

EVALUACIÓN DE TRES DIETAS ALIMENTICIAS SUMINISTRADAS EN LA FASE DE  
ALEVINO AL PEZ ORNAMENTAL AMAZÓNICO ESCALAR (*Pterophyllum scalare* -  
Schultze, 1823)

JAMES NORBAYRON DÍAZ CERÓN

TESIS DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
MAGÍSTER EN: **DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE**



UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES

FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS ADMINISTRATIVAS.

MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE

AÑO

2016

**EVALUACIÓN DE TRES DIETAS ALIMENTICIAS SUMINISTRADAS EN LA FASE  
DE ALEVINO AL PEZ ORNAMENTAL AMAZÓNICO ESCALAR (*Pterophyllum  
scalare* - Schultze, 1823)**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: BIOSISTEMAS INTEGRADOS

JAMES NORBAYRON DÍAZ CERÓN

DIRECTOR: Msc. JAVIER OROZCO ÁVILA

CODIRECTOR: DR. JHON FREDY BETANCUR PÉREZ

FECHA: 28 DE OCTUBRE DE 2016



**UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES**

FACULTAD DE CIENCIAS CONTABLES, ECONÓMICAS ADMINISTRATIVAS.

MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE

AÑO

2016

## CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	15
4. HIPÓTESIS.....	15
5. ANTECEDENTES.....	15
6. JUSTIFICACIÓN.....	19
7. OBJETIVOS.....	22
7.1 Objetivo General.....	22
7.2 Objetivos Específicos.....	22
8. MARCO TEÓRICO.....	22
8.1 Generalidades del pez.....	24
8.1.1 Taxonomía.....	28
8.1.2 Hábitat y Distribución.....	29
8.1.3 Hábitos Alimenticios.....	30
8.2 Alimentación.....	30
8.2.1 Requerimientos de ácidos grasos en peces marinos y dulce acuícolas.....	32
8.2.2 Artemia como alimento para peces ornamentales.....	34
8.2.3 Protocolo de eclosión de artemia.....	36
8.2.4 Nauplios de artemia enriquecidos con omega-3.....	37

8.2.5 Clasificación taxonómica de la artemia salina.....	39
8.2.6 Balanceado comercial para peces ornamentales.....	39
9. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
9.1 Localización.....	40
9.2 Período de estudio .....	41
9.3 Instalaciones.....	41
9.4 Materiales, equipos e insumos.....	42
9.4.1 Materiales.....	42
9.4.2 Equipos.....	43
9.4.3 Insumos.....	44
9.5 Material biológico.....	44
9.6 Plan de manejo.....	45
9.6.1 Preparación y desinfección de materiales.....	45
9.6.2 Adecuación de acuarios.....	45
9.6.3 Distribución de alevinos.....	46
9.6.4 Monitoreo de parámetros físico-químicos.....	46
9.6.5 Muestras.....	46
9.6.6 Alimentación.....	47
9.7 Diseño experimental y análisis estadístico.....	48
9.8 Formulación de hipótesis.....	50
9.8.1 Tipo de alimento.....	50
9.8.2 Tiempo.....	50
9.8.3 Interacción.....	50

9.9 Variables de estudio.....	51
9.9.1 Incremento de peso.....	51
9.9.2 Incremento talla.....	52
9.9.3 Supervivencia.....	52
9.9.4 Análisis de relación beneficio-costos.....	52
9.9.5 Tasa de crecimiento simple (TCS).....	52
10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
10.1 Evaluación de variables productivas.....	53
10.1.1 Peso inicial.....	53
10.1.2 Incremento de peso.....	53
10.1.3 Talla inicial.....	55
10.1.4 Incremento de talla.....	55
10.1.5 Tasa de crecimiento simple (TCS).....	57
10.1.6 Supervivencia.....	58
10.2 Parámetros físicos y químicos del agua.....	59
10.3 Análisis económico.....	60
11 CONCLUSIONES.....	63
12 RECOMENDACIONES.....	64
12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
13 ANEXOS.....	72

## LISTA DE TABLAS

### Página

<b>Tabla 1</b> Aminoácidos presentes en nauplios de artemia.....	35
<b>Tabla 2</b> Distribución de tratamientos.....	51
<b>Tabla 3</b> Parámetros físico químicos promedios por tratamiento.....	60
<b>Tabla 4</b> Costos parciales de la investigación.....	60
<b>Tabla 5</b> Resumen del cálculo de la relación análisis económico.....	61

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> Ejemplar de pez ángel o escalar ( <i>Pterophyllum scalare</i> ).....	24
<b>Figura 2</b> Diferencias de sexo en escalares.....	25
<b>Figura 3</b> Artemia deshidratada y en proceso de hidratación.....	36
<b>Figura 4</b> Artemia en descapsulación y en incubadora.....	37
<b>Figura 5</b> Localización geográfica de Centro Experimental Amazónico.....	40
<b>Figura 6</b> Edificio del Centro Experimental Amazónico (CEA).....	41
<b>Figura 7</b> Laboratorio de peces ornamentales del CEA.....	42
<b>Figura 8</b> Alevino de escalar ( <i>Pterophyllum scalare</i> ).....	45
<b>Figura 9</b> Registro de talla de alevino de escalar.....	47
<b>Figura 10</b> Incremento de peso durante el período de estudio.....	53
<b>Figura 11</b> Incremento de talla durante el período de estudio.....	56
<b>Figura 12</b> Tasa de crecimiento simple para cada tratamiento.....	57
<b>Figura 13</b> Supervivencia durante el período de estudio.....	59
<b>Figura 14</b> Relación beneficio costo por tratamiento.....	62

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Página</b>
<b>Anexo A.</b> Análisis de varianza para tasa de crecimiento simple.....	72
<b>Anexo B.</b> Prueba de Tukey para tasa de crecimiento simple ( $\alpha=0,05$ ).....	72
<b>Anexo C.</b> Análisis multifactorial para factor tiempo.....	72
<b>Anexo D.</b> Prueba LCD para factor tiempo ( $\alpha=0,05$ ).....	73
<b>Anexo E.</b> Análisis multifactorial para el factor tipo de alimento.....	73
<b>Anexo F.</b> Prueba LSD para el factor tipo de alimento ( $\alpha=0,05$ ).....	74
<b>Anexo G.</b> Supervivencia prueba de Brand-Snedecor.....	74
<b>Anexo H.</b> Monitoreo parámetros fisicoquímicos del agua durante el experimento.....	75
<b>Anexo I.</b> Análisis de varianza para pH entre tratamientos.....	75
<b>Anexo J.</b> Prueba de Tukey entre mañana, tarde y noche para temperatura.....	75
<b>Anexo K.</b> Análisis de varianza para oxígeno disuelto entre tratamientos.....	75
<b>Anexo L.</b> Análisis estadístico de peso inicial.....	76
<b>Anexo M.</b> Análisis estadístico de talla inicial.....	76
<b>Anexo N.</b> Interacción entre factores unos y dos.....	76
<b>Anexo O.</b> Cronograma de actividades.....	77
<b>Anexo P.</b> Presupuesto.....	77



## RESUMEN

La investigación se desarrolló en el Centro Experimental Amazónico (CEA) de Mocoa - Putumayo y se comprobó el efecto de suministrar artemia salina, artemia enriquecida con omega-3 y balanceado comercial a alevinos de escalar (*Pterophyllum scalare* – Schultze, 1823) como primera alimentación durante 8 y 16 días, y su efecto sobre las variables: incremento de peso y talla, sobrevivencia, tasa de crecimiento simple y relación beneficio/costo. Además, se efectuó un monitoreo de parámetros fisicoquímicos como: pH, temperatura y oxígeno disuelto.

Se analizó 180 ejemplares de escalar, distribuidos en 6 acuarios de 50 L, provistos de termostato y aireación, los cuales se dividieron en tres unidades experimentales por acuario y cada unidad contó con 10 ejemplares, con peso y talla inicial de  $0,09 \pm 0,07$  g y  $0,40 \pm 0,03$  cm respectivamente. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial, con dos factores, como primer factor el tipo de alimento con tres niveles, artemia salina, artemia enriquecida con omega-3 y balanceado comercial y el tiempo con dos niveles, 8 y 16 días. La combinación de los factores estableció 6 tratamientos, de la siguiente forma:

**T1:** Nauplios de artemia salina suministrados durante 8 días

**T2:** Nauplios de artemia salina suministrados durante 16 días

**T3:** Artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 8 días

**T4:** Artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 16 días

**T5:** Balanceado comercial durante 8 días

**T6:** Balanceado comercial durante 16 días

La tasa de crecimiento simple presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), con  $6,56 \pm 0,008g$  correspondiente al T4 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 16 días). La sobrevivencia según la prueba de Brand-Snedecor detectó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), de los tratamientos T1 (nauplios de artemia salina suministrados durante 8 días), T2 (nauplios de artemia salina suministrados durante 16 días) T3 (artemia enriquecida con Omega-3 suministrada durante 8 días) y T4 (artemia enriquecida con Omega-3 suministrada durante 16 días) con respecto al T5 (balanceado comercial durante 8 días) y T6 (balanceado comercial durante 16 días).

El análisis beneficio costo reportó la mejor relación con un valor de 1,93 para el T3 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 8 días) comparado con los T1 (nauplios de artemia salina suministrados durante 8 días), T4 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 16 días), T5 (balanceado comercial durante 8 días), T2 (nauplios de artemia salina suministrados durante 16 días) y T6 (balanceado comercial durante 16 días), con valores de 1,60, 1,40, 1,35, 1,04m y 0,86 respectivamente. Los parámetros físico químicos se mantuvieron en los rangos establecidos para la especie objeto de cultivo.

## ABSTRAC

The research was developed in the Centro Experimental Amazónico (CEA) of Mocoa - Putumayo and it checked the effect of providing brine shrimp, enriched with omega-3 and commercial fish food to young fishes of scalar (*Pterophyllum scalare* – Schultze, 1823) as first feeding during 8 and 16 days and its effect over the variables: increased weight and height, survival, growth rate and relation benefit/cost. In addition, monitoring of physicochemical parameters as pH, temperature and dissolved oxygen were carried out.

180 of young fishes of escalar fish were analyzed, distributed in 6 aquariums of 50 L, equipped with thermostat and ventilation, which were divided into three experimental units per aquarium and each unit had 10 escalar fishes, with weight and height initial of  $0.09 \pm 0,07g$  and  $0.40 \pm 0,03cm$  respectively. A design completely randomized design factorial arrangement, with two factors, was used. The first factor was the type of feed with three levels, brine shrimp, brine shrimp enriched with omega-3 and commercial feed, the second factor was the time with two levels, 8 and 16 days. The combination of the factors set 6 treatments, as follows:

**T1:** Nauplii brine shrimp provided during 8 days

**T2:** Nauplii brine shrimp provided during 16 days

**T3:** Artemia enriched with omega-3 provided during 8 days

**T4:** Artemia enriched with omega-3 provided during 16 days

**T5:** Commercial feed during 8 days

**T6:** Commercial feed during 16 days

The simple growth rate showed significant differences ( $p < 0.05$ ), with  $6.56 \pm 0.008g$  for the T4 (Artemia enriched with omega-3 provided during 16 days). Survival according to Brand-Snedecor test detected statistically significant differences ( $p < 0.05$ ), the treatments T1 (Nauplii brine shrimp provided during 8 days), T2 (Nauplii brine shrimp provided during 16 days) T3 (Artemia enriched with omega-3 provided during 8 days) and T4 (Artemia enriched with omega-3 provided during 16 days) with respect to T5 (Commercial feed during 8 days) and T6 (Commercial feed during 16 days).

The cost benefit analysis reported the best relation with a value of 1.93 for T3 (Artemia enriched with omega-3 provided during 8 days) compared to T1 (Nauplii brine shrimp provided during 8 days), T4 (Artemia enriched with omega-3 provided during 16 days), T5 (Commercial feed during 8 days), T2 (Nauplii brine shrimp provided during 16 days) and T6 (Commercial feed during 16 days), with values of 1.60, 1.40, 1.35, 1.04m and 0.86 respectively. The physical and chemical parameters were maintained for the established ranges for the species under cultivation.

## 1. INTRODUCCIÓN

La demanda actual de peces ornamentales a nivel mundial presenta un crecimiento significativo cada vez más evidente, Agudelo (2005) afirma que ésta demanda es suplida, principalmente, por países asiáticos y otros países desarrollados. Colombia ha sido catalogado como un país mega-diverso, ocupando el segundo lugar con mayor diversidad biológica del mundo por unidad de área principalmente en región Amazónica, que dispone de un número alto de especies ícticas con potencial acuarofílicos, que ha posicionado al país en el mercado internacional de peces ornamentales.

López (2014) señala que la explotación extractiva de peces ornamentales de manera intensiva con diferentes artes de pesca, sistemas de acondicionamientos, aclimatación físico-química, transporte, bodegaje y embalaje genera mortalidades superiores al 90%, lo que se compensa con mayores esfuerzos de captura y presión sobre este recurso natural, de tal manera que muchas especies ícticas ornamentales de la cuenca Orinoco-Amazonas están clasificadas por el libro rojo y la convención CITES (convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres) en alto grado de vulnerabilidad o extinción. Mancera et al (2013), afirma que las especies ornamentales nativas con mayor flujo de exportación son: tetra cardenales (*Paracheirodon axelrodi*), otocinolos (*Otocinclus affinis*), arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*), raya motoro (*Potamotrygon motoro*), cucha real (*Panaque nigrolineatus*) y el escalar (*Pterophyllum scalare* – Schultze, 1823), constituyéndose esta última en el primer renglón exportador de Puerto Inírida, capital del departamento del Guainía.

La producción de peces ornamentales bajo condiciones controladas, es una actividad que permite obtener beneficios de tipo económico, social, ambiental y científico. Especies nativas

como el escalar (*Pterophyllum scalare* – Schultze, 1823), permiten pensar en alternativas de producción económicamente sostenible, debido a que pueden ser producidas bajo condiciones controladas. Sin embargo Halver y Guillaume, citados por Hernández (2009) sostienen que es necesario determinar los requerimientos nutricionales de la especie, especialmente en las primeras fases, cuando se inicia la alimentación exógena, para maximizar la sobrevivencia y el crecimiento, que depende directamente de la cantidad y calidad del alimento ingerido. En la fase de alevinaje, alimentos vivos como *rotíferos* (*Brachionus sp.*), *pulgas de agua* (*Daphnia sp.*) y *nauplios de artemia* (*Artemia sp.*), son importantes, sin embargo, su disponibilidad y costo han sido los principales limitantes, para la incorporación a las dietas; teniendo en cuenta que no se ha determinado el tiempo óptimo económico de suministro de estos alimentos vivos, los cuales registran precios altos por los sistemas de cultivo y su valor en el mercado.

