

**EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE ALIMENTO: CONCENTRADO COMERCIAL  
CON 32 % DE PROTEÍNA Vs. SPIRULINA (*Spirulina platensis*) Y ARTEMIA  
(*Artemia franciscana*) COMO DIETA DE POSTLARVAS DE SÁBALO  
AMAZÓNICO (*Brycon melanopterus*) COPE 1872.**

**ALFONSO HERNANDO ACOSTA MUÑOZ  
CÉSAR LISANDRO ORTEGA MONTENEGRO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO, COLOMBIA  
2007**

**EVALUACIÓN DE TRES TIPOS DE ALIMENTO: CONCENTRADO COMERCIAL  
CON 32 % DE PROTEÍNA Vs. SPIRULINA (*Spirulina platensis*) Y ARTEMIA  
(*Artemia franciscana*) COMO DIETA DE POSTLARVAS DE SÁBALO  
AMAZÓNICO (*Brycon melanopterus*) COPE 1872.**

**ALFONSO HERNANDO ACOSTA MUÑOZ  
CÉSAR LISANDRO ORTEGA MONTENEGRO**

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

**Presidente:  
JORGE NELSON LÓPEZ MACIAS  
M.V.Z. , Esp. , M.Sc. , Ph.D (C).**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCION ACUÍCOLA  
PASTO, COLOMBIA  
2007**

**“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son responsabilidad exclusiva de su autor”**

**Artículo 1ero del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

JORGE NELSON LOPEZ MACIAS  
Presidente de Tesis

---

SANDRA ESPINOSA NARVAEZ  
Jurado Delegado

---

WILMER RENE SANGUINO  
Jurado

**San Juan de Pasto 17 de octubre de 2007.**

**DEDICO A:**

A DIOS, por cada uno de los momentos de mi vida, por darme este regalo que alegra mi alma, a mis padres: Alfonso y Maria Mercedes por todo su amor, cariño, dedicación y paciencia que siempre han tenido para mí en el transcurso de los años, a mis hermanos Ginna y Galo por compartir parte de su vida conmigo. A la familia Narváez Muñoz por su apoyo incondicional y adoptarme como un hijo mas de su familia, A Nasly, por enseñarme a ser una mejor persona, por brindarme tantos momentos felices, a todos mis compañeros de clase por brindarme su amistad.

**ALFONSO HERNANDO ACOSTA MUÑOZ.**

**DEDICO A:**

A una persona que incondicionalmente fue mi ejemplo de vida y mi apoyo durante toda este tiempo, a ella le dedico este trabajo de grado porque fue la motivación de verla llevado a cabo, pero que por un motivo no esta presente. Donde tú estés siempre te llevare en mi corazón yanith.

De igual manera a mi padre, hermano, tías y amigos que me ayudaron y colaboraron siendo un apoyo en la realización de este trabajo.

**CESAR LISANDRO ORTEGA MONTENEGRO.**

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan agradecimientos a:

JORGE NELSON LÓPEZ MACIAS	Profesor titular. Facultad de Ciencias Pecuarias Universidad de Nariño. Director del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola.
SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ	Tec. Química., Ing. en Producción Acuícola.
WILMER RENÉ SANGUINO	Ingeniero en Producción Acuícola
MARCO ANTONIO IMUEZ FIGUEROA	Profesor asistente, Facultad Ciencias Pecuarias Universidad de Nariño
LEONEL CEBALLOS RUIZ	Director Regional Putumayo CORPOAMAZONIA. Zoot., Especialista
ÁLVARO BURGOS ARCOS	Profesor asistente, Facultad Ciencias Pecuarias Universidad de Nariño
JORGE BENAVIDES CACERES	Ingeniero en Producción Acuícola
MÓNICA BOTERO AGUIRRE	Zoot., Dr. Biol. Mar. Acuic. Profesora Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Antioquia
JAIME GONZÁLES	Tec. Acuícola. CEA

A la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía, CORPOAMAZONIA y el personal que labora en la estación de investigación piscícola Centro Experimental Amazónico CEA, a nuestros compañeros de clase por brindarnos su amistad y conocimiento.

