias. Mérida, Yucatán, México: 2000. 39 p.

LÓPEZ, Jorge. Nutrición Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia, 1997. 210p.

MARTÍNEZ, Carlos y RIOS, Martha. Aspectos de la alimentación de los peces y el uso de micro agregado en Acuicultura. En: IV seminario internacional en acuicultura. Memorias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2005.

MÓJICA, J. I. Lista preliminar de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia. En: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Vol. XXIII, 1999.

MOLINERO, L. Bondad de ajuste a una normal, transformaciones y pruebas no paramétricas. En: Estadísticas para biología y ciencias de la salud. España: Alce Ingeniería, Julio 2003. p. 3. Disponible en internet: URL: <http://www.seh-lilha.org/pdf/noparame.pdf>

MOYLE, P. B and CECH, J. Fishes. An Introduction to Ichthyology. Fourth Edition. Prentice Hall, Inc. USA. 2000. 612p.

MUÑOZ, Fannery.; TOBAR, Jose y ARIAS Alfredo. Respuesta a la primera alimentación en larvas de barbilla *Rhamdia sabae* C.F. (Pisces: *Siluriformes*, *Pimelodidae*). Villavicencio: Universidad de los Llanos. Unidad de Larvicultura de los Llanos (IALL), 2004. 53 p.

NEEDHAM, James y NEEDHAM, Paul. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Barcelona, España: Editorial Reverte, 1982. 131 p.

NOREÑA, José. S. La acuicultura en América Latina: análisis ictifaunístico para el desarrollo de la piscicultura en el occidente de Colombia. Buga, Colombia: Instituto de piscicultura tropical, producido por el departamento de pesca, 1992. p 33.

POLO, G. y VALDERRAMA, M. Las estadísticas de las pesquerías, fundamento para la evaluación económica, la ordenación, la administración y el desarrollo sostenible de la pesca en las aguas interiores y de las aguas marinas de Colombia. Bogotá: Fundación Humedales- Incoder, 2004. 187 p.

PALMER, Mervin. Algas en abastecimientos de agua: Manual ilustrado acerca de la identificación, importancia y control de las algas en los abastecimientos de agua. Editorial interamerican. p 84.

PARDO G. Revisión y compilación sobre técnicas de reproducción inducida de silúridos de la cuenca del río Orinoco. Bogotá, Colombia. 1995. 102 p.

PEÑA, José María. Validación del protocolo de reproducción inducida y caracterización del desarrollo embrionario de capaz (*pimelodus grosskopfii*). Gigante, Huila. Colombia: Ministerio de Agricultura Cormapa y Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, 2003. 30 p.

PRIETO, G. Martha. Alimento vivo y su importancia en Acuicultura. En: III seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola. Memorias. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 2006.189p

\_\_\_\_\_ Manejo de larvicultura de peces tropicales de importancia Acuícola. En: III seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola. Memorias. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 2006. 115 p.

PRIETO, M.; CASALLA, R.; MARTINEZ, A.; BARROS, A y MORALES, M. Incidencia de organismos Zooplanctónicos como alimento vivo en el crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma Fasciatum*, Linnaeus 1766; Pisces: Pimelodidae). En: V seminario internacional en acuicultura. Memorias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2005. 157p.

RODRÍGUEZ, Y. Aspectos histomorfológicos de ovario y testículo de las especies Peje (*Pseudopimelodus bufonis*) y Patalo (*Ictyolephas longirostris*) de la parte alta del río Magdalena, Trabajo de grado. Santa fe de Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Ciencias y Educación. 1998. 119 p.

RUALES, Carlos. Efectos de la primera alimentación. Tesis Maestría en Acuicultura, Villavicencio, Colombia: Universidad de los Llanos, Instituto de Acuicultura de los Llanos, 2006. 93 p.

SIPAÚBA, L. y ROCHA, O. Producción de plancton (fitoplancton y zooplancton) Para alimentación de organismos acuáticos. Sao Pablo, Brasil: Editorial Rima, 2003. 274p.

STREBLE, Heinz. y KRAUTER, Dieter. Atlas de los microorganismos de agua dulce: La vida es una gota de agua. Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A. Plató 26-08006. 1987. 337p.

TANAKA, H. Growth of larvae fed with artificial diet. Aquaculture. 1998. In Japanese 35 - 37, 40 – 44 p.