Los nauplios llamados también “larva nauplio” es la primera larva característica de los crustáceos, posee forma piriforme (aproximadamente, de "pera") y presenta sólo tres pares de apéndices cefálicos: anténulas, antenas y mandíbulas, con los que nada. Los nauplios de artemia poseen un alto contenido proteico, también se caracterizan por ser filtradores no selectivos, poseer coloración llamativa, rápida digestibilidad, ausencia de respuesta de escape, y una buena palatabilidad, en otras palabras, un alimento ideal. No obstante, Hernández (2009) sostiene que, la calidad de los nauplios de artemia es alterada por diferentes factores y su valor nutricional es afectado por la ausencia de omega-3, especialmente el ácido docosahexaenoico (22: 6 $\Omega$ -3; DHA) y eicosapentanoico (22: 5 $\Omega$ -3; EPA), los cuales son indispensables en la dieta de los peces. Por consiguiente, aprovechando sus características filtradoras, se ha optado por enriquecerlos, a través del medio acuático con emulsiones a base de aceites de pescado o derivados de algas. Sin embargo, en el mercado se

ofrecen alimentos granulados para peces ornamentales, que de alguna manera suplen los requerimientos proteicos de las especies, y se encuentran con mayor disponibilidad, buscando reemplazar parcial o completamente el alimento vivo por alimento inerte. Pero usualmente su valor nutricional no es suficiente, especialmente durante la etapa de larvicultura (la larvicultura es el estudio de la fase de larvas que son las fases juveniles de los animales con desarrollo indirecto con metamorfosis y que tienen una anatomía, fisiología y ecología diferente del adulto), es la etapa crucial en un sistema de producción de alevinos.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años el aprovechamiento y comercio de peces ornamentales, se han convertido en actividad importante para la economía Colombiana, a tal punto que el país es uno de los principales exportadores de Suramérica, alcanzando cifras cercanas a los 7 millones de dólares representados en cerca de 25 millones de individuos comercializados anualmente, principalmente aquellas especies con alta demanda en los mercados nacionales e internacionales como Estados Unidos y Asia (Campo, 2007). Según Acolpeces, la principal fuente de donde se obtienen estas especies es la región del Orinoco, entre el 70% y el 80% de peces de acuarios exportados por este país provienen de los ríos Orinoco, Meta, Guaviare, Vichada e Inírida, entre otros, también, el Amazonas, con un área cercana a los 500.000 Km<sup>2</sup> es una importante región que aporta varios de los recursos naturales al país. Otras zonas como el Atlántico y el Pacífico reportan una menor cantidad de capturas de este tipo de especies (Legiscomex.com 2014).

La Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP, ejerce poco control, lo que hace que muchas personas exploten y comercialicen en forma indiscriminada e ilegal las especies de peces ornamentales amazónicos afectando los niveles poblacionales de estas especies, pero



dado los elevados precios que tienen estas especies, se han convertido en fuente de ingresos para muchas familias no solo de Colombia, sino de Ecuador, Perú y Brasil (Díaz–Cerón 2015).

Se ha escogido para esta investigación al pez ornamental amazónico escalár (*Pterophyllum scalare* – Schultze, 1823), porque en la formulación del Plan Nacional de Desarrollo de Peces Ornamentales de Colombia en el año 2015 que se desarrolló en la ciudad de Bogotá, el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo de Colombia y la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP establecieron que los peces ornamentales van a formar parte del futuro desarrollo acuícola del campo Colombiano por su elevado precio y mercado que hay fuera del país, de hecho para un cultivador piscícola de una región apartada del centro de Colombia llevar un bulto de alimento balanceado comercial es muy costoso para levantar un kilo de un pez nativo o tropical y no puede competir con los grandes productores del centro de país, sin embargo con un pez ornamental que se vende solo el ejemplar o alevino si es rentable y competitivo, además se estableció que el pez a investigar durante los próximos cinco (5) años en Colombia era el pez escalár (*Pterophyllum scalare* – Schultze, 1823) (Díaz, 2014).

Durante las fases de vida de un pez ornamental, la fase larvaria que para el caso del pez escalár (*Pterophyllum scalare* – Schultze, 1823) dura 16 días, es la más compleja y difícil de manejar, es cuando se presentan las mayores tasas de mortalidad por el manejo alimenticio y es donde se debe fortalecer toda clase de investigaciones en manejo de dietas para corregir este problema y poder hacia el futuro tener un paquete productivo que se le pueda llevar a las personas de campo y enseñarles cómo manejar este pez, para que se vuelva su reproducción y cría una fuente de generación de recursos (Díaz, 2014).



### 3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Cuál es el efecto de nauplios de artemia salina días, artemia enriquecida con omega-3, alimento balanceado en la etapa de alevino del pez ornamental escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823).

### 4. HIPÓTESIS

Las dietas con nauplios de artemia salina, artemia enriquecida con omega-3 y balanceado comercial, suministrado durante 8 y 16 días, son dietas económicas y beneficiosas desde el punto de vista de crecimiento y desarrollo de los alevinos de la especie de pez escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823).

### 5. ANTECEDENTES

La acuicultura o cría de peces ornamentales amazónicos en Colombia es nueva, la literatura que hay es muy reciente y escasa, se está en Colombia y en America latina mirando a estas especies con atención porque se pueden constituir en un verdadero negocio verde, generador de divisas y empleos en muchas de las zonas apartadas del centro del país.

En el año 2000 el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI publica su libro “Peces de importancia económica en la cuenca amazónica colombiana”, es uno de los primero libros que clasifica los peces ornamentales en 7 órdenes de importancia comercial, se indica de forma muy general su tipo de alimentación, así como la forma de reproducción.

Posteriormente la Universidad Nacional de Colombia con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, publican en el año 2004 la guía “Guías de producción de peces ornamentales de la Orinoquia colombiana – Cíclidos Enanos”, bajo la dirección del Dr.

Miguel Ángel Landines Parra, uno de los investigadores más importantes que tiene Colombia en cría en cautiverio en peces ornamentales, en esta publicación abarca cuatro (4) especies como son: cíclido enano de cola roja (*Apistogramma macmasteri*), apistograma cacatúa (*Apistogramma cacatuoides*), apistograma Inírida (*Apistogramma iniridae*) y el más conocido el ramirezi (*Mykrogeophagus ramirezi*), describe cada una de las especies, señala las características del agua para los cíclidos enanos y lo principal la producción en estanques, para lo cual indica:

- Flujo de agua preferiblemente constante.
- Suelos impermeables capaces retener agua.
- Desagües en forma de L, con codo.

Manejo de densidades de siembra de 1 a 3 individuos por m<sup>2</sup>, alimentación con balanceados comerciales con concentración proteínica entre un 35 y 40%, y manejo de estanque con plantas protectoras para las crías como el buchón de agua (*Eichornnia crassipes*). Para la producción en acuarios indica su conveniencia por el control constante de los parámetros y la producción, aunque hacer mayores inversiones, los acuario deben ser preferiblemente comunales de 100 litros, poseer filtro individual, temperaturas constantes que deben ser entre 25 y 27°C, tubos de PVC para las reproducciones y sifoneos permanentes, alimentación con plancton, larvas de insectos, artemia y alimentos balanceados comerciales.

Señala el manejo para la reproducción, larvicultura y alevinaje, en una parte muy pequeña indica el levante, acopio y transporte.

En el año 2007 el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural INCODER, junto con la Universidad Nacional de Colombia y bajo la dirección del Dr. Miguel Ángel Landines Parra, publican el mejor y más completo libro que se ha publicado en Colombia sobre el manejo de

especies ornamentales, aquí se abarcan 7 grandes grupos de especies como: arawanas, loricáridos, tetras, cíclidos, cíclidos enanos, discos, peces vivíparos, peces dorados, anabántidos, y se abarca un capítulo de plantas de acuario.

De una forma mucho más discriminada y clara, aborda los temas de manejo, alimentación y reproducción de cada una de las especies que aborda el libro, para el caso de las arawanas la información es muy amplia, formula dietas de manejo por semana, compuestas por balanceado, guppys (*Poecilia reticulata*), y larvas de escarabajos, el manejo de los reproductores y las posteriores larvas, así como su transporte.

En los loricaridos mejor conocidos como cuchas, describe seis (6) especies, de las cuales tres (3) hay en la ERH del CEA como son: otocinco (*Otocinclus sp.*), cucha roya (*Panaque negrolineatus*), cucha xenocara (*Ancistrus dolichopterus*), cucha corroncho (*Hypostomus plecostomus*), en cuanto a su alimentación la familia Loricariidae son vegetarianos o detritívoros, esto por el tamaño de su intestino y sus adaptaciones bucales que están diseñadas especialmente para la succión de fitoplancton, detritus y pequeños crustáceos, que principalmente obtienen de la superficie de rocas y plantas sumergidas, (Landinez, 2007, p. 35).

En cuanto a su reproducción señala que en esta familia pueden existir diversas características reproductivas, que varían entre cada una de las especies, por esta razón es muy difícil generalizar su manejo en un sistema productivo, dada esta circunstancia es necesario trabajar cada especie individualmente, (Landinez, 2007, p. 36).

En el manejo de tetras, la mayoría tienen hábitos alimenticios similares entre sí, siendo generalmente omnívoros. Su dieta en la naturaleza incluye larvas de insectos, pequeños crustáceos y material vegetal. Por su reducido tamaño aprovechan plancton desde las 250 µm. En su reproducción las condiciones medioambientales adecuadas propias de los tetras para su

reproducción, la cual es relativamente sencilla, lo más importante es ofrecer un entorno y características físico químicas del agua similares a las del ambiente natural, (Landinez, 2007, p.56).

Un grupo de especies muy importante son los cíclidos, principalmente por la interés que tiene el gobierno nacional en la especie escalar o pez ángel (*Pterophyllum scalare*), considerado por los próximos cinco (5) años en pez ornamental del futuro acuícola Colombiano, (Landinez, 2007, p.77). En cuanto a su reproducción los peces de esta familia son de hábitos diurnos, temperamento dócil y se adaptan a ambientes tranquilos, son extremadamente territoriales en especial durante la época reproductiva, principalmente cuando se están formando las parejas, además presentan cuidado parental, los juveniles suelen ser gregarios como estrategia para evitar la predación, (Landinez, 2007, p. 79).

En su manejo de reproducción, el factor a tener en cuenta es el agua, que es el medio vital en donde se desarrollarán todos los eventos importantes en el proceso de producción de los discos, por lo cual es importante implementar en el cultivo condiciones medioambientales similares a aquellas en las cuales se encuentran estos peces en su medio natural, esto es aguas blandas, temperaturas entre 27 y 30°C y pH ligeramente ácido (6 - 6,5), (Landinez, 2007, p. 117).

Esta investigación se la realizó sobre la especie escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) en la fase de alevino, esta especie forma parte de la familia Cichlidae, a la cual pertenecen los mejores ejemplares de la acuariofilia mundial, gracias a que en ella se encuentra una gran variedad de especies, todas ellas de coloración, forma y comportamiento muy interesantes y atractivos. Existen numerosas especies de cíclidos que habitan en las principales cuencas hidrográficas de Sur América, África, Centro América y un par de especies en Asia (India) (Mora et. al, 2007).

La mayoría de las especies pertenecientes a este grupo tienen comportamiento territorialista y hábitos reproductivos muy complejos; algunas construyen nidos y cuidan de su prole, mientras que otras la incuban y mantienen en su cavidad bucal (Mora et. al, 2007).

Generalmente estos peces habitan en diferentes nichos ecológicos dada su gran versatilidad y capacidad de adaptación a las condiciones medio- ambientales propias de los ríos de aguas negras. No obstante, prefieren habitar en lagos o aguas de curso lento, las cuales poseen sustratos rocosos y abundante cobertura vegetal, y dependiendo del tipo de desove pueden depositar sus huevos sobre una piedra plana, sobre la superficie de las hojas de las plantas o en una cueva (Mora et. al, 2007).

El pez ornamental amazónico *escalar* (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) se lo seleccionó, por ser un pez con una características morfológicas especiales, se caracteriza por su esbeltez lateral; las aletas dorsal y anal son muy grandes y forman un triángulo en el aspecto general del pez, tiene un buen nivel de adaptación, es muy resistente a las enfermedades siempre y cuando tenga las condiciones de aseo y alimentación apropiadas, su reproducción no es tan complicada, es uno de los peces ornamentales amazónicos más populares entre los acuarofílicos, su costo no es tan elevado, al igual que sus alimentos, se vende con bastante facilidad en Colombia, existiendo un gran mercado para esta especie (Díaz, 2015).

## 6. JUSTIFICACIÓN

Los peces ornamentales de Colombia provienen de captura en ríos, al igual que los peces ornamentales de países como Brasil, Perú, Tailandia, Indonesia, Congo, Nigeria y Malawi, en cambio otras naciones se han especializado en el cultivo y producción de éstas especies como Hong Kong, Japón, República Checa, España e Israel. Los acuarios con ornamentales son muy

populares en países como EE UU, Alemania y Reino Unido, pero su mayor popularidad está en Asia, pues para esa población los peces se traducen en abundancia, riqueza y prosperidad, en Colombia, son aprovechables comercialmente 444 especies de peces ornamentales, todos originarios de agua dulce. No obstante, para controlar la captura y mantener vigentes estas poblaciones, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural emitió la Resolución Número 000360 del 16 de octubre del 2012, en el que se establecieron cuotas globales para que todos los exportadores colombianos tengan un límite de toneladas de pesca desde el año 2013 (Legiscomex.com, 2014).

Gran parte de estas especies se encuentran en la Orinoquía y la Amazonía Colombiana, en este rubro el “primer renglón exportador de Puerto Inírida, capital del departamento del Guainía. Eso demuestra lo importante que es para la economía de esa región, pues la mayoría de nuestras especies proviene de allá debido a que esa zona tiene una riqueza hídrica enorme”, es importante mencionar que detrás de la labor de captura, transporte, bodegaje y exportación de las especies hay diferentes autoridades que vigilan el adecuado manejo de los peces, que buscan garantizar la vida, salud y su sostenimiento. Estas instituciones son: el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) y el Ministerio de Comercio Industria y Turismo, en Colombia el término de peces ornamentales, es usado prácticamente a solo peces de agua dulce. Estos animales provienen de su hábitat natural, de las zonas de la Orinoquía y la Amazonía y son cazados generalmente por los indígenas nativos de la zona. En este país aún no se ha desarrollado a gran escala el cultivo de estos animales acuáticos (Legiscomex.com, 2014).

Las principales especies exportadas son: las rayas motoro y las rayas guacamaya, seguido por los cardenales; las cucas en sus variedades como la punto diamante (*Hemiancistrus sp*),



punto de oro (*Hypancistrus contradens*), la bandera, la chenguele (*Baryancistrus beggini*); el escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) pez insignia del país, los otocinco y los bocones. Estos peces por estar todos clasificados en una sola posición arancelaria no registran un número exacto de exportación por cada especie, el principal mercado de Colombia para la exportación de peces ornamentales durante el 2012 fue Hong Kong, con USD1,48 millones, seguido por EE UU (USD1,41 millones), Taiwán (USD1,02 millones), Japón (USD1 millón) y Alemania (USD552). Best Amazon Export Fish Ltda, fue la empresa colombiana que más exportó peces ornamentales, con USD1,57 millones, lo que equivale al 20,46% del total. Le siguieron, JR Tropical Fish Ltda, con USD741.863; Blanca L Moreno Parra, con USD536.898, y JCF Caribe Fish Ltda, con USD536.710 (Legiscomex.com 2014).