Y a todas las personas que en una u otra forma contribuyeron al desarrollo exitoso de esta investigación.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	25
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	27
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	28
3. OBJETIVOS	29
3.1 OBJETIVO GENERAL	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4. MARCO TEÓRICO	30
4.1 GENERALIDADES	30
4.2 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE	30
4.2.1 Clasificación taxonómica	30
4.2.2 Características morfológicas	31
4.2.3 Características fisiológicas	32
4.2.4 Hábitat alimenticio	33
4.2.5 Distribución	33
4.3 FISIOLOGÍA REPRODUCTIVA	34
4.3.1 Sistema reproductor en peces	34
4.4 BIOPSIA OVÁRICA	34
4.5 NEUROENDOCRINOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN	35
4.6 DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ SEGÚN LA POSICIÓN DEL NÚCLEO	36



	<b>Pág.</b>
4.7 DESOVE, DESARROLLO EMBRIONARIO E INCUBACIÓN DE LOS HUEVOS	37
4.7.1 Incubación de los huevos	38
4.7.2 Desarrollo de las larvas de peces	38
4.7.3 Larvicultura	41
4.7.4 Características de las larvas recién eclosionadas	41
4.7.5 Actividad enzimática de las postlarvas	42
4.8 ALIMENTACIÓN NATURAL DE LOS PECES	42
4.8.1 Búsqueda de alimento	43
4.8.2 Actividad de las Feromonas	43
4.8.3 Estímulo	44
4.8.4 Riesgo de depredación	44
4.8.5 Jerarquización	44
4.8.6 Canibalismo	45
4.8.7 Localización del alimento	47
4.8.8 Horario alimentación	47
4.8.9 Captura de alimento	48
4.8.10 Consumo y rechazo	48
4.8.11 Eficiencia alimenticia	48
4.9 CARACTERÍSTICAS DE LAS DIETAS EVALUADAS	49
4.9.1 Alimentación artificial de los organismos hidrobiológicos	49
4.9.1.1 Cantidades de nutrientes que deben contener las dietas artificiales para peces	49

	<b>Pág.</b>
4.9.2 Microalga spirulina platensis	50
4.9.2.1 Clasificación taxonómica	50
4.9.2.2 Características nutricionales	52
4.9.3 Artemia ( <i>Artemia franciscana</i> ) Kellog 1906	52
4.9.3.1 Clasificación taxonómica	53
4.9.3.2 Ecología	53
4.9.3.3 Descripción	53
4.9.3.4 Parámetros ambientales que influyen en la producción de Artemia	55
4.10 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	56
4.10.1 Temperatura	56
4.10.2 Oxígeno	56
4.10.3 pH	56
4.10.4 Dióxido de carbono	56
4.10.5 Amonio	57
4.10.6 Nitritos	57
4.10.7 Alcalinidad	57
4.10.8 Dureza	57
5. DISEÑO METODOLÓGICO	58
5.1 LOCALIZACIÓN	58
5.2 PERIODO DE ESTUDIO	58
5.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS	59

	<b>Pág.</b>
5.3.1 Materiales, insumos y equipos	61
5.4 PLAN DE MANEJO	62
5.4.1 Adecuación de instalaciones	62
5.4.2 Material biológico	62
5.4.3 Reproducción	62
5.4.3.1 Evaluación de reproductores	62
5.4.3.2 Manejo de los reproductores	63
5.4.3.3 Biopsia ovárica	64
5.4.3.4 Pesaje	64
5.4.3.5 Aplicación de las dosis hormonales	64
5.4.3.6 Desove	65
5.4.3.7 Conteo	65
5.4.3.8 Extracción de fluido seminal	65
5.4.3.9 Fertilización	65
5.4.3.10 Incubación	65
5.5 DIETAS EVALUADAS	66
5.5.1 Balanceado comercial	66
5.5.2 Preparación de spirulina ( <i>S. platensis</i> )	66
5.5.2.1 Conteo de algas	67
5.5.3 Preparación de <i>Artemia franciscana</i>	67
5.5.3.1 Conteo de la artemia	68
5.5.4 Técnica para la recolección y análisis de la información	69