VALBUENA, Rubén y DAVID, Carlos. Ampliación de la oferta piscícola nacional mediante la vinculación del capaz (*Pimelodus grosskopfii*) como especie nativa promisoría en sistemas de producción. Neiva, Colombia: Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico Piscícola Surcolombiano. 2008. 80p.

VERRETH, J.; TORREELE, E.; SPAZIER, E.; VAN DER SLUISZEN, A.; ROMBOUT, J.; BOOMS, R. y SEGNER, H. The development of a functional digestive system in the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell). J. World Aquacult. 1992. Soc. 23.

VILLANEDA, J. Algunos aspectos biológicos del capaz (*Pimelodus grosskopfii*, Steindachner, 1879). Tesis de grado, Santa fe de Bogotá, Colombia: Fundación Universitaria Jorge Tadeo Lozano. Departamento de Biología Marina. 1977. 95p.

VILLAMIL, M.; CLAVIJO, J y ARIAS, J. Descripción del desarrollo larval de *Rhamdia sebae* c.f. (Ciluriformes: Pimelodidae: Heptapterinae). En: V Seminario Internacional de Acuicultura. Memorias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2007. 92p.

# **ANEXOS**



## Anexo A. Registro longitud larval

<b>MUESTRA</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
1	0,71	0,98	0,81
2	0,75	1,13	0,79
3	0,74	0,98	0,71
4	0,76	0,99	0,74
5	0,85	1,03	0,74
6	0,75	1,13	0,81
7	0,78	1,02	0,89
8	0,83	1,03	0,75
9	0,77	0,99	0,86
10	0,76	1,03	0,89
11	0,76	0,99	0,95
12	0,80	1,16	0,76
13	0,79	1,09	0,83
14	0,79	1,10	0,86
15	0,87	1,02	0,78
16	0,82	1,06	0,78
17	0,85	1,13	0,78
18	0,83	1,06	0,72
19	0,84	1,05	0,85
20	0,80	1,17	0,88

## Anexo B. Registro peso final

<b>MUESTRA</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
1	0,0078	0,0166	0,0083
2	0,0080	0,0132	0,0076
3	0,0087	0,0098	0,0087
4	0,0073	0,0099	0,0091
5	0,0074	0,0099	0,0085
6	0,0074	0,0233	0,0078
7	0,0082	0,0099	0,0089
8	0,0093	0,0133	0,0086
9	0,0073	0,0200	0,0096
10	0,0072	0,0199	0,0088
11	0,0078	0,0165	0,0088
12	0,0077	0,0233	0,0084
13	0,0079	0,0193	0,0083
14	0,0073	0,0300	0,0075
15	0,0082	0,0217	0,0083
16	0,0078	0,0166	0,0082
17	0,0085	0,0199	0,0078
18	0,0083	0,0193	0,0082
19	0,0077	0,0270	0,0081
20	0,0076	0,0199	0,0086

### Anexo C. Registro de mortalidad

<b>DIAS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
1	43	34	48
2	39	32	48
3	33	29	37
4	29	26	35
5	28	26	28
6	27	24	29
7	24	20	26
8	26	20	25
9	21	17	24
10	21	13	25
11	15	9	20
12	12	8	18
13	10	8	15
14	8	5	13
15	6	4	12
16	6	4	7
17	6	3	6
18	5	2	6
19	4	2	5
20	2	2	4

## Anexo D. Registros de temperatura

<b>DIAS</b>	<b>T1</b>	<b>T3</b>	<b>T2</b>
1	27,2	27,1	27,1
2	27	27,4	27,0
3	27,2	27,4	27,0
4	27,4	27,8	27,5
5	27,2	27,6	27,2
6	27	27,4	26,8
7	26,5	27	26,5
8	27,7	27,8	27,1
9	27,8	27,7	27,5
10	26,7	27,1	26,8
11	27,4	27,6	26,9
12	26,5	26,8	26,5
13	26,8	27,2	26,8
14	26,6	26,8	26,5
15	27,2	27,2	26,8
16	26,8	27,2	26,8
17	27,2	27	27,0
18	27,2	27	26,7
19	27	27	26,8
20	26,8	27	26,8