Por lo anterior ha llevado a una drástica disminución de los niveles poblacionales de estas especies (Min. Ambiente Colombia, 2014), por lo expuesto anteriormente, se debe realizar investigaciones tendientes a mejorar la oferta alimenticia de los peces Amazónicos con potencial acuariofílico para mejorar el crecimiento y sobrevivencia, y que, además se han disponibles fácilmente en el mercado nacional. Así mismo, es importante conocer el tiempo durante el que se debe suministrar determinado alimento, de tal forma que la combinación de estos factores mejore las variables de conversión alimenticia e incremento de peso y talla y por ende la rentabilidad del cultivo, bajo estas consideraciones, la presente investigación planteó determinar el efecto de tres tipos de alimento (nauplios de artemia salina, nauplios de artemia enriquecida con omega-3 y balanceado comercial) en dos periodos (8 y 16 días) y su efecto en el crecimiento y sobrevivencia de alevinos de escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823), en condiciones de cautiverio en el Centro Experimental Amazónico, (CEA), Mocoa, Putumayo.

## 7. OBJETIVOS

### 7.1. Objetivo general

Evaluar el efecto comparativo de tres dietas alimenticias suministradas en la etapa de desarrollo de alevino del pez ornamental amazónico *escalar* (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823).

### 7.2. Objetivos específicos

7.2.1. Determinar el efecto de las dietas en el incremento de peso, talla y tasa de crecimiento simple en larvas de escalares (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) en cada uno de los tratamientos, durante el tiempo de la investigación.

7.2.2. Analizar económicamente los distintos tratamientos.

## 8. MARCO TEÓRICO

El pez escalar denominado también ángel (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823), es originario del río Amazonas y sus afluentes en la región de América del Sur. Por otra parte, Agudelo (2005) sostiene que pertenece a la familia Cichlidae, cuenta con un mayor número de especies, aproximadamente 700 en América Central y del Sur. Bajo la denominación de “escalares” se agrupan varias especies pertenecientes al género *Pterophyllum* como son *Pterophyllum altum*, *Pterophyllum leopoldi* y *Pterophyllum scalare*.



El pez ángel, según Landinez et. al. (2007) se caracteriza por su cuerpo de forma discoidal, de costados aplanado y alto, cabeza corta y boca pequeña en posición terminal y protráctil, sus aletas son largas y bien desarrolladas en especial la dorsal y la anal son más desplegadas, su cuerpo se encuentra cubierto de escamas ásperas, pero con una gran variedad de colores, que van desde tonalidades fijas hasta las que presentan líneas verticales negras.

El *Pterophyllum scalare*, es un cíclico con alto potencial económico, considerado una de las principales especies ornamentales de agua dulce de mayor demanda en el mercado. Además, Mañón (2014) afirma que debido a su gran capacidad reproductiva en cautiverio, las crías de esta especie en su hábitat natural se alimentan de plancton, y en su etapa juvenil-adulto basan su alimentación principalmente en larvas de insectos y crustáceos, los cuales proveen los nutrientes necesarios para un buen desarrollo y crecimiento.

Los *Pterophyllum scalare* no presentan dimorfismo sexual como tal, sin embargo presentan ciertas características no muy confiables como la forma de las aletas, la distancia entre las aletas abdominales y la anal. La madurez sexual es alcanzada entre los 9 y 12 meses de edad, pero este tiempo depende de las condiciones ambientales y la nutrición adecuada.

Agudelo (2005) sostiene que dichos factores también influyen en la calidad de los reproductores, en el caso de *P. scalare* la hembra desova sobre una superficie donde realiza la postura y el macho fertiliza los huevos, el cuidado de los huevos y alevines inicialmente está al cargo de los dos progenitores, que han formado una pareja estable lo que permite catalogarlos como monógamos.

## 8.1 Generalidades del pez escalar *Pterophyllum scalare* (Schultze, 1823)



**Figura 1.** Pez escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) del CEA  
Fuente: James Norbayron Díaz Cerón)

Nombre científico: *Pterophyllum scalare* (Schultze, 1823).

Nombre común: Escalar, pez ángel.

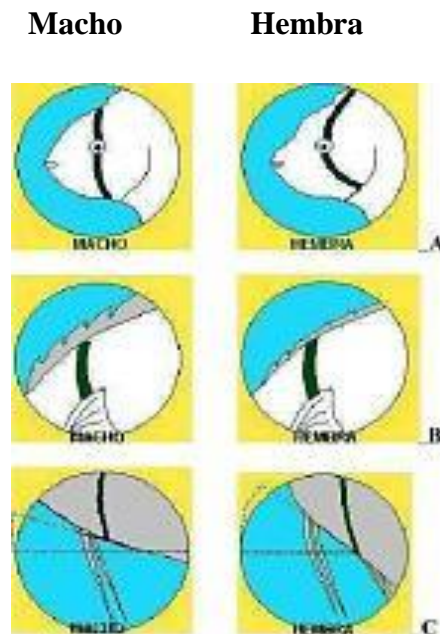
Parámetros físicos - químicos: Temperatura 24 a 30°C, pH 6,0 a 8,0, (Landines – Parra, M.A., et al, 2007).

El escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) es un pez de cuerpo discoidal con cuerpo de forma comprimida. Su cabeza por lo general es corta y la región fronto-nasal es cóncava además de su boca pequeña, cuenta con unas aletas sumamente grandes y desarrolladas, la dorsal y anal son las más grandes y desplegadas, las aletas pélvicas son muy alargadas y filiformes en la parte distal, su piel se encuentra cubierta de escamas ásperas, con coloración variada. En cuanto a su boca, su ubicación es terminal, protráctil con dientes cónicos localizados en las dos maxilas. Cabe destacar que el escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) se puede encontrar en diversas variedades cromáticas obtenidas por la selección durante la cría, algunas de color uniforme, otras amarillo o casi blanco con reflejos plateados o

dorados, negros con fondo claro o viceversa; mientras que otras presentan unas bandas verticales negras sobre un color de base blanco o plateado (Landines et al., 2007).

La forma de la cabeza de los escalares (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) es una gran fuente de información al respecto. En el caso del macho, la sección comprendida entre el labio superior hasta la primera raya negra vertical luce hinchada, podría decirse que el perfil describe una curva convexa. En la cabeza de la hembra, esta misma sección se ve de manera opuesta, o sea que la curva vista de perfil es cóncava (Landines et al., 2007).

Aún ubicados en la cabeza, podemos percibir diferencias puntuales en la boca. La mandíbula inferior del escalar macho sobrepasa a la superior, es decir que el labio inferior es más sobresaliente que el superior. Este mismo detalle se da a la inversa en las hembras, donde el labio superior sobrepasa al inferior. Otro rasgo diferenciador es que los escalares poseen una raya en el ojo. En los machos es de trazo recto, mientras que la raya de la hembra es curva (Landines et al., 2007).



**Figura 2.** Diferencias de sexo escalares  
Fuente: Imagen tomada de internet:  
<http://foro.acuarios.es>

En el cuerpo, un factor siempre diferenciador son las aletas, el espacio existente entre las aletas ventrales y la aleta anal siempre es más corto y arqueado en el macho, las espinas presentes en la base de la aleta dorsal también son más irregulares en el macho que en la hembra, para concluir podemos señalar que, comenzado el período reproductivo, el tubo ovopositor de la hembra es chato y apunta hacia atrás, en el macho termina más agudamente y apunta hacia el frente (Landines et al., 2007).

La Reproducción en el pez escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) es un proceso es sencillo, inicia con la selección de las parejas, para este caso el macho elige la hembra, comienza a defender su territorio frente a los demás, es el momento en el que se deben separar del grupo a otro acuario suficientemente grande para que comiencen a realizar sus puestas, las cuales se realizarán sobre una hoja grande, o una superficie plana como un tubo de PVC (policloruro de vinilo), donde el macho los fertilizara. Es entonces cuando se debe cuidar que la calidad del agua sea la óptima para evitar la aparición de hongos, al igual que la temperatura que debe mantenerse estable a 28°C. La eclosión de los huevos se da a las 48 horas de puestos y una vez fertilizados, se denota una pequeña cola eclosionada del huevo con múltiples vibraciones, en algunas ocasiones ambos padres participan de su cuidado o cual demanda mucha atención, es importante mantener la luz del acuario encendida en caso de que la reproducción sea en casa y apagar el filtro para así evitar la muerte de los alevines. Aunque es usual que los padres se coman algunas de las puestas por lo que es mejor retirarlas y hacer cuidado de ellas en otro acuario al que se le debe agregar azul de metileno para evitar la aparición de hongos. Después de su eclosión se los debe alimentar con infusorios, y posteriormente con artemia salina recién eclosionada que debe ser lavada y filtrada para evitar la mezcla de aguas salada y dulce, la alimentación debe ser dos veces al día, pasado un mes

empezarán a obtener la forma y se puede suministrar alimento comercial (Landines et al., 2007).

Por lo general para escoger una pareja se debe observar los peces disponibles, los individuos que forman pareja nadan más juntos que el resto y si han encontrado un lugar de puesta empezaran a ponerse inquietos y territoriales con respecto a él, una vez detectada una pareja se debe separar del resto de individuos en un acuario, con 40 lts como mínimo aproximadamente para cada pareja, totalmente desnudo o sin grava, con agua a temperatura entre 24°C - 28°C, preferiblemente en 26°C. Agua ligeramente blandas a semiduras 5 – 10 DH y ácidas pH 5.5 – 7 (Landines et al., 2007).

Una hembra y un macho que estén cercanos para el desove, irán a la zona reproductora. Cuando estén preparados para el desove, le habrá aparecido el oviducto, empezarán a limpiar la zona de desove como: pizarras pulidas, tubo de PVC (policloruro de vinilo), grandes y anchas hojas de plantas, colocada casi verticalmente (inclinación mayor a 45°). Suelen poner entre 200 400 huevos de color ámbar blanquecino, la hembra comienza a dar pasadas depositando los huevos en hileras sobre la hoja, el macho que está muy atento, pasa sobre los huevos fecundándolos, una vez acabada la postura, los padres comienzan a airear los huevos con sus aletas pectorales y retiran los huevos blancos no fecundados y con hongo, si los cuidamos nosotros será necesario algo que proporcione movimiento al agua (como un aireador), también tenemos que evitar que los huevos entren en contacto con el aire y retirar todos los que lleguen a infectarse con hongos siendo muy útil para este fin una jeringa, la eclosión seda de unas 48 a 72 horas después del desove, en esta fase las larvas aún no se alimentan, ya que poseen un saco vitelino (es un anexo membranoso adosado al embrión que provee nutrientes y oxígeno al embrión en peces), pasados cuatro a cinco días, cuando

comienzan a nadar forman un cardumen (también llamado banco de peces, es un conjunto de peces similares) (Landines et al., 2007).

En esta etapa pueden comenzar a comer infusorios – nauplios de artemia y daphnias ya que han reabsorbido el saco vitelino, posteriormente poco a poco se les va cambiando el alimento por otro adecuado a su tamaño. A partir de los catorce días se comienza a suministrar, en la primera comida del día, alimento seco tamizado o triturado finalmente las primeras veces que se suministre alimento seco, debe ser previamente hidratado, es decir mojarlo en una cuchara con agua a temperatura del acuario, luego se puede aumentar la cantidad hasta tres o cuatro veces día, procurando una variación de sabores (utilizando más de una marca de alimento o productos diferentes de una misma marca), de este modo se irán acostumbrando a la nueva alimentación, la cual debe ser variada, incluyendo carne cruda raspada (sin grasa), corazón vacuno congelado y rayado (con el rayador de verdura), tubifex picado y bien lavado (previamente purgado dos días por lo menos), daphnias (puede darse en cantidades abundantes) y larvas de mosquito (bien lavadas, tamizadas y purgadas por un día) (Landines et al., 2007).

El manejo en el acuario de éste pez se caracteriza por ser muy sociable, por lo que debe estar en compañía de otros peces, aunque no sean de su misma especie, pero hay que tener en cuenta que se trata de un pez de alimentación omnívora, y como es lo usual en acuarios tropicales, se debe evitar mantenerlo con especies que difieran mucho en tamaño (Landines et al., 2007).

### **8.1.1 Taxonomía.**

La clasificación taxonómica de la especie según Ortega et. al. (2006) se indica a continuación:

Phylum: *Cordados*



Subphylum: *Vertebrados*

Clase: *Actinopterygii*

Orden: *perciformes*

Familia: *Cichlidae*

Género: *Pterophyllum*

Especie: *Pterophyllum scalare* (Schultze, 1823)

Nombre común: *Pez ángel, escalar*

### **8.1.2 Hábitat y Distribución.**

Soriano y Hernández (2002) comparten que el escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) es un cíclico originario del río Tapajós, afluente del Amazonas, así como de numerosos riachuelos por la parte norte del Brasil, con un gran potencial económico que lo posiciona entre las especies ornamentales de agua dulce de mayor demanda en el mercado, también se encuentra en Colombia en departamentos como Amazonas, Putumayo, Caquetá, Guaviare (Landines et al., 2007).

Se puede encontrar en pantanos o terrenos inundados donde la vegetación es densa y el agua es clara, según Landines et al. (2007) en su hábitat natural las crías de esta especie se alimentan de organismos planctónicos, debido a la abundancia de los mismos en el medio, alimentándose de pequeños insectos los cuales se encuentran en abundancia y proveen los nutrientes necesarios, asegurando una mayor sobrevivencia.

Por otra parte Agudelo (2005) también afirma que esta especie en su ambiente natural habita en los cursos de agua tranquilos, poco profundas y con abundante vegetación, su distribución geográfica comprende las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco. La especie prefiere este tipo de agua porque les garantiza las condiciones adecuadas para su

mantenimiento como pH de 6,8 a 7,7, dureza no mayor a  $100\text{mg.L}^{-1}$  de carbonatos, temperatura comprendida entre los 26 y 28° C, y nitratos por debajo de los  $100\text{mg.L}^{-1}$ , por lo que los recambios parciales de agua deben ser frecuentes.

### **8.1.3 Hábitos Alimenticios**

El pez escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823) es una especie omnívora, Luna et al. (2000) comparten que en condiciones de cautiverio acepta alimento comercial y natural. Se ha comprobado que la cantidad y calidad de las proteínas del alimento influyen en el crecimiento y la reproducción de la especie.