	<b>Pág.</b>
5.6 TRATAMIENTOS	69
5.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	70
5.8 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	71
5.9 VARIABLES A EVALUAR	71
5.9.1 Supervivencia	71
5.9.2 Ganancia de Peso	72
5.9.3 Incremento de Longitud	72
5.9.4 Relación Beneficio Costo	72
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
6.1 ADMINISTRACIÓN Y DOSIFICACION DE LAS HORMONAS	73
6.2 OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS OOCITOS EXTRAÍDOS	74
6.2.1 Fertilización	74
6.2.2 Tiempo de incubación	75
6.3 EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y CONDUCTA LARVARIA	76
6.3.1 Larva de 2 horas posteclosión (hpe)	76
6.3.2 Conducta	78
6.4 VARIABLES EVALUADAS	79
6.4.1 Supervivencia del sábalo amazónico	79
6.4.2 Incremento de peso	80
6.4.3 Incremento de longitud	82
6.5 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS EVALUADAS	83
6.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA	84

	<b>Pág.</b>
6.6.1 Temperatura	84
6.6.2 Oxígeno disuelto	85
6.6.3 Potencial de Hidrogenación (pH)	86
6.6.4 Dióxido de carbono	87
6.6.5 Amonio	87
6.6.6 Alcalinidad y Dureza	88
6.7 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS	88
6.7.1 Determinación de la relación beneficio costo	88
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
7.1 CONCLUSIONES	91
7.2 RECOMENDACIONES	92
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
ANEXOS	97

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Especies con potencialidad en la piscicultura que presentan comportamiento caníbal	45
Tabla 2. Criterios de clasificación del canibalismo	46
Tabla 3. Especies conocidas del género Spirulina	51
Tabla 4. Especies conocidas del género artemia	55
Tabla 5. Dosificación de extracto de pituitaria de Carpa (EPC) aplicada a hembras reproductoras ( ) de sábalo amazónico. ( <i>B. melanopterus</i> )	73
Tabla 6. Dosificación de Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) aplicada a machos reproductores ( ) de sábalo amazónico. ( <i>B. melanopterus</i> )	73
Tabla 7. Desempeño reproductivo comparativo de dos hembras de <i>Brycon melanópterus</i>	75
Tabla 8. Peso inicial y final de los tres tratamientos	81
Tabla 9. Longitud inicial y final de los tres tratamientos	92
Tabla 10. Parámetros físico-químicos promedio de los tratamientos durante 15 días de estudio	84
Tabla 11. Análisis parcial de costos de la producción de postlarvas ( <i>B. melanopterus</i> ), alimentadas con concentrado comercial, spirulina y artemia	88
Tabla 12. Costos e ingresos de producción durante el período experimental	89
Tabla 13. Discriminación porcentual de los costos de producción para cada tratamiento durante 15 días	90

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Sábalo amazónico ( <i>Brycon melanopterus</i> ).	31
Figura 2. Características morfológicas del sábalo amazónico.	32
Figura 3. Acción de las glándulas endocrinas	36
Figura 4. Presentación esquemática de la posición del núcleo en los oocitos.	37
Figura 5. Fases del desarrollo embrionario.	39
Figura 6. Desarrollo de las larvas de peces.	40
Figura 7. Spirulina ( <i>Spirulina platensis</i> ).	51
Figura 8. Nauplio de artemia ( <i>Artemia franciscana</i> )	54
Figura 9. Estación piscícola Centro Experimental Amazónico (CEA).	58
Figura 10. Instalaciones externas de la estación piscícola.	59
Figura 11. Instalaciones internas de la sala de manejo.	60
Figura 12. Equipo de laboratorio	60
Figura 13. Acuario utilizado como unidad experimental.	61
Figura 14. Evaluación de reproductores RM: macho, RH: hembra	63
Figura 15. Efecto del sulfato de quinaldina	63
Figura 16. Canulación	64
Figura 17. Aplicación de la hormona vía intraperitoneal	65
Figura 18. Células sexuales A: Oocitos B: líquido seminal.	66