## Anexo E. Registro de oxigeno

<b>DIAS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
1	5,2	5,4	5,2
2	5,5	5,8	5,0
3	5,0	5,2	4,6
4	5,2	5,0	4,5
5	4,8	4,8	4,2
6	4,2	4,6	3,8
7	3,8	4,0	4,0
8	4,0	3,8	4,8
9	3,8	3,7	4,2
10	4,5	5,0	4,5
11	4,8	4,8	4,6
12	5,0	5,4	4,7
13	5,2	5,2	4,9
14	4,6	4,8	4,7
15	4,5	4,7	4,4
16	4,4	4,6	4,2
17	4,4	4,6	3,8
18	4,6	4,4	4,0
19	4,8	4,6	4,4
20	4,8	4,6	4,6

## Anexo F. Registro de pH

<b>DIAS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
1	6,5	6,8	6,4
2	6,5	6,6	6,4
3	6,6	6,7	6,5
4	6,5	6,5	6,2
5	6,5	6,5	6,5
6	6,6	6,7	6,6
7	6,5	6,5	<b>6,3</b>
8	6,6	6,6	6,6
9	6,5	6,7	6,4
10	6,6	6,6	6,5
11	6,5	6,8	6,4
12	6,6	6,7	6,5
13	6,5	6,6	6,4
14	6,6	6,7	6,4
15	6,6	6,8	6,5
16	6,5	6,8	6,5
17	6,5	6,7	6,5
18	6,5	6,7	6,4
19	6,5	6,8	6,4
20	6,5	6,8	6,4

### Anexo G. Análisis de varianza para la variable longitud larval

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
<b>Modelo</b>	3,17201	59	0,0537628	7,10	0,0000
<b>Residuos</b>	0,9092	120	0,0075766		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>4,08121</b>	<b>179</b>			

P<0,01, hay una relación estadísticamente significativa al 99% de nivel de confianza.

#### Prueba de Tukey HSD; nivel de confianza 95%

Tratamiento	Recuento	LS Media	LS Sigma	Grupos Homogéneos
1	60	0,792167	0,0112373	X
3	60	0,8095	0,0112373	X
2	60	1,0555	0,0112373	X

Contraste	Diferencia	+/- Limites
1 - 2	* -0,263333	0,037715
1 - 3	-0,0173333	0,037715
2 - 3	*0,246	0,037715

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.

## Anexo H. Análisis de varianza para la variable peso final

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Entre grupo	0,0038744	2	0,0019372	76,22	0,0000
Intra grupos	0,00449846	177	0,000025415		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>0,00837286</b>	<b>179</b>			

$P < 0,01$ , hay una relación estadísticamente significativa al 99% de nivel de confianza.

### Prueba de Tukey HSD; nivel de confianza 95%

Tratamiento	Recuento	LS Media	LS Sigma	Grupos Homogéneos
1	60	0,00786833	0,0112373	X
3	60	0,00840333	0,0112373	X
2	60	0,0179667	0,0112373	X

Contraste	Diferencia	+/- Limites
1 - 2	* -0,0100983	0,000217549
1 - 3	-0,000535	0,000217549
2 - 3	*0,00956333	0,000217549

\* denota una diferencia estadísticamente significativa.