En el medio, las crías de esta especie se alimentan de organismos del fitoplancton y zooplancton, sin embargo Luna et al. (2005), sostienen que cuando han alcanzado la etapa juvenil-adulto basan su alimentación principalmente en larvas de insectos y crustáceos, los cuales proveen todos los nutrientes necesarios para un buen desarrollo y crecimiento. Baldisserotto y Gómez (2010) sustentan que esto dependerá de las diversas adaptaciones del sistema digestivo, conforme a la especialidad requerida para ingerir, digerir y absorber los diferentes tipos de nutrientes.

## **8.2 Alimentación**

En la nutrición del pez escalar (*Pterophyllum scalare* - Schultze, 1823), el valor nutritivo de los alimentos está valorado por el tipo de alimento suministrado y la cantidad de proteína, carbohidratos, lípidos, vitaminas y un aporte energético que estos posean. Actualmente las fórmulas de dietas balanceadas para especies ornamentales son preparadas atendiendo las exigencias nutricionales de las especies. Baldisserotto (2010) afirma, que los



requerimientos van a variar de acuerdo a la fase, es así como en alevinaje será necesario suplir más requerimientos que los de un ejemplar adulto. Inicialmente las larvas preferirán alimentos vivos, como son rotíferos, pulgas de agua, insectos, o nauplios de artemia, que además de ser atractivos, poseen un mayor valor nutricional, por otra parte existen los balanceados comerciales, que han sido elaborados con la finalidad de suplir las exigencias de determinada especie.

Independientemente del tipo de alimento, sea vivo o inerte, este debe aportar los valores mínimos de tal forma que supla los requerimientos de la especie, garantizándole un óptimo contenido energético, proteínico y lipídico. Cada uno de estos nutrientes tiene un efecto en el desempeño del animal, la energía según Velasco (2011) requerida para el mantenimiento y la síntesis de proteínas, en peces es menor que en mamíferos, por lo tanto, la relación proteína-energía es mayor, principalmente debido a los bajos niveles de requerimientos de energía.

Toledo (2014) afirma que es importante que los alimentos suministrados a peces contengan un nivel energético óptimo, ya que un exceso o defecto de energía puede resultar en una reducción en la tasa de crecimiento.

Las proteínas y aminoácidos según Velasco (2011) el nivel de proteína que contenga determinado tipo de alimento, influye directamente en el peso corporal de cualquier especie, pero este valor debe estar comprendido entre el rango adecuado, para que no repercuta en el desempeño del animal. La proteína cruda requerida en muchas especies de peces generalmente está entre el rango de 25% a 55%.

Por otra parte, Toledo (2014) menciona que los aminoácidos son unidades formadoras de proteínas, por lo tanto son fundamentales en la formación de tejido muscular que de acuerdo a su inclusión, puede verse reflejado en mejor crecimiento o en caso contrario repercutir en

efectos adversos. Como la mayoría de los animales, los peces también necesitan de 10 aminoácidos esenciales en su dieta.

Los lípidos según Gonzales (2014) en este grupo se incluyen grasas y aceites ordinarios, ceras y compuestos relacionados que se encuentran en los alimentos. López (2014) afirma “que los lípidos son una fuente de energía utilizada por los peces, por lo tanto se debe ofrecer en las dietas de estas especies, además se consideran como un nutriente esencial para su crecimiento y supervivencia.

Según Linaza, “los principales ácidos grasos omega-3 de cadena larga que se forman a través de la de-saturación y elongación del AAL (ácido alfa linolénico) son el EPA (ácido eicosapentanoico), y el DHA (ácido docosahexanoico)” (Linaza, 2014). Estos ácidos grasos, son esenciales para los peces, sin embargo, para mantener un nivel adecuado en su organismo, es necesario incorporarlos externamente mediante diferentes técnicas. La más comúnmente usada es la incorporación a través de otro organismo vivo, capaz de mantener en su organismo determinado componente, y lo transmite al pez, absorbiendo éste su contenido indirectamente. Blanco (2014) afirma que “con el fin de determinar el método para enriquecer determinados organismos y su efecto en los peces, se realizan numerosos ensayos, uno de ellos comprobó que los nauplios de artemia son más eficientes en cuanto a niveles de enriquecimiento, obteniendo en 24 horas un 15,4% de enriquecimiento, mientras que las micro algas, apenas alcanzaron un 0,2% de enriquecimiento, además de aportar un bajo nivel de DHA y mayor porcentaje de PUFA (Ácidos grasos poli-insaturados)”.

### **8.2.1 Requerimientos de ácidos grasos en peces marinos y dulce acuícolas**

López (2014) afirma que “una posible explicación de las diferencias nutricionales con respecto a las necesidades de ácidos grasos indispensables entre peces y mamíferos, se

debe a que los ácidos grasos de la serie omega-3, presentan un mayor grado de insaturación, lo cual es necesario para que la membrana fosfolipídica de las células, mantenga la flexibilidad y permeabilidad características en condiciones de bajas temperaturas del agua”. Sergent et al. (1997) comprobó que ciertos peces marinos, presentan no solo una habilidad limitada para alongar las cadenas de ácidos grasos, sino también para desaturar los ácidos grasos de la serie omega 3, existentes en la dieta natural. En consecuencia, la mayoría de los peces marinos, no solamente presentan la necesidad por ácidos grasos insaturados de la serie omega 6, sino que deben ingerir obligatoriamente en su dieta, los ácidos grasos de la serie omega 3, con el fin de satisfacer las necesidades de ácidos grasos esenciales y asegurar un adecuado crecimiento. En contraste la trucha arcoíris (*O. mykiss*) tiene la capacidad de elongar y desaturar ácidos grasos de la serie omega 3. Por ende, los requerimientos de ácidos grasos indispensables, pueden ser cubiertos parcialmente por la ingestión de omega 3 o cualquiera de los ácidos grasos de cadenas más largas de la serie. En el caso de los peces de aguas cálidas, Lovell (1997) demostró que la mayoría de especies ícticas requieren una mezcla de ácidos grasos de la serie omega 3 y omega 6.

Lanain (1993) por su parte afirma que “después de las proteínas, las grasas constituyen un importante grupo de nutrientes, cumpliendo una serie de funciones en el organismo del animal, siendo entre éstas las de mayor relevancia el aporte energético de ácidos grasos esenciales (AGE) y vitaminas. La necesidad de mantener una fluidez adecuada de las membranas para permitir un apto funcionamiento celular a las temperaturas que normalmente viven los salmónidos, requiere de un grado de insaturación de ácidos grasos constituyentes de los tejidos del pez”. Por este motivo los salmónidos son exigentes en ácidos grasos poliinsaturados de la serie omega 3 ( $\Omega$ -3) y en menor cantidad, de la serie Omega 6 ( $\Omega$ -6). Lee y col. (1967) encontraron “un crecimiento favorable y una disminución

de la mortalidad en la trucha arcoíris al incluir en la ración ácidos grasos insaturados de la serie omega-3, estableciéndose posteriormente que este tipo de ácidos grasos son esenciales para el crecimiento adecuado y buena salud en la trucha arcoíris”.

Según Cowey (1993) tanto el ácido linoleico (omega – 6) como el linolénico (omega -3) o sus metabólicos de cadena alargada, como el ácido eicopentanoico y docosaheptaenoico, deben ser suministrado en la dieta, ya que al igual que los mamíferos los peces no pueden sintetizar de nuevo el ácido madre para su mantención y función celular. El hecho de que estos ácidos sean capaces de satisfacer en parte los requerimientos de ácidos grasos esenciales, es debido a la capacidad de los salmónidos de alargar las cadenas y desaturar el ácido graso madre. Sin embargo esta capacidad está limitada en cantidad. Lo que podría estar evidenciándose en el hecho de que los peces que están en agua de mar tiene un mayor contenido de ácidos grasos  $\Omega$  -3 que los de agua dulce; y, a su vez, menor cantidad de ácidos grasos  $\Omega$ -6

### **8.2.2 Artemia como alimento para peces ornamentales.**

Sin lugar a duda, uno de los alimentos comúnmente mencionado para el levante de peces ornamentales es la artemia, que generalmente se suministra en sus primeros estadios, debido a que se encuentra establecido el protocolo para su eclosión, y el procedimiento no tiene mayor dificultad, permitiendo obtener nauplios de artemia a las 24 horas, en la cantidad deseada. Hernández (2009) afirma que “los nauplios de artemia, además de su disponibilidad, presentan buena digestibilidad, cutícula delgada, y por su rápido movimiento y ausencia de respuesta de escape, se convierten en un alimento ideal”. Además de su fácil obtención, el alimento vivo es un recurso de gran valor nutricional para el cultivo de peces, debido a que constituye una cápsula nutritiva que contiene los elementos básicos de una dieta

balanceada y no solo es estimado por ser fisiológicamente una forma valiosa de nutrimento, sino también un factor conductual importante. Por lo tanto, hoy en día se incorpora en la acuicultura una mayor variedad de organismos, considerados como alimento vivo, entre los que esta la artemia salina, por su alto valor nutricional, alta disponibilidad, abundancia, tamaño aceptable y movilidad (Díaz, 2014), la composición de aminoácidos de los nauplios de artemia se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1**  
Aminoácidos presentes en nauplios de artemia

Aminoácidos	Porcentaje (%)
Isoleucina	4,6
Leucina	7,4
Metionina	2,1
Fenilalanina	4,0
Tirosina	2,7
Treonina	4,4
Valina	5,0
Lisina	7,8
Arginina	4,4
Histidina	2,1

Fuente: SORGELOS, Patrick. Manual para el cultivo y uso de artemia en acuicultura. FAO, 1986.

### 8.2.3 Protocolo de eclosión de artemia

Para la obtención de los nauplios de artemia (Linnaeus, 1758) se llevó a cabo el protocolo que establece Alfaro (2003) inicialmente “la descapsulación de los cistos, para ello se pesó la cantidad de artemia a eclosionar, que para este caso será 1g, entonces se procedió a hidratar los quistes con agua dulce, por dos horas con aireación constante”. Concluido este período, se suspendió la aireación, y los quistes se pasaron por un tamiz para ser descapsulados.

Simultáneamente se preparó una solución con 1L de agua a la cual se le agregó 50ml de Hipoclorito de Sodio (NaOH). Los quistes ya hidratados se trasvasaron a esta solución y se agitó constantemente por 5 minutos, hasta que tomaron una coloración naranja. En este momento se pasaron nuevamente por el tamiz y se lavaron con abundante agua. Una vez descapsulados, los quistes se llevaron a incubar en 1L de agua, al que se le agregó 30g de sal marina, y 1g de artemia descapsulada. Obteniendo un mayor porcentaje de eclosión, transcurrido un período de 18-20 horas.



**Figura 3.** Artemia: izquierda deshidratada y derecha en proceso de hidratación con agua

Fuente: James Norbayron Díaz Cerón

Las ventajas de realizar este procedimiento en contraste con la eclosión de los nauplios sin descapsular, es, principalmente que el porcentaje de eclosión incrementa



significativamente, eliminando la necesidad de separar el corión de los nauplios, por lo que es más sencilla su captura (Alfaro, 2003, p111).



**Figura 4.** Artemia: izq. en descapsulación con cloro y derecha en incubadora para eclosión  
Fuente: James Norbayron Díaz Cerón

#### 8.2.4 Nauplios de artemia enriquecidos con omega-3

Recientemente, se han desarrollado varias técnicas para el mejoramiento del valor nutritivo de los nauplios de artemia por medio de la bioencapsulación de componentes esenciales, o también llamados enriquecimientos. Para ello se han utilizado micro algas marinas, y dietas a base de levaduras o emulsiones. Al respecto Hernández (2009) explica que “la práctica más generalizada consiste en la eclosión de los quistes, e incubación de los mismos hasta 72 horas en una suspensión con emulsión enriquecida”.

Así mismo, Salgado (2009) afirma que “el requerimiento de ácidos grasos en la dieta varía de acuerdo a la capacidad de síntesis de los organismos, la cual es regulada por la tasa de transcripción genética, etapa del ciclo de vida, sexo, dieta, factores ambientales”. Por otra parte, Hernández afirma que: “los requerimientos de ácidos grasos en la dieta de los organismos, varía en las especies, de acuerdo al ciclo de vida y factores ambientales como salinidad o temperatura”. Intensificándose durante los períodos de mayor actividad, como

crecimiento o temporada de reproducción. Por otra parte, este requerimiento también varía de acuerdo a la capacidad de síntesis de los organismos, la cual es regulada por la tasa de transcripción genética y la actividad de las enzimas desaturasas y elongasas los peces marinos no son capaces de sintetizar HUFA,  $\Omega$ -3 y  $\Omega$ -6 a partir de sus precursores, debido a la ausencia o inactividad de ciertas enzimas, por lo que el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) son esenciales en su dieta. Aunque algunas especies marinas presentan cierta capacidad de elongación y de saturación de ácidos grasos de 18 carbonos a sus equivalentes HUFA, dicha capacidad es cuantitativamente deficiente para cubrir sus necesidades fisiológicas. En contraste, la mayoría de especies dulceacuícolas presentan la capacidad de sintetizar HUFA,  $\Omega$ -3 y  $\Omega$ -6 a partir del ácido linolénico y linoléico. Sin embargo dicha capacidad de síntesis también puede ser cuantitativamente limitada, por lo que también es común que los peces de agua dulce cuya dieta es suplementada con HUFA,  $\Omega$ -3 y  $\Omega$ -6 presentan mejores tasas de supervivencia (Salgado 2009, p15)

Según Sorgelos (2014), la bioencapsulación de nauplios de artemia, no solamente consiste en enriquecerlos con nutrientes, también se pueden incorporar otros componentes como algas, levaduras, emulsiones, vitaminas, pigmentos, aminoácidos, e incluso tratamientos profilácticos o terapéuticos, permitiendo una mayor ingestión por parte de las larvas, al mejorar la composición nutritiva de los nauplios, se obtendrá éxito en los cultivos larvarios, como resultado de un mejor estado fisiológico, reflejado en mayor cantidad de larvas activas, además de incrementar la supervivencia y crecimiento en las fases posteriores.

La bioencapsulación o enriquecimiento de nauplios de artemia, es un tema al que no se había prestado mucha atención, en sus condiciones óptimas de enriquecimiento. Sin



embargo, Sorgelos (2014) concluye que: “Algunos parámetros han demostrado tener un papel importante en los procesos de bioencapsulación, como la temperatura, concentración de alimento, y fase naupliar. La finalidad es lograr el máximo nivel de enriquecimiento de los nauplios, en el menor tiempo posible, de hecho cuanto mayor sea el período de enriquecimiento, mayor será el tamaño de la artemia y más tardío el estadio larval al que se le podrá ofrecer, entonces se hace necesario establecer un tiempo máximo de enriquecimiento”. En el que garantice que los nutrientes incluidos no se sintetizarán en el tracto digestivo del nauplios, pero se asimilen.