Figura 19.	C: Fecundación de oocitos de sábalo D: Incubación	<b>Pág.</b>
Figura 20.	Cámara de Newbauer	66
Figura 21.	Descapsulación de cistos de artemia.	67
Figura 22.	Desarrollo morfológico de artemia ( <i>A. Franciscana</i> ).	68
Figura 23.	Presentación física de los tratamientos T0: (C.C), T1: (C.S), T2: (N.A).	68
Figura 24.	Acuarios y distribución de los tratamientos.	69
Figura 25.	Observación de oocitos extraídos.	70
Figura 26.	Fertilización A: Huevos traslúcidos viables, B: huevos blancos inviables	74
Figura 27.	Larva de Sábalo ( <i>B. melanopterus</i> ) 2 (hpe).	75
Figura 28.	Larva de Sábalo ( <i>B. melanopterus</i> ) 18 (hpe).	76
Figura 29.	Presencia de spirulina en el tracto digestivo 48 (hpe)	77
Figura 30.	Porcentaje de sobrevivencia de sábalo amazónico ( <i>B. melanopterus</i> ) en los distintos tratamientos.	77
Figura 31.	Incremento promedio de peso (mg) de sábalo amazónico ( <i>B. melanopterus</i> ) durante el periodo experimental.	80
Figura 32.	Incremento de longitud (mm) promedio de sábalo amazónico ( <i>B. melanopterus</i> ) en los distintos tratamientos.	82
Figura 33.	Registro térmico de los diferentes tratamientos durante el periodo experimental.	83
Figura 34.	Monitoreo de oxígeno disuelto de los diferentes tratamientos durante el periodo experimental	85
		86



Figura 35. Registro potencial de hidrogeno (pH) de los diferentes tratamientos durante el periodo experimental.	<b>Pág.</b>
Figura 36. Registro de CO <sub>2</sub> de los diferentes tratamientos	86
Figura 37. Relación beneficio – costo en los distintos tratamientos.	87
	89

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Análisis bromatológico del tratamiento T0 balanceado comercial	98
Anexo B. Análisis bromatológico del tratamiento T1 <i>spirulina (S. platensis)</i>	99
Anexo C. Análisis bromatológico del tratamiento T2 nauplios de artemia ( <i>A. franciscana</i> )	100
Anexo D. Resumen Estadístico para la variable sobrevivencia Brand y Snedecor	101
Anexo E. Análisis de varianza peso inicial mg	102
Anexo F. Análisis de varianza para incremento de peso mg	103
Anexo G. Prueba de Tukey para el incremento de peso	104
Anexo H. Análisis de varianza de longitud inicial mm	105
Anexo I. Análisis de varianza para incremento de longitud mm	106
Anexo J. Prueba de Tukey para el incremento de longitud	107
Anexo K. Análisis de varianza para los parámetros físico – químicos	108
Anexo L. Datos de registro de postlarvas de ( <i>Brycon melanopterus</i> )	109

## GLOSARIO

***Brycon melanopterus***: Especie íctica nativa de la cuenca amazónica de alto potencial fisiológico para acuicultura continental

**ESPECIE NATIVA**: Organismo específico de un lugar, región o país también denominada autóctona

**ABSORCIÓN**: Actividad fisiológica que consiste en el paso de sustancias a través del epitelio simple cilíndrico del tracto gastrointestinal

**PROTEÍNA**: Cadena de aminoácidos, denominados polipéptidos

**BALANCEADO**: Mezcla de ingredientes animales y vegetales que aportan la cantidad de nutrientes biodisponibles necesarios para cubrir el requerimiento del metabolismo de un animal, en función de su etapa fisiológica, edad, peso, sexo y estado de salud