## Anexo I. Prueba Brand Snedecor para sobrevivencia

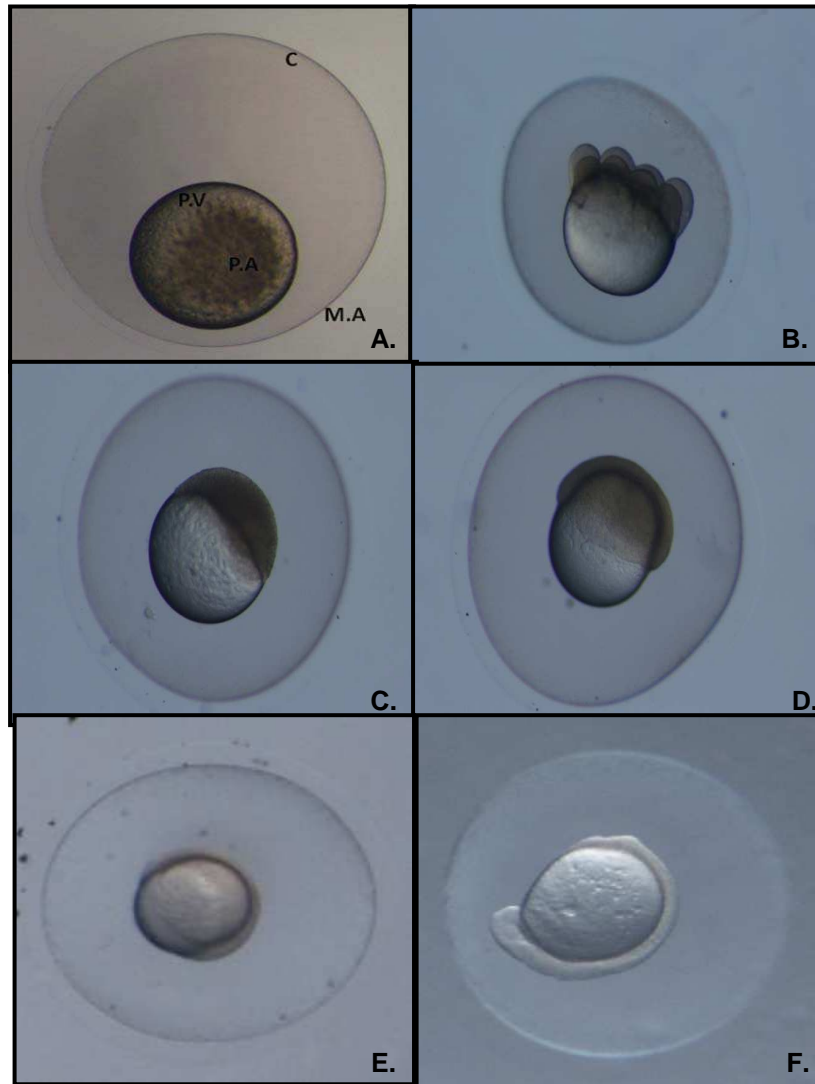
TRATAMIENTOS				
Respuesta	T1	T2	T3	Total
Éxito	235,00	312,00	169,00	<b>716,00</b>
Fracaso	365,00	288,00	431,00	<b>1.084,00</b>
<b>Total</b>	<b>600,00</b>	<b>600,00</b>	<b>600,00</b>	<b>1.800,00</b>
Pi	0,392	0,520	0,282	0,398
Pi*ai	92,042	162,240	47,602	284,809

$$\chi^2_c = 71,277$$

$$\chi^2_{t(1-\alpha); v} = 5,99$$

Como  $\chi^2_c > \chi^2_{t(1-\alpha); v}$ ; existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos

## Anexo J. Desarrollo embrionario de capaz



**A.** Huevo fertilizado, **B.** Clivaje (fase inicial), **C.** Clivaje (fase posterior), **D.** Blástula, **E.** Gástrula, **F.** Cierre del blastoporo.

### Anexo K. Desarrollo larval del Capaz *Pimelodus grosskopfii*

FASE	TIEMPO (horas)
Eclosión. Saco vitelino de forma semiesférica con apariencia granulosa y de coloración amarilla ámbar. Una aleta primigenia rodea la cola de la larva, extendiéndose dorsalmente desde el somito hasta la parte posterior media del saco vitelino. Las larvas se observan traslucidas y sin pigmentación, con esbozos de narinas, vesículas ópticas con cristalino diferenciado y dos otolitos en cada vesícula óptica.	12
Pigmentación de ojos	13,5
Inicio latidos del corazón	15,6
Apertura de la boca, pero sin movimiento	18
Inicio de las contracciones orales, diferenciación de los esbozos de las aletas pectorales y aparición de 3 pares de barbillones.	24
Inicio de la ventilación opercular	26
2 barbillones, pigmentación en la parte lateral de la larva	40
Movimiento mandibular	41
Movimiento branquial	44
Reabsorción saco vitelino, inicio natación horizontal y alimentación exógena.	55
Desarrollo vejiga hidrostática, aparición de los Primordios radiales de la aleta caudal, oscurecimiento de los tejidos corporales e inicio de la flexión notocordial y el canibalismo.	84 a 119
Larva completamente desarrollada	120

**Larva recién eclosionada**



**Canibalismo de Capaz**



## Anexo L. Etiqueta de microencapsulados