#### **8.2.5 Clasificación taxonómica de la artemia salina.**

A continuación se presenta la clasificación de la especie según Sorgelos (2014) así:

**Phyllum:** Artrópoda

**Clase:** Crustácea

**Subclase:** Branquiopoda

**Orden:** Anostraca

**Familia:** Artemiidae

**Género:** Artemia

#### **8.2.6 Balanceado comercial para peces ornamentales**

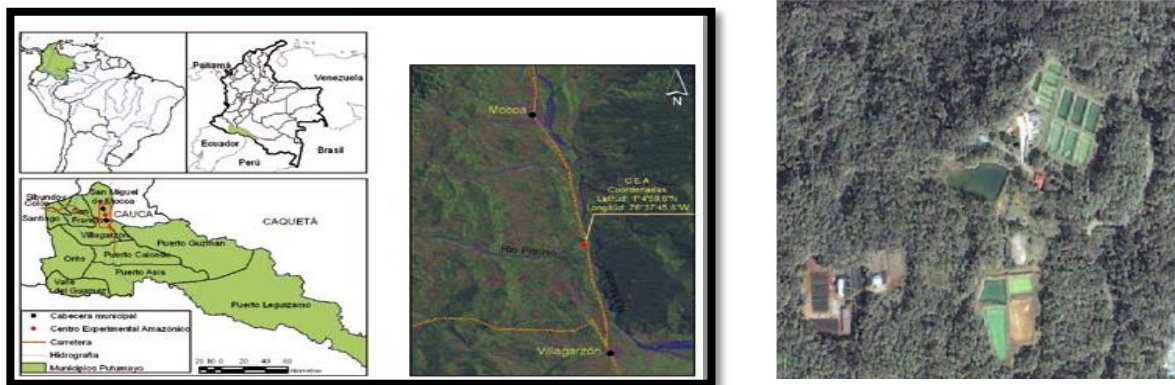
La nutrición de los peces ornamentales es un renglón muy importante a tener en cuenta, debido a que si se suple los requerimientos de la especie, se garantiza un mejor crecimiento y desarrollo. Entre las ventajas de este tipo de alimento esta, su bajo costo, facilidad de uso, almacenamiento y disponibilidad, pero en contraste, este tipo de alimento deteriora la calidad del agua, se hunde y tiene menor atractabilidad.

Además estos balanceados usualmente se enfatizan en especies adultas, y la gran mayoría se inclinan por avivar características físicas como su coloración por ejemplo, sin embargo, la calidad de determinados balanceados comerciales varía, en calidad nutricional, forma de presentación y precio generalmente, tiene los siguientes contenidos: proteína 40%, grasa 6,5 %, fibra 2%, humedad 6%, fósforo 1,5% y ácido ascórbico  $100\text{mg.Kg}^{-1}$  (Landines et al., 2007).

## 9. MATERIALES Y MÉTODOS

### 9.1 Localización

La investigación se desarrolló en la Estación de recursos hidrobiológicos “ERHA del” Centro Experimental Amazónico “CEA” de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía Colombiana CORPOAMAZONÍA, el cual se encuentra ubicada en el kilómetro ocho de la vía que de Mocoa conduce a Villagarzón, en la vereda San Carlos del municipio de Mocoa - Putumayo, entre las coordenadas  $1^{\circ} 5' 16''$  de latitud Norte y  $76^{\circ} 37' 53''$  de longitud al Oeste.



**Figura 5.** Localización geográfica del CEA  
Fuente: CORPOAMAZONÍA

Limita al Norte y Occidente con el Río Pepino, al Sur con la quebrada La Ardita y predios privados, al Oriente con el Río Mocoa, con una altura de 453 msnm, precipitación de 4932,8 mm, de temperatura media ambiental de 24°C y humedad relativa 87.91%.

## 9.2 Período de estudio

El ensayo tuvo una duración de 7 meses, que comprendió las actividades de revisión bibliográfica, acondicionamiento de las instalaciones, consecución y aclimatación de los adultos, reproducción inducida, preparación y evaluación de las dietas.

## 9.3 Instalaciones

En el edificio de la ERH del CEA, en la sala de manejo se construyó un área de 50m<sup>2</sup> para el manejo de los peces ornamentales, se aisló con plástico negro cubriendo la mayor parte. El agua pura usada proviene de un nacedero que viene de una montaña cerca al CEA, luego pasa por el parque SURUMA del CEA y se la entuba y lleva a un tanque elevado descubierto de cemento, para que se sienten los sólidos y se gane calor.



**Figura 6.** Edificio del Centro Experimental Amazónico CEA

Fuente: James Norbayron Díaz Cerón

Se acondicionó nueve acuarios para el manejo de los peces objeto de estudio con capacidad de 50L, cada acuario fue dotado con un termostato y aireación constante para brindar las condiciones adecuadas a los alevinos, la cual constaba de un sistema de aireación constante generado por una bomba de aire con turbina centrífuga de 1 HP Resun, (Figura 7).



**Figura 7.** Laboratorio de peces ornamentales del CEA

Fuente: James Norbayron Díaz Cerón

## 9.4 Materiales, equipos e insumos

### 9.4.1 Materiales

Se utilizaron los siguientes materiales:

- Acuarios de vidrio de 50L (60 x 25 x 30cm)
- Baldes plásticos (20L)
- Piedras difusoras
- Manguera (0,5cm diámetro)
- Cajas Petri

- Beaker (100ml, 200ml)
- Goteros plásticos
- Cucharillas plásticas
- Jeringas tipo insulina (1ml)
- Nasas
- Aspiradora para acuario
- Plástico azul
- Malla (100micras)
- Tamiz 80
- Tubo de PVC (1 ½ Pg.) Mortero y matraz en porcelana Tamiz 60
- Tamiz 170
- 1 Andamio metálico para peceras
- 1 Mortero

#### **9.4.2 Equipos**

- Microscopio Olympus CX 22 RFS1.
- Estereoscopio (Cabeza Trilocular a 35° Moticam 2500) Micrómetro
- Balanza digital OHAUS adventur Pro<sup>TM</sup> (0,000-1000g)
- 1 balanza gramera digital
- 1 balanza digital con centésima de gramo
- 9 Termostatos 300 W
- Bomba de aire turbina centrífuga de 1 HP Resun

- 1 computador portátil ultrabook Samsung
- Sonda multi-paramétrica YSI, modelo 85-10FT
- pH-metro pHeP by HANNA
- Pie de rey, KEX digital.
- Termómetro digital EXTECH 39240.
- 1 cámara digital Canon, profesional compacta Power Shot S95
- 1 licuadora
- 1 molino
- Multitomas eléctrico

#### 9.4.3 Insumos

- Omega 3 (Capsulas)
- Azul de metileno sal marina artemia salina
- Hipoclorito de sodio
- Balanceado comercial

#### 9.5 Material biológico

Se evaluaron 180 alevinos de escalares (*Pterophyllum scalare* – Schultze, 1823) (Figura 4) con un peso promedio inicial de  $0,09 \pm 0,07$ g y una longitud estándar promedio de  $0,40 \pm 0,03$ cm, obtenidos del plantel de reproductores establecido, cada pareja una vez adaptada a las condiciones del Centro Experimental Amazónico (CEA), continúo realizando sus puestas cada ocho días, las cuales se retiraron y se mantuvieron con aireación y temperatura constante ( $30^{\circ}\text{C}$ ) hasta la reabsorción del saco vitelino, que ocurrió a las 48



horas, a partir de este momento, se proporcionó alimentación exógena y los alevinos fueron distribuidos aleatoriamente en las diferentes unidades experimentales.



**Figura 8.** Alevino de Escalar  
(*Pterophyllum scalare*)  
Fuente: Imagen tomada de internet

## 9.6 Plan de manejo

### 9.6.1 Preparación y desinfección de materiales

Los materiales y utensilios requeridos para este ensayo, se lavaron con hipoclorito de sodio 30% y sal marina, con el fin de eliminar cualquier patógeno presentes que pudieran afectar el buen desarrollo de los alevinos, después se enjuagaron con abundante agua y secaron al sol.

### 9.6.2 Adecuación de acuarios.

Los reproductores se mantuvieron en tres acuarios de 50L, provistos de un filtro, termostato y se utilizó como nido un tubo de PVC (policloruro de vinilo) de 2", de aproximadamente 30cm. Para la adecuación de las unidades experimentales, se utilizaron

seis acuarios, los cuales se subdividieron mediante una malla de 1mm de diámetro en tres secciones o réplicas, con el fin de obtener las réplicas, además, los mismos fueron provistos de un termostato para mantener una temperatura en 30°C y aireación constante, finalmente se llenaron, a una altura de 10cm, para disminuir el esfuerzo de los alevinos en su natación y captura de alimento, los acuarios se cubrieron totalmente con plástico azul para evitar cualquier tipo de estrés externo que pudiera afectar el desempeño de los mismos.

### **9.6.3 Distribución de alevinos**

Los alevinos fueron distribuidos aleatoriamente en las distintas unidades experimentales y réplicas.

### **9.6.4 Monitoreo de parámetros Físico-químicos**

El seguimiento de los parámetros físico-químicos se realizó diariamente, utilizando un pH-metro, termómetro digital y una sonda multi-paramétrica YSI para la medición de oxígeno disuelto.

### **9.6.5 Muestras**

Se realizaron dos muestreos al inicio y al final del experimento, con el fin de reducir al máximo el estrés, debido al tamaño de los alevinos; que se mantuvieron en una manguera permitiendo una fácil manipulación para la toma y registro de la variable talla con la ayuda de un pie de rey digital. (Figura 5).





**Figura 9.** Registro de talla de alevino de Escalar  
Fuente: James Norbayron Díaz Cerón

El peso de los alevinos de *P. scalare*, se determinó volumétricamente, utilizando un beaker de 100 ml, estableciendo previamente el peso con 50 ml de agua y el peso con los animales, la diferencia de estos determinó el peso promedio (g) por réplica y por individuo.

#### 9.6.6 Alimentación

Se utilizó artemia y balanceado comercial con 40% de proteína, para el suministro a los alevinos de la especie de estudio, a los cuales se les realizó distintos procedimientos así:

Los nauplios de artemia salina se hidrataron en agua dulce por espacio de una a dos horas, posteriormente, se pasaron por un tamiz de 100  $\mu\text{m}$  y se lavaron; se agregó a 1L de agua, 50 ml de hipoclorito de sodio por cada gramo de artemia hidratado. Posteriormente se agitó por cinco minutos o hasta obtener una coloración naranja intensa, se pasaron a un tamiz de 100  $\mu\text{m}$  y se enjuagó con abundante agua, finalmente, se trasladaron los cistos de artemia a la incubadora (artemillero), teniendo en cuenta que por cada gramo de artemia hidratado se agregó 30g de sal y un litro de agua, manteniendo una temperatura constante superior a los 28°C. Transcurridas 12 horas, 90% de los nauplios eclosionaron. Se cosechó la cantidad de

nauplios, los cuales se suministró el 10% del peso vivo diariamente de los ejemplares estudiados, en seis comidas durante los diferentes períodos experimentales.

Para el enriquecimiento de nauplios de artemia se utilizó ácidos grasos altamente insaturados (HUFA) omega-3, con diferentes proporciones de DHA/EPA, utilizando el protocolo de enriquecimiento descrito por Hernández (2005) donde se adicionó  $0,5\text{mL.L}^{-1}$  de la emulsión a nauplios de artemia, los cuales se mantuvieron a una temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$  y 30g de sal durante 24 horas, finalmente, se tamizaron por  $100\mu\text{m}$ , se lavaron los nauplios de artemia para eliminar la emulsión adherida al cuerpo de estas, para evitar contaminaciones de las unidades experimentales, antes de ser suministrado a los peces.

Con el balanceado comercial, diariamente se preparó la cantidad de balanceado a suministrar para asegurar que su calidad no se vea afectada al almacenarlo debido a la humedad del lugar. Se pesó 0,05 g de balanceado, debido a que el tamaño del pellet era demasiado grande para la abertura bucal de 0,5 mm de los alevinos, se maceró con ayuda del mortero y matraz de porcelana, hasta obtener un polvo. Posteriormente, se pasó por un tamiz de  $170\mu\text{m}$  y después se tamizó nuevamente en uno de  $60\mu\text{m}$ . El polvo que pasó por este tamiz, se diluyó en agua hasta formar una mezcla homogénea y se suministró directamente a los alevinos.

### **9.7 Diseño experimental y análisis estadístico**

La investigación que se realizó fue en un laboratorio, en condiciones controladas, donde se evaluó el efecto del tipo de alimento y el tiempo de suministro del mismo, en la ganancia de peso, talla y sobrevivencia de escalares en la fase de alevinaje. Como factores fijos cualitativos se incluyó artemia salina, artemia enriquecida con omega-3 y balanceado

comercial y como factores cualitativos ocho y 16 días. Se evaluaron 180 animales que se distribuyeron de forma aleatoria en los tratamientos. Para ello se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 3×2. Obteniéndose por combinación seis tratamientos de la siguiente forma:

**T1:** Nauplios de artemia salina suministrados durante 8 días

**T2:** Nauplios de artemia salina suministrados durante 16 días

**T3:** Artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 8 días

**T4:** Artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 16 días

**T5:** Balanceado comercial durante 8 días.

**T6:** Balanceado comercial durante 16 días.

Se realizó la aplicación del análisis de varianza simple (ANOVA) a un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ . Todas las pruebas se efectuaron utilizando el software Statgraphics Centurion XV y Microsoft Excel 2010. En la variable Supervivencia se utilizó la prueba de Brand-Snedecor, basada en el estadístico de Chi-Cuadrado, según la siguiente fórmula:

Dónde:

$$X^2 = \frac{\sum n_i (p_i - p)^2}{pq}$$

$x^2$  El valor de chi-cuadrado calculada

$n_i$  Número de animales iniciales en el i-esimo tratamiento

$p_i$  Proporción de supervivencia en el  $i$ -ésimo tratamiento +

$p$  Proporción de supervivencia en todos los tratamientos

$q$  Proporción de mortalidad de todos los tratamientos

## 9.8 Formulación de hipótesis

Se plantearon las siguientes hipótesis evaluando las variables incrementos de peso y talla, supervivencia, por tratamiento.

### 9.8.1 Tipo de alimento

$$H_0: \mu D_1 = \mu D_2 = \mu D_3$$

$$H_1: \mu D_1 \neq \mu D_2 \neq \mu D_3$$

### 9.8.2 Tiempo

$$H_0: \mu T_1 = \mu T_2$$

$$H_1: \mu T_1 \neq \mu T_2$$

### 9.8.3 Interacción

$H_0$ : No hay interacción entre los dos factores

$H_1$ : No hay interacción entre los dos factores

**Tabla 2**  
Distribución de tratamientos

FACTOR DOS	FACTOR UNO		
	Artemia salina	Artemia enriquecida	Balanceado comercial
8 días	T1	T3	T5
16 días	T2	T4	T6

Para las variables incremento de peso, incremento de talla, y sobrevivencia se realizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial así:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}; i=1,2,3; j=1,2; k=1,2, \text{ y } 3$$

Donde

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta en la repetición k del nivel i del tipo de alimento y el nivel j periodo de tiempo.