**SPIRULINA**: Microalga perteneciente al grupo *Cyanobacterium*, en forma de espiral, fotoautótrofa y agrupada de manera filamentosa

**ARTEMIA**: Microcrustáceo en estado quístico, que vive en las aguas salobres e hipersalinas no oceánicas de todo el mundo

**OOCITO**: Célula germinal de la gónada de la hembra

**LIQUIDO SEMINAL**: Secreción constituida por espermatozoides y sustancias nutritivas producida por animales machos

**LARVA**: Embrión libre de corión, el cual depende exclusivamente de la reserva vitelina para su crecimiento y desarrollo

**ECLOSIÓN**: Salida de una larva al medio acuático, mediante el rompimiento del corión del huevo

**POSTLARVA**: Ejemplar que ha reabsorbido el saco vitelino y abierto su boca, capaz de nutrirse por sí mismo, pero aún no ha adquirido la forma y la organización propia de los adultos de su especie

**ETOLOGÍA**: Ciencia de la biología que estudia el comportamiento y las características distintivas de un grupo determinado de animales y de cómo estas evolucionan para la supervivencia de los mismos.

**FOTOTACTISMO:** Movimiento positivo o negativo realizado por ciertos organismos animales acuáticos en respuesta a un estímulo luminoso.

**CANIBALISMO:** Es el acto o práctica de alimentarse de miembros de su propia especie

**DEPREDACION:** Es la relación interespecífica que consiste en la caza y muerte que sufren determinados individuos de algunas especies, por parte de otros.

## RESUMEN

La investigación se realizó en el laboratorio de alimentación del Centro Experimental Amazónico (CEA), de Corpoamazonia, ubicado en el municipio de Mocoa. En la investigación se evaluaron 3,600 postlarvas con un peso inicial promedio de  $1,6 \pm 0,48$  mg y una longitud total promedio de  $5,3 \pm 0,10$  mm y edad de tres días, obtenidas por reproducción inducida en la misma estación.

Las postlarvas fueron confinadas en acuarios de 0,60 m de largo, 0,25 m de ancho y de 0,3 m de altura, con una densidad de 20 pl/L, donde se evaluó el efecto sobre el crecimiento y sobrevivencia al suministrar un balanceado comercial con 32% de proteína, alga spirulina y el microcrustáceo artemia como monodietas de primera alimentación, distribuidas en un Diseño Completamente al Azar conformado por tres tratamientos y tres réplicas, de la siguiente manera

T0: Constituido por alimento balanceado comercial con 32 % de proteína, suministrado en proporción del 15% de la biomasa para un total de 0,24 mg/pl.

T1: Conformado por células de spirulina (*S. platensis*) distribuído a razón de 4.000 a 5.000 cél/pL.

T2: Representado por nauplios de artemia (*A. franciscana*), suministrados en proporción de diez nauplios por postlarva.

El alimento se distribuyó cinco veces al día, en un periodo de 15 días, donde se evaluaron las variables sobrevivencia, incremento de peso, incremento de longitud, tasa de crecimiento simple y relación beneficio costo para determinar la viabilidad de los tratamientos.

En la variable sobrevivencia se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos según el análisis de Brand y Snedecor con un (99%) de confiabilidad. El mejor resultado se registró en el tratamiento T2 con 48% de sobrevivencia con relación a los tratamientos T0 y T1 con 13% y 22% respectivamente.

Al realizar un análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) se registró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos para la variable incremento de peso. Al efectuar la prueba de Tukey el mejor resultado se presentó en el T2 con 5,4 mg con respecto al T0 y T1 con 2,6 y 3,2 mg respectivamente

El incremento de longitud, según el análisis de varianza ( $p \leq 0,05$ ), reportó diferencia estadísticas altamente significativas entre los tratamientos y de acuerdo

a la prueba de Tukey el T2 registró el mejor resultado con 8,5 mm, en comparación con el T0 y T1 con 4,9 y 5,1 mm cada uno.