$\mu$  = Media general del experimento.

$\alpha_i$  = Efecto del nivel i del factor tipo de alimento.

$\beta_j$  = Efecto del nivel j del factor periodo de tiempo.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción del nivel i del tipo de alimento y el nivel j del periodo de tiempo.

$E_{ijk}$  = Error experimental en la repetición k

## 9.9 Variables de estudio

### 9.9.1 Incremento de Peso

$$\text{Incremento peso} = \text{Peso final (pf)} - \text{Peso inicial (pi)}$$

### 9.9.2 Incremento Talla

$$\text{Incremento talla} = \text{Talla final (tf)} - \text{talla inicial (ti)}$$

### 9.9.3 Supervivencia

$$\% \text{ de supervivencia} = \frac{N^{\circ} \text{ animales sobrevivientes}}{N^{\circ} \text{ de animales evaluados}} * 100$$

### 9.9.4 Análisis de relación beneficio-costos

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

Dónde:

RCB: Relación benéfico-costos.

B: Beneficio

C: Costo.

### 9.9.5 Tasa de crecimiento simple (TCS).

$$TCS(\%) = \frac{\ln(wf) - \ln(w0)}{T} * 100$$

Dónde:

TCS (%): Porcentaje de crecimiento mensual

Wf: Peso final

Wi: Peso inicial

T: Tiempo

## 10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

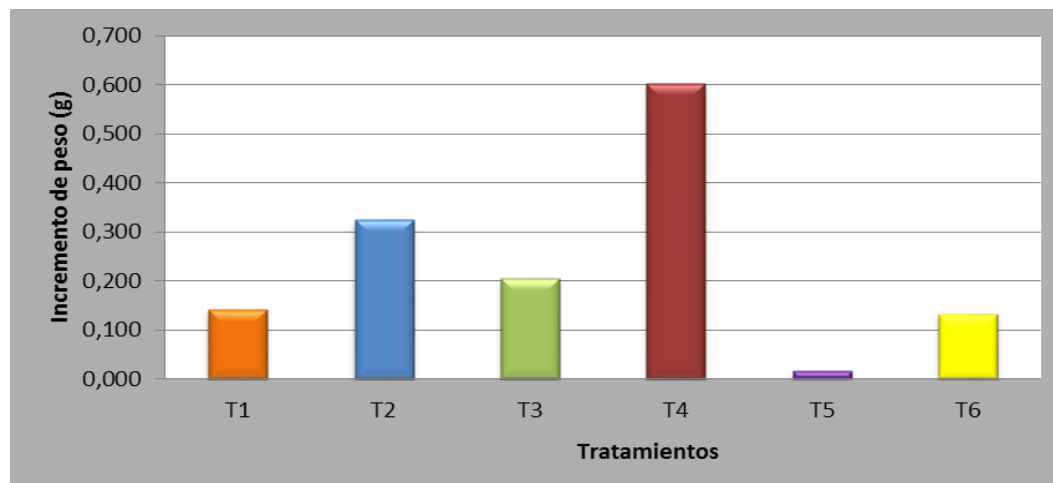
### 10.1 Evaluación de variables productivas

#### 10.1.1 Peso inicial

El peso promedio inicial de los alevinos de *P. scalare* en los seis tratamientos fue  $0,09 \pm 0,019$  g, con un coeficiente de variación de 0,01 media aceptable para esta variable, lo que indica que el peso de siembra no ocasionó fuente de variación. (anexo L)

#### 10.1.2 Incremento de peso

Se presentaron diferencias entre el tratamiento con artemia enriquecida T4, mostró un crecimiento favorable que se manifestó en un peso promedio final de los alevinos de 0,69g, lo que representó un incremento de peso de 0,60g, esto se explica debido a que los nauplios de artemia estaban enriquecidos con omega 3, y se esperaba que este ácido graso esencial, afectara positivamente el crecimiento de los alevinos de la especie de estudio, además, en el tratamiento se suministró este tipo de alimento durante 16 días. (figura 10).



**Figura 10.** Incremento de peso durante el período de estudio

Soriano y Hernández (2002. 28-33 p) en su estudio en alevinos de escalar obtuvo incrementos de peso de 0,56g, en alevinos alimentados con pulga de agua, alimento con contenido de proteína (superior al 50%), lo que permite inferir que los peces alimentados con mayor porcentaje de proteína o para el caso de esta investigación, mayor porcentaje de ácidos grasos esenciales, presentan mejores respuestas en crecimiento, así los alevinos alimentados con artemia enriquecida, duplican su peso con respecto a los alimentados con nauplios sin enriquecer, además estos valores permiten apreciar la aceptación y aprovechamiento de este alimento, por parte de los alevinos. Además, Bergot y Luna (2002) menciona que los alimentos artificiales cambian la relación que existe entre el animal y su medio ambiente, los cuales pueden deteriorar la calidad del agua, afectando la sobrevivencia y la tasa de crecimiento en sus primeros estadios (p.227-234). El incremento de peso obtenido para los alevines alimentados con artemia enriquecida (T3 y T4), es significativamente mayor con respecto a los demás tratamientos, esta diferencia radica en el tipo de alimento suministrado y su calidad proteica, Tacon (2002, p117) afirma que, en condiciones controladas, la ganancia en peso de los peces, se da en proporción a los aminoácidos esenciales suministrados, por su parte Luna et al (2002, p67) sostienen que la nutrición de peces en las primeras etapas es uno de los principales problemas en el cultivo, porque es donde se presentan los niveles de mortalidad más altos. En este caso, evaluando los efectos de tres alimentos vivos, y un balanceado comercial, suministrado a larvas de *P. scalare*, se obtuvo mejor crecimiento en los alimentados con *A. franciscana*, obteniendo un incremento de peso similar al de este estudio, con un valor 0,14g en los alevinos alimentados durante 8 días, y 0,28g en los alimentados durante 16 días, mientras que en este estudio se obtuvo un peso final de 0,14g y 0,32g en 8 y 16 días respectivamente.



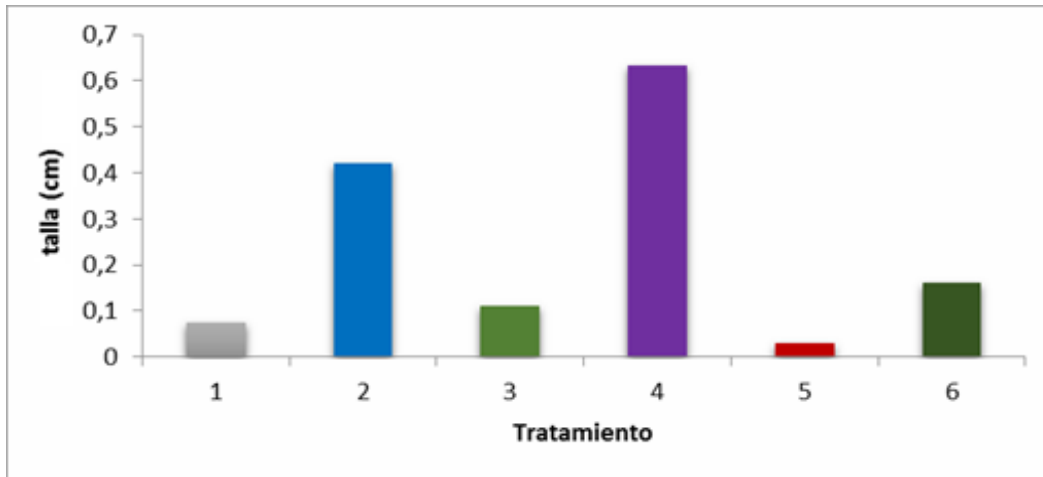
En contraste, los alevinos alimentados con artemia enriquecida presentaron incrementos de peso 0,6g, valor que supera a los alimentados con artemia sin enriquecer. Junto a esto, en general el mayor incremento de peso, lo presentaron los tratamientos alimentados con artemia (enriquecida y sin enriquecer), esto se explica debido a que la proteína en artemia, está constituida principalmente por proteínas de pesos moleculares bajos, las cuales pueden ser más fácilmente digeribles en comparación con las proteínas de las dietas artificiales.

### **10.1.3 Talla inicial**

La talla promedio inicial de los alevinos en los seis tratamientos fue  $0,40 \pm 0,22$ cm, con un coeficiente de variación de 0,032; el cual representa una variación media aceptable para esta variable y no ocasionó fuente de variación, este valor se tomó como talla inicial para todos los tratamientos. (anexo M)

### **10.1.4 Incrementó de talla**

No se reportaron diferencias en la variable en los diferentes tratamientos, sin embargo, el incremento de talla más representativo durante el período experimental lo presentan el T4 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 16 días) (0,63cm) seguido de T2 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 16 días) (0,42cm), contrastado con el T6 (balanceado comercial durante 16 días) (0,16cm) (figura 11) , estos valores se contrastan con el estudio realizado por Soriano y Hernández (2002, p30) donde se presentó un mayor incremento de talla en alevinos de *P. scalare* suministrando alimento vivo *dhapnia*. obteniendo 0,60 cm en 16 días, y un menor incremento con alimento artificial (tetra) con 0,18 cm en 8 días.

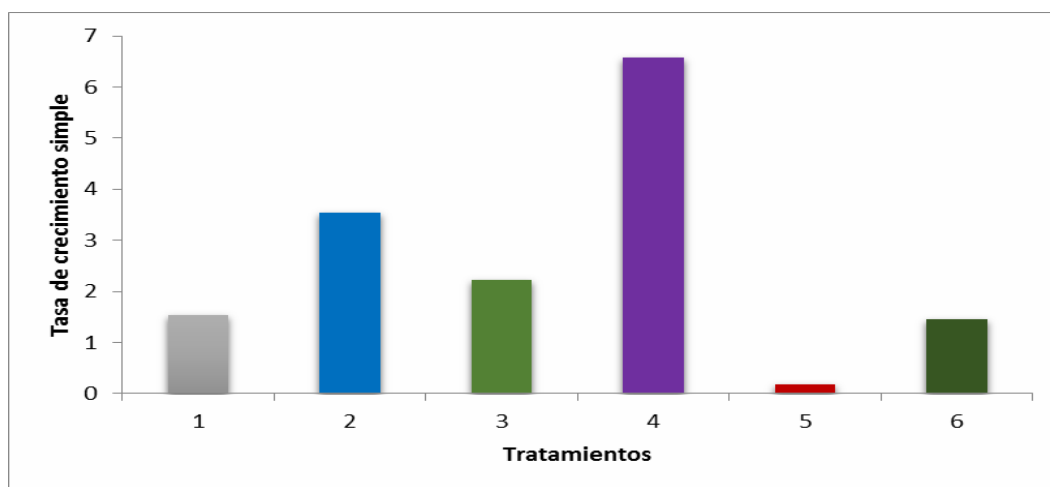


**Figura 11.** Incremento de talla por tratamientos durante el período de estudio

El alimento vivo presentó mejores valores en las variables estudiadas con respecto al balanceado comercial o alimento inerte, coincidiendo con López- Macías (2014, p348) quien ha demostrado que el alimento vivo proporciona enzimas naturales que ayudan a desdoblar y asimilar las moléculas nutricionales, teniendo en cuenta que las especies ícticas nativas en su mayoría son inmaduras en su tracto digestivo e incapaces de producir enzimas, sustancias que solo pueden ser aportadas por los alimentos biológicos a diferencia de los balanceados artificiales, los cuales pueden contener más nutrientes y menor porcentaje de agua, pero debido a la incapacidad de las larvas con aparato digestivo inmaduro es incapaz de producir enzimas gástricas intestinales y pancreáticas, estas deben necesariamente ser proporcionadas por el alimento exógeno vivo, principalmente en los cuatro primeros días después de reabsorber el saco vitelino para asegurar un buen crecimiento, conversión alimenticia y bajas tasas de mortalidad en esta etapa; Luna et al (2010, p63-72) afirma que la baja digestibilidad y la calidad nutricional de los alimentos inertes son factores que pueden explicar el fracaso de estas dietas como primera alimentación de peces.

### 10.1.5 Tasa de crecimiento simple (TCS)

El análisis de varianza para la tasa de crecimiento simple, presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos, factor uno (tiempo) y dos (tipo de alimento) (anexo A), los mejores promedios (anexo B) se presentaron en los tratamientos T4 (balanceado comercial durante 16 días) con 6,56 y T2 con 3,53, correspondientes a artemia enriquecida con omega-3 y nauplios de artemia, suministrados durante 16 días, lo anterior concuerda con Luna et al (2010, p66) quienes determinaron que son alimentos de proteína de alto valor biológico como la contenida en los alimentos vivos al igual que los lípidos y grasas de fácil aprovechamiento, existentes en este tipo de alimento como fuente de ATP para las funciones metabólicas de mantenimiento y crecimiento, además García y Ortega citados por Luna et al (2010, p69) et al señalan que la proteína en artemia está constituida principalmente por proteínas de pesos moleculares bajos, las cuales pueden ser más fácilmente digeribles en comparación con las proteínas de las dietas artificiales. Los promedios más bajas se presentaron en el T6 (balanceado comercial durante 16 días) (1,44) y T5 (balanceado comercial durante 8 días) (0,18) (figura 12).



**Figura 12.** Tasa de crecimiento simple para cada tratamiento

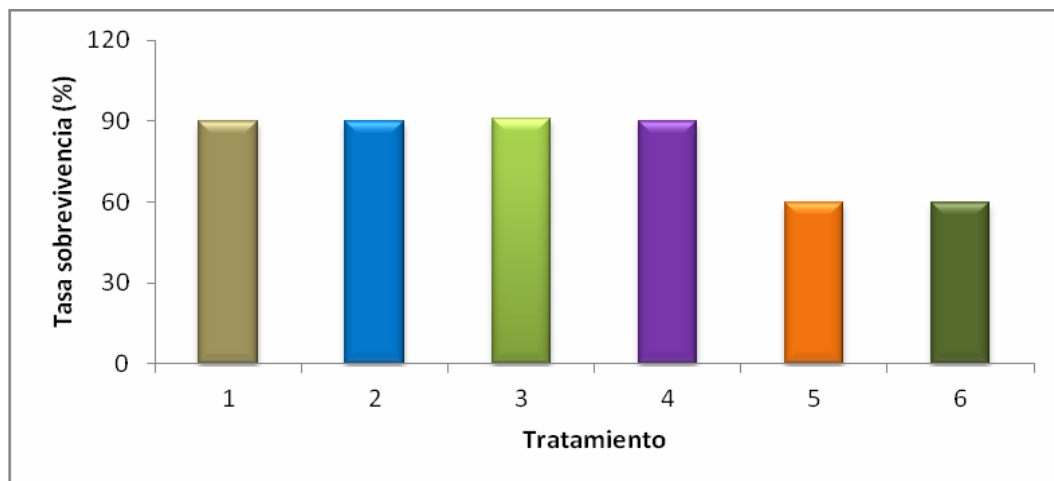
La variable tiempo, registró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) (Anexo C), presentándose la mejor media para 16 días de evaluación con 3,85 seguido de 8 días con 1,31 (anexo D).

La variable tipo de alimento reportó diferencias estadísticas significativas con un 95% de confiabilidad (anexo E), presentándose la mejor media para T4 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 16 días) con 4,39, seguido del T2 (nauplios de artemia salina suministrados durante 16 días) con 2,53 y T6 (balanceado comercial suministrado durante 16 días) con 0,81. (anexo F) y la interacción entre los dos factores se presenta en el anexo Q, esto podría explicarse según García- Ortega citado por Luna et al (2010, p70) quienes afirman que los peces nutridos con alimento vivo, radica, en parte, en sus contenidos nutritivos, así como por inducir estímulos visuales y químicos, por las enzimas presentes en los organismos vivos que contribuyen a la digestión del alimento y porque existen diferencias en la digestibilidad entre los alimentos vivos y artificiales, los cuales son atribuidas a las diferencia en la digestión de la proteína, sin embargo Luna et al (2010, p69) afirma que el suministro de alimento vivo debe proporcionarse en las primeras semanas de vida de *P. scalare*, cuando el crecimiento es más acelerado, y sugieren la posterior utilización de alimento artificial como complemento nutritivo durante el crecimiento en cultivo, ya que estos alcanzan la talla comercial en períodos cortos, entre 60 y 70 días, por la gran demanda que presentan.

#### **10.1.6 Supervivencia**

La prueba de Brand-Snedecor estableció diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) (anexo G), entre los tratamientos alimentados con artemia y artemia enriquecida con omega-3 T1 (nauplios de artemia salina suministrados durante 8 días), T2 (nauplios de artemia salina suministrados durante 16 días), T3 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 8

días) y T4 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 16 días), respecto a las alimentadas con balanceado comercial T5 (balanceado comercial durante 8 días) y T6 (balanceado comercial durante 16 días) (figura 13). La sobrevivencia fue significativamente mayor en los organismos alimentados con nauplios de artemia enriquecidos con omega-3 con un promedio del 90% comparados con 60% obtenido con balanceado comercial, lo que representa un 30% mayor con alimento vivo enriquecido, trabajos realizados por Luna et (2010, p60) han obtenido con esta especie, porcentajes de sobrevivencia similares a los del presente estudio alimentando con *artemia franciscana*, dentro de un intervalo de 80 a 100%, valores similares fueron obtenidos por Leitao (p 525) con valores entre 83,3 e 93,8%.



**Figura 13.** Supervivencia durante el período de estudio

## 10.2 Parámetros físicos y químicos del agua

Los parámetros físico-químicos promedio del agua (tabla 3), se mantuvieron en los rangos requeridos por la especie objeto de estudio, que en condiciones de cautiverio puede soportar un pH entre 5,5 y 8 señalan Cruz y Pérez citado por Goncalvez (2013, P1176 -1182) en el experimento se presentó un pH promedio de  $7,70 \pm 0,06$ , sin darse afecciones, la

temperatura registro un valor promedio de  $30,28 \pm 0,01$  °C, y se encuentra entre el rango aceptable de acuerdo con Pérez et al (p 537) que recomienda que la temperatura no sobrepase los 31°C para su cultivo, y finalmente el oxígeno disuelto presentó un valor promedio de  $5,69 \pm 0,08$  mg.l<sup>-1</sup>, valores semejantes sugeridos por Soriano et al (2002, p28-33) que permite un crecimiento y desarrollo del pez disminuyendo el porcentaje de mortalidad. (tabla 3)

**Tabla 3**  
Parámetros físico químicos promedios por tratamiento.

TRATAMIENTO	pH	T(°C)	OD(mg.L-1)
1	7,689	30,281	5,709
2	7,694	30,281	5,711
3	7,695	30,281	5,708
4	7,694	30,282	5,708
5	7,692	30,282	5,708
6	7,693	30,383	5,709

### 10.3 Análisis económico

Se estableció un análisis parcial de costos (tabla 4) y con base a los datos obtenidos, se realizó la relación beneficio- costo (tabla 5).

**Tabla 4**  
Costos parciales de la investigación

RUBROS	CANTIDAD	UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)	%
Reproductores	6	12.500	75.000	16,12
Omega 3	1	25.000	25.000	6,04
Artemia	1	180.000	180.000	46,48
Tetra-Color	1	32.000	32.000	7,73
Sal marina (kg)	3	1.000	3.000	0,72

Hipoclorito de sodio	3	2.800	8.400	2,03
Azul de metileno (gr)	1	1.900	1.900	0,46
Producción (equipos, mano de obra)	1	88.700	88.700	20,43
<b>TOTAL</b>			<b>414.000</b>	<b>100</b>

**Tabla 5**  
Análisis económico

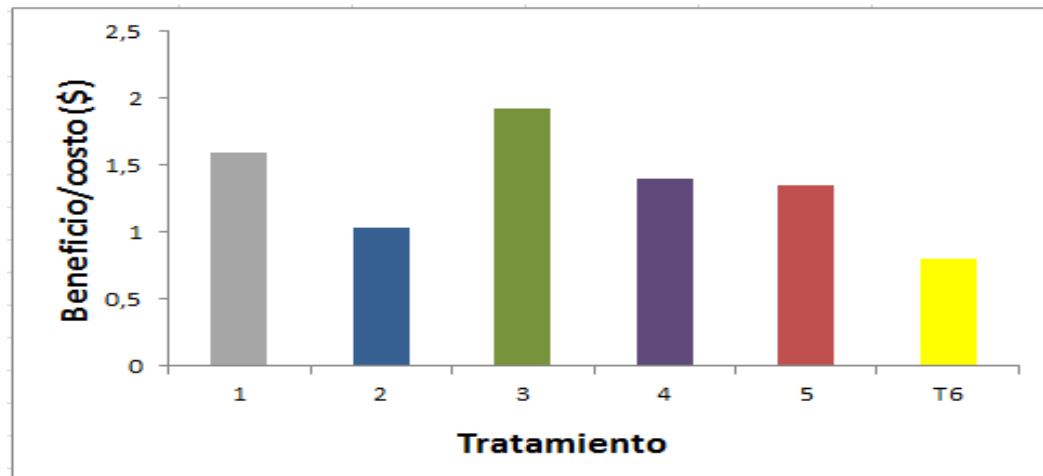
Tratamiento	Costo total \$	N. de animales	Precio de venta \$	Ingreso bruto \$	Ingreso neto \$	Beneficio/costo (\$)
<b>T1</b>	12.504,58	25	800	20.000	7.495,42	1,60
<b>T2</b>	25.010,17	26	1.000	26.000	989,83	1,04
<b>T3</b>	13.504,48	26	1.000	26.000	12.495,42	1,93
<b>T4</b>	29.010,17	27	1.500	40.500	11.489,83	1,40
<b>T5</b>	7.567,79	17	600	10.200	2.632,21	1,35
<b>T6</b>	19.136,57	17	900	15.300	- 3.837	0,80

Según el análisis realizado, el T3 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 8 días) reportó la mejor relación beneficio-costo con un valor de 1,93 seguido por los tratamientos T1 (nauplios de artemia salina suministrados durante 8 días), T4 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 16 días), T5 (balanceado comercial durante 8 días), T2 (nauplios de artemia salina suministrados durante 16 días) y T6 (balanceado comercial durante 16 días) con valores de 1,60, 1,40, 1,35, 1,04, y 0,80 respectivamente. El T3 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 8 días) es económicamente rentable debido a que su período de suministro es de ocho días, sin embargo, el T4 (artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante 16 días) y T2 (nauplios de artemia salina



suministrados durante 16 días) reportan mejores tasas de crecimiento simple debido a que el período de suministro fue de 16 días, lo que implica que los costos se dupliquen. Los valores obtenidos son mayores a 1 por lo que se puede inferir que son económicamente viables.

Figura 14.



*Figura 14.* Análisis económico

## 11. CONCLUSIONES

- Los incrementos de peso y talla no registraron diferencias estadísticas significativas, sin embargo, los mejores aumentos en estas variables se registraron en el T4.
- Las tasas de sobrevivencia más altas se observaron en el T3 (90%) y T4 (86%) correspondiente a nauplios de artemia enriquecida con omega-3, y la menor supervivencia en el T5 (56%) y T6 (60%), demostrando la eficiencia de suministrar alimento vivo como primera alimentación en *P. scalare*.
- La mejor relación beneficio-costo, la presentó el T3 (nauplios de artemia enriquecida con omega-3 suministrada durante ocho días).
- Los resultados demuestran la importancia de suministrar alimento vivo durante la etapa post-reabsorción de saco vitelino del escalar debido a que aporta nutrientes y enzimas exógenas, que permite los procesos de desdoblamiento de moléculas nutricionales y asimilación de estas para mejorar el mantenimiento, crecimiento y sobrevivencia de esta especie en condiciones de cautiverio.

## 12. RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos para mejorar el enriquecimiento de artemia con diferentes emulsiones y dosis que pueden arrojar mejores resultados en cuanto a las variables productivas.
- Utilizar dietas de nauplios de artemia salina enriquecida con omega-3 durante un suministro de ocho días a post-larvas de escalar con el fin de optimizar la tasa de crecimiento simple y la relación beneficio-costos.
- Suministrar alimento vivo enriquecido con omega-3 u otra emulsión a los reproductores y evaluar el efecto de estos sobre la frecuencia de desove, incremento de producción de alevinos y porcentaje de sobrevivencia de los mismos que pueden generar beneficios económicos.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agudelo Gómez, D. A. (2005) Establecimiento de un centro de reproducción de *Pterophyllum* Scalare (pez ángel o escalar). *Revista Lasallista de Investigación*, vol. 2, no 2.

Alfaro, M.R. Alfaro, C. R. Tabeada, S.D. (2003) Observaciones de la reproducción de paiche *Arapaima gigas* (Cuvier) en ambientes controlados en el IIAP Ucayali. *Manejo en Ambientes Naturales*, p.111. Recuperado de:  
<http://www.iiap.org.pe/cdpublicaciones2011/documentos/pdf/libros/37.pdf#page=111>

Baldisserotto, B. y Gomez, L. (2010). *Especies nativas para piscicultura no Brasil* Universidad Federal de Santa María. Editoraufsm.

Barthen, R., Guerra, H., Valderrama, M. (1994). *Diagnóstico de los recursos hidrobiológicos de la Amazonía*. Lima. Secretaría pro tempore del Tratado de Cooperación Amazónica.

Blanco, W. Fraga, I. Tizol, R. y Artiles, M. (2002). *Efecto del tipo del alimento y las densidades en el crecimiento y la supervivencia en postlarvas de langosta espinosa (Panulirus argus)*. Centro de Investigaciones Pesqueras. La Habana. Recuperado de:  
<http://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/2079/Blanco;jsessionid=CE583710A24F84F307279045F734A6EB?sequence=1>

Díaz Cerón, J.N. (2014). *Investigaciones en Arawana Plateada (Osteoglossum bicirrhosum) en tipos de dietas y adaptación a las condiciones fisicoquímicas de la estación de*

*recursos hidrobiológicos del Centro Experimental Amazónico. Corpoamazonia. Mocoa.*

Artículo para internet

Díaz-Cerón, J.N. (2014). Plan de manejo de los peces ornamentales Amazónicos del CEA de Corpoamazonia. *Plan de manejo*. Mocoa. Corpoamazonia.

Díaz-Cerón, J.N. (2014). Peces Ornamentales Amazónicos de la Estación de Recursos Hidrobiológicos ERHA del Centro Experimental Amazónico y la jurisdicción de Corpoamazonia. *Proyecto*. Mocoa. Corpoamazonia.

Díaz – Cerón J.N. (2011). *Biotécnica sobre el cultivo intensivo de la cachama blanca (Piaractus brachipomus, Cuvier 1818) en piscinas de arcilla ubicadas en el departamento del Putumayo – Colombia*. Tesis de pregrado. Universidad Layca Eloy Alfaro de Manabí. Manta – Ecuador.

Goncalves, Junior, L.P. Pereira, S.L. Matiello, M. Mendoca. P.P. (2013). Efeito da densidade de estocagem no desenvolvimento inicial do acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.65, n.4, p.1176-1182. Instituto Federal do Espírito Santo, IFES, Alegre, ES.

Castro Gonzales, M.I. (2002) Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. *Interciencia*, vol. 27, núm. 3. Venezuela. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/pdf/339/33906605.pdf>

Guerrero – Liñeiro, J.A. (2013). Conservación De Animales y Ambientes Silvestres De La Amazonía (CASA) como un modelo de manejo *in situ* y *ex situ*, investigación y conservación de fauna silvestre, recurso hidrobiológico y sus hábitats objeto depresión antrópica en la jurisdicción de Corpoamazonia. *Proyecto*. Mocoa. Corpoamazonia

Hernández, A. (2009). *Efecto del enriquecimiento de artemia franciscana con diferentes proporciones de w-3 DHA/EPA sobre el crecimiento de juveniles de pez blanco menidia estor*. Trabajo de grado presentado para optar al título de magister en Ciencias Biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

Recuperado de:

[http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/123456789/4521/1/EFECTO\\_DELENREQUECIMIENTODEARTEMIAFRANCISCANACONDIFERENTESPROPORCIONESDEU3DHAEPASBREELCRECIMIENTODEJUVENILESDEPEZBLANCOMENIDIAESTOR.pdf](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/123456789/4521/1/EFECTO_DELENREQUECIMIENTODEARTEMIAFRANCISCANACONDIFERENTESPROPORCIONESDEU3DHAEPASBREELCRECIMIENTODEJUVENILESDEPEZBLANCOMENIDIAESTOR.pdf)

Landines Parra, M.A. Sanabria Ochoa, A.I. Daza, P.V. (2007). *Producción de peces ornamentales en Colombia*. Bogotá D.C. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural INCODER, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.

Estudio de mercado: Peces ornamentales en Colombia. (2013). *Inteligencia de Mercados- Cartilla para el etiquetado de alimentos en EE UU. p. 2. Abril*. LEGISCOMEX.COM.

Recuperado de:

<http://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/estudio%20peces%20ornamentales%20completo3.pdf>

Leitao, N.J. Martini del Guerra L.O. Takata, R. Perez Fabregat, T.H. Kochenborger

Fernandes, J.B. P., Portella, M.C. et al. Níveis de alimentação com náuplios de artêmia durante a larvicultura inicial do acará-bandeira *Pterophyllum scalare*. *1 Congresso Brasileiro de producao de peixes nativos de agua dulce*. Mato Grosso Do Sul. Centro de Aqüicultura da UNESP, Jaboticabal, SP. Recuperado de:

[http://www.cpa0.embrapa.br/aplicacoes//congressopeixe2007/TRABALHOS/LARVICULTURA\\_E\\_ALEVINAGEM/LARVI\\_10.pdf](http://www.cpa0.embrapa.br/aplicacoes//congressopeixe2007/TRABALHOS/LARVICULTURA_E_ALEVINAGEM/LARVI_10.pdf)

López Macías. J. N. (2014). *Nutrición y alimentación piscícola*. Pasto. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias.