La relación beneficio costo de T0 fue de 0,39, T1, 0.59 y el T2 de 1,36, lo que significa que T0 y T1 no son económicamente viables. El mejor tratamiento desde el punto de vista económico fue el T2, debido a la mayor sobrevivencia y mejores incrementos de peso.

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

## ABSTRACT

This work was carried out at Corpoamazonia in the Amazonian Experimental Center (CEA) feed processing lab, located in Mocoa city – Putumayo Department. In this research 3.600 postlarva, obtained with induced reproduction at the station, were evaluated with an average starting weight of  $1,6 \pm 0,48\text{mg}$  and an total average length of  $5,3 \pm 0,10\text{mm}$ , and an age of three days.

With a density of 20pl/L, the postlarva were confined in aquariums of 0,60 meters length, 0,25 meters width and 0,3 meters height where the survival and growth effect were evaluated with a balanced commercial feed with 32% of protein, spirulin algae and the nauplios of artemia as singular diets of first food doses distributed in a random design including three treatments and three repetitions described as follows:

T0: Supply of balanced commercial food with 32% of protein in an amount of given in proportion of 15% of the biomass for a total of 0,24 mg/pl.

T1: Distribution of spirulin cells (*S. platensis*) at a rate of 4.000 to 5.000 cells/pL.

T2: It is represented by nauplios of artemia (*A. franciscana*), supplied at a rate of 10 nauplios per postlarva.

The amount of feed was distributed to be supplied 5 times a day during 15 days, where the variables of survival, weight increase, length increase, simple growth rate and the cost - benefit relation were evaluated to determine treatments' viability.

According to the analysis of Brand and Snedecor with a 99% of reliability, highly significant statistical differences were found in survival variable among treatments. T2 registered the best result in relation to T0 and T1 with 13% and 22% respectively.

According to the variation analysis among treatments ( $p < 0,05$ ), weight variable registered highly significant statistical differences. In the application of the Tukey test, T2 showed the best results with 5,4/mg compared to T0 and T1 with 2,6mg and 3,2mg respectively.

Length increase, according to the variation analysis ( $p < 0,05$ ), reported highly significant statistical differences among treatments. T2 registered the best result with 8,5mm in contrast to T0 with 4,9 and T1 with 5,1mm in the Tukey's test.

The cost - benefit relation for T0 was 0,39, T1 0,59 and T2 1,36. Which means that T0 and T1 are not economically viable. On the other hand, T2 demonstrates being more economic because better survival, weight increase and simple growth rate results were observed in this treatment.

The results obtained through this research show up that inclusion of nauplios is a technological alternative to reproduction of fingerlings of sábalo because it improves productive and economical index of this specie during the postlarva stage.



## INTRODUCCIÓN

Colombia es el país con más biodiversidad del mundo en proporción a su área. La región amazónica se caracteriza por su potencial hidrobiológico y muchas de las especies podrían presentar un considerable potencial acuícola. Cerca de 40 especies del género *Brycon*<sup>1</sup>, poseen condiciones favorables para su explotación en piscicultura continental. Observaciones previas realizadas en el Centro Experimental Amazónico (CEA) han establecido que el sábalo amazónico es una excelente alternativa para la piscicultura extensiva e intensiva de las especies nativas por su rápido crecimiento, hábito alimenticio de tipo omnívoro y adecuadas características reproductivas.

Sin embargo, uno de los limitantes de la acuicultura mundial es el levante de postlarvas debido a la inmadurez del tracto digestivo que se presenta en especies que se caracterizan por la estrategia reproductiva de producir muchos oocitos de tamaño pequeño y escasas reservas vitelinas como ocurre en especies ícticas nativas continentales y marinas. La solución a esta problemática es suministrarles a los ejemplares en los primeros estadios de desarrollo, específicamente, en las horas iniciales después de la reabsorción del saco vitelino alimento vivo que proporcione no sólo todos los nutrientes, sino también las enzimas necesarias que faciliten el desdoblamiento y absorción de los nutrientes para los procesos de remodelación, acumulación de tejidos, formación y estimulación de células defensivas que los protejan contra las enfermedades y mejoren la sobrevivencia.