Luna, F., Vargas, Z., y Figueroa, T. (2010) Alimento vivo como alternativa en la dieta de larvas y juveniles de *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823). *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria*. Morelos. Universidad Autónoma del estado de Morelos.

Luna - Figueroa, J., Hernández, L. (2000) Efecto de alimentos con diferente contenido proteico en la reproducción del pez ángel *Pterophyllum scalare* variedad perlada (Pises: Cichlidae). *Revista Ciencia y Mar*, vol. 4, no 11, p. 4.



Luna Figueroa, J. Vargas, Z.T. Figueroa T.J. (2010). Alimento vivo como alternativa en la dieta de larvas y juveniles de *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein, 1823). Revista *AIA Avances en investigación agropecuaria* 2010 14(3). Morelos. Universidad Autónoma estado de Morelos. Recuperado de:  
<http://www.redalyc.org/pdf/837/83715746005.pdf>

Luna, J. y Gómez, E. (2005). Incorporación de *Culex quinquefasciatus* y *Daphnia* sp. En la dieta y su influencia en la reproducción de *Pterohyllum scalare* (Pisces: Cichlidae). Centro de Investigaciones Biológicas Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca. *Revista Naturaleza y desarrollo*, Vol. 3 Núm. 1. p 5

Luna, J., Figueroa, J., Hernández, L. (2000). Efecto de alimentos con diferente contenido proteico en la reproducción del pez ángel *Pterophyllum scalare* variedad perlada (Pises: Cichlidae). *Revista Ciencia y Mar*. vol. 4, no 11.

Mañón Zúñiga, C.S. (2008). Reproducción del Pez Ángel *Pterophyllum scalare* (Pices: Cichlidae) LICHTENSTEIN, 1823. *XIX Congreso de Investigación CUAM 2008*. Morelos. Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos de Morelos. Recuperado de:  
<http://acmor.org.mx/cuam/2008/224-angel.pdf>

Reta, J., Suarez, C., Hoyos, A y Camporredondo, V. (2010). Manual de producción de pez Ángel (*Pterophyllum scalare*): criterios básicos de su cultivo en las cinco etapas de producción. Veracruz. *Colegio de postgraduados campus Veracruz*. p. 11.

Ortega, H., Mojica, J.I., Alonso, J.C., Hidalgo, M. (2006). Listado de los peces de la cuenca del río Putumayo en su sector colombo – peruano. Universidad Nacional San Marcos de León, Museo de Historia Natural, Lima, Perú, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas –SINCHI, Colombia. *Artículo revista científica Biota Colombiana* 7 (1): 95-122.

Reta, J., Suarez, C., Hoyos, A., Camporredondo, V. (2010). *Manual de producción de pez Ángel (Pterophyllum scalare): criterios básicos de su cultivo en las cinco etapas de producción*. Veracruz. Colegio de postgraduados campus Veracruz

Rodríguez Becerra, M. (2002). *La biodiversidad en Colombia*. Recuperado de:

<http://www.manuelrodriguezbecerra.org/bajar/biodiversidad.pdf>

Salgado, R. (2009). Efecto del ácido araquidónico (20:4n-6) sobre la capacidad reproductiva y el nivel de prostaglandina PGE2 del pez blanco de patzcuaro menidia estor. *Mención para optar el grado de maestro en ciencias*. La Paz. Centro de Investigación del Noroeste.

Sorgeloos, P. Lavens, P. Lé, P. Tackaer, W. Versichele, D. (1986). *Manual para el cultivo y uso de artemia en acuicultura*. FAO. Bélgica. Universidad del estado en Gent – Facultad de agronomía. Recuperado de:

<http://www.fao.org/docrep/field/003/ab474s/AB474S00.htm#TOC>.

Soriano Salazar, M. B. Hernández Ocampo, D. (2002). Tasa de Crecimiento del pez ángel *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) en condiciones de laboratorio. *Acta Universitaria* 2002, vol. 12, no 2, p. 28-33. Universidad de Guanajuato.

Toledo, S. (2005). Aspectos generales de la nutrición de peces, nuevas tendencias. *Seminario de acuicultura continental de especies de aguas cálidas-templadas*. Cuba.

Recuperado de:

<http://es.scribd.com/doc/6587812/Nutricion-de-Peces>

Velasco, Y. Corredor, W. (2011). Requerimientos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce: una revisión. *Revista MVZ Córdoba* 16 (2):2458-2469. Universidad de los Llanos, Instituto de Acuicultura.

## 12. ANEXOS

**Anexo A.** Análisis de varianza para Tasa de Crecimiento simples.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	75,2377	5	15,0475	171249,47	0,0000
Residual	0,00105443	12	0,0000878691		
Total (Corr.)	75,2387	17			

**Anexo B.** Prueba de Tukey para Tasa de Crecimiento Simple ( $\alpha=0,05$ ).

TRATAMIENTO	Casos	Media	Grupos homogéneos
5	3	0,180257	X
6	3	1,44832	X
1	3	1,53467	X
3	3	2,22874	X
2	3	3,53708	X
4	3	6,56845	X

**Anexo C.** Análisis multifactorial para factor tiempo.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: TIEMPO	28,9573	1	28,9573	329551,0	0,0000
B: ALIMENTO	38,5617	2	19,2809	219427,1	0,0000
INTERACCIONES					
AB	7,7186	2	3,8593	43921,01	0,0000
RESIDUAL	0,00105443	12	0,0000878691		

TOTAL (CORREGIDO)	75,2387	17
----------------------	---------	----

**Anexo D.** Prueba LCD para factor tiempo ( $\alpha=0,05$ ).

TIEMPO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
8	9	1,31456	0,00312462	X
16	9	3,85128	0,00312462	X

**Anexo E.** Análisis multifactorial para el factor tipo de alimento.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: TIEMPO	28,9573	1	28,9573	329551,0	0,0000
B: ALIMENTO	38,5617	2	19,2809	219427,0	0,0000
INTERACCIONES					
AB	7,7186	2	3,8593	43921,0	0,0000
RESIDUOS	0,00105443	12	0,0000878690		
TOTAL (CORREGIDO)	75,2387	17			

**Anexo F.** Prueba LSD para el factor tipo de alimento ( $\alpha=0,05$ ).

ALIMENTO	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
3	6	0,814286	0,00382686	X
1	6	2,53587	0,00382686	X
2	6	4,3986	0,00382686	X

**Anexo G.** Supervivencia prueba de Brand-Snedecor.

n =	6
n-1=	5
Alfa =	0,05
1 - alfa =	0,95
p =	0,767
q = (1 - p)	0,233
=	

X2c =	-33,354
X2t(1-alfa) =	11,07

$$X^2 c > X^2 t_{(1-alfa)}$$

Existen diferencias significativas

**Prueba de contrastes para hipótesis de proporciones de dos muestras**

		T1	T2	T3	T4	T5	T6
		0,8333	0,86666	0,86666	0,9	0,5666667	0,5667
<b>T6</b>	0,567	-2,2537	-2,5785	-2,5785	-2,9194	0,0000	<b>1</b>
<b>T5</b>	0,567	-2,2537	-2,5785	-2,5785	-2,9194	<b>1</b>	0,0000
<b>T4</b>	0,9	0,7596	0,4022	0,4022	<b>1</b>	-2,9194	-2,9194
<b>T3</b>	0,867	0,3616	0,00	<b>1</b>	0,4022	-2,5785	-2,5785
<b>T2</b>	0,867	0,00	<b>1</b>	0,00	0,4022	-2,5785	-2,5785
<b>T1</b>	0,833	<b>1</b>	0	0,3616	0,7596	-2,2537	-2,2537

**Anexo H.** Análisis de varianza para pH entre tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,00000253094	5	5,06189E-07	0,37	0,8710

Residuos	0,000884603	642	0,00000137789
Total (Corr.)	0,000887134	647	

**Anexo I.** Análisis de varianza temperatura en la mañana, tarde y noche.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,0395833	5	0,00791667	1,19	0,3159
Residuos	1,39875	210	0,00666071		
Total (Corr.)	1,43833	215			

**Anexo J.** Prueba de Tukey entre mañana, tarde y noche para temperatura.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos homogéneos
1	215	0,0330025	X
2	216	0,0330176	X
3	217	0,0330487	X

**Anexo K.** Análisis de varianza para oxígeno disuelto entre tratamientos.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,000163185	2	0,0000815927	0,75	0,4725
Residuos	0,0701104	645	0,000108698		
Total (Corr.)	0,0702736	647			



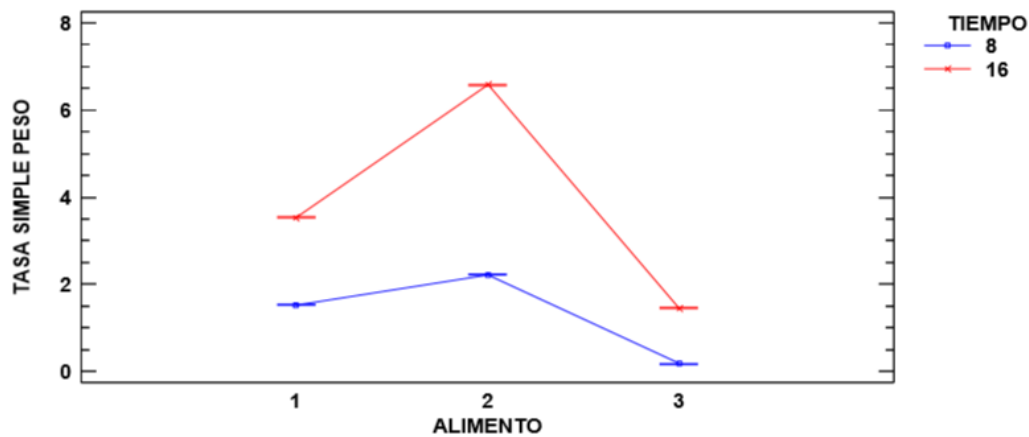
**Anexo L.** Análisis estadístico de peso inicial.

<b>Media</b>	0,017
<b>Desviación estándar</b>	0,001
<b>Coefficiente de variación</b>	0,011

**Anexo M.** Análisis estadístico de talla inicial.

<b>Media</b>	0,4033
<b>Desviación estándar</b>	0,01328
<b>Coefficiente de variación</b>	0,032

**Anexo N.** Interacción entre factor uno y dos (Tukey, 95% confianza)



**Anexo O.** Cronograma de actividades

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	AÑO: 2015								
		PERÍODO DE TIEMPO - MESES								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Reproducción de padrotes de los peces ornamentales del CEA	X								
2	Manejo de alevinos de ornamentales		X	X	X	X				
3	Toma de datos		X	X	X	X				
4	Cálculo de costos				X	X	X	X		
5	Procesamiento de datos				X	X	X	X		
6	Finalización elaboración tesis de grado								X	X

**Anexo P.** Presupuesto

Presupuesto global del proyecto

RUBROS	FUENTES		VALOR TOTAL
	CORPOAMAZONÍA	RECURSOS PROPIOS	
PERSONAL	2.800.000		2.800.000
ESPECIES VIVAS	90.000		90.000
ADECUACIÓN LABORATORIO	500.000		500.000
EQUIPOS	945.000		945.000
ALIMENTOS - MEDICAMENTOS - DESINFECTANTES	586.200		586.200

PAPELERIA Y OFICINA	2.980.000	2.980.000
<b>TOTAL</b>	<b>7.901.200</b>	<b>0 7.901.200</b>

Descripción de los gastos en personal.

PERSONAL	Función dentro del proyecto	DEDICACIÓN Horas / Semana	FUENTES		VALOR TOTAL
			CORPOAMAZONÍA	RECURSOS PROPIOS	
Investigador James N. Díaz Cerón	Tesista	10	2.800.000		2.800.000
<b>TOTAL</b>			<b>2.800.000</b>	<b>0</b>	<b>2.800.000</b>

Descripción de los gastos en especies vivas.

ESPECIES VIVAS	CANTIDAD	JUSTIFICACIÓN	FUENTES		VALOR TOTAL
			CORPOAMAZONÍA	RECURSOS PROPIOS	
Alevinos de escalar (Pterophyllum scalare - Schultze, 1823)	180	Valor alevinos	90.000		90.000
<b>TOTAL</b>			<b>90.000</b>	<b>0</b>	<b>90.000</b>

Descripción de los gastos en laboratorio.

LABORATORIO	CANTIDAD	JUSTIFICACION	FUENTES		VALOR TOTAL
			CORPOAMAZONÍA	RECURSOS PROPIOS	
Adecuación laboratorio de peces ornamentales	Global	Sitio idóneo para el manejo de especies		500.000	500.000
<b>TOTAL</b>			<b>0</b>	<b>500.000</b>	<b>500.000</b>

D. Descripción de los gastos en equipos.

EQUIPOS	CANTIDAD	JUSTIFICACION	FUENTES		VALOR TOTAL
			CORPOAMAZONÍA	RECURSOS PROPIOS	
Andamio metálico	1	Estructura para colocar las peceras	300.000		300.000
Peceras	6	Donde se alojara los peces	300.000		300.000
Aireadores	3	Proveen de oxígeno a las peceras	54.000		54.000
Filtros de espuma para pecera	6	Purifican y disipan el oxígeno en la pecera	150.000		150.000
Termostatos de 50 Wats	6	Mantienen el agua en un temperatura idónea	111.000		111.000
Bombas de limpieza para acuario	2	Son para el aseo de los acuarios	10.000		10.000
Manguera acuario		Conducen el oxígeno desde el aireador	20.000		20.000
	<b>TOTAL</b>		<b>945.000</b>		<b>945.000</b>

E. Descripción de los gastos en alimentos, medicamentos y desinfectantes.

ALIMENTOS - MEDICAMENTOS - DESINFECTANTES	CANTIDAD	JUSTIFICACION	FUENTES		VALOR TOTAL
			CORPOAMAZONÍA	RECURSOS PROPIOS	
Tetra Color	4	Alimento para los peces	147.200		147.200
Artemia salina	1 Tarro	Alimento para los peces	325.000		325.000
Concentrado al 43% de proteína	2	Alimento para los peces	90.000		90.000
Sal marina	1	Descapsulación artemia, desinfectante y	14.000		14.000

medicamento

Cloro	1 galones	Desinfectante	10.000		10.000
<b>TOTAL</b>			<b>586.200</b>	<b>0</b>	<b>586.200</b>

F. Descripción de los gastos en papelería y oficina.

PAPELERÍA Y OFICINA	FUENTES		VALOR TOTAL
	CORPOAMAZONÍA	RECURSOS PROPIOS	
Computador		1.800.000	1.800.000
Impresora		500.000	500.000
Cámara fotográfica		550.000	550.000
Papel bond		40.000	40.000
Tablero acrílico		65.000	65.000
Marcadores borrables		25.000	25.000
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>2.980.000</b>	<b>2.980.000</b>