Las postlarvas de sábalo amazónico (*B. melapterus*), dependen de alimento vivo en las primeras etapas de desarrollo, lo que ha implicado dificultad para su levante en cautiverio, debido al desconocimiento tecnológico para cultivar en laboratorio cepas específicas de fitoplancton y zooplancton, lo cual se refleja en altas tasas de mortalidad durante la larvicultura. Por tanto, una de las alternativas para incentivar la explotación de esta especie íctica es la producción masiva de organismos fitoplanctónicos y zooplanctónicos de alto valor nutritivo con características de tamaño y palatabilidad que estimulen el consumo por parte de las postlarvas, que incremente los niveles de supervivencia y faciliten los sistemas de explotación semintensiva e intensiva del sábalo amazónico.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación evaluó la respuesta comparativa de postlarvas de sábalo amazónico con relación al crecimiento y

---

<sup>1</sup> LIMA, Flavio y FROESE, Rainer. Catalog of fishes. Eschmeyer. California. Academy of sciences. FISHBASE: *Brycon melanopterus*, (online) (Citado el 5 Febrero, 2006). Disponible en Internet, URL: [www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm](http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm).

sobrevivencia al consumir concentrado comercial, spirulina (*Spirulina platensis*), y artemia (*Artemia franciscana*) desarrollado en el Centro Experimental Amazónico CEA.

## 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Las publicaciones hasta el momento, sobre el sábalo amazónico (*B. melanopterus*) se han limitado a estudios fisiológicos, reproductivos y alimenticios mediante muestreos realizados en diferentes regímenes climáticos tendientes a resolver discusiones taxonómicas, estandarización de hormona en la reproducción y inclusión de estimulantes en el alimento, pero no se han desarrollado estudios con el propósito de establecer el manejo alimentario de las postlarvas y la respuesta a diferentes tipos de dietas con el fin de establecer un paquete tecnológico tendiente a producir de manera permanente alevinos para promocionar y difundir el cultivo y explotación de esta especie íctica con fines acuícolas a nivel semiintensivo e intensivo para generar ingresos económicos, y como alternativa económica viable para sustituir cultivos ilícitos que están destruyendo los montes de niebla, y afectando el frágil equilibrio de la región amazónica; y también, para fortalecer los programas de bioconservación y preservación destinados a la repoblación de cuerpos de agua naturales debido a la vulnerabilidad de este recurso íctico nativo causado por la deforestación, contaminación y sobrepesca, ejercida en toda la cuenca del Orinoco y del Amazonas.

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se desconoce el efecto de la utilización del concentrado comercial con 32 % de proteína, la spirulina (*Spirulina platensis*) y la artemia (*Artemia franciscana*) como monodietas utilizadas en la primera alimentación sobre el incremento de crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de sábalo amazónico (*B. melanopterus*) en condiciones de laboratorio.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar comparativamente un concentrado comercial con 32% de proteína, versus spirulina (*Spirulina platensis*) y artemia (*Artemia franciscana*) en la alimentación de postlarvas de sábalo amazónico (*B. melanopterus*).

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer el porcentaje de sobrevivencia en cada uno de los tratamientos experimentales.
- Calcular los incrementos periódicos de peso y longitud en los distintos tratamientos.
- Calcular la relación beneficio costo de los diferentes tratamientos.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 GENERALIDADES

Según Castro<sup>2</sup> el sábalo es una especie promisoría para la acuicultura, por su crecimiento rápido, buena resistencia al manejo por sus hábitos omnívoros y demanda en el mercado. Es rústico y se adapta fácilmente hasta el punto de alcanzar un grado de madurez avanzado en condiciones de cautiverio. La especie se distribuye en toda la columna de agua, aprovechando el alimento tanto en la superficie como en la zona bentónica. Argumedo y Rojas<sup>3</sup>, describen que en el medio natural el sábalo es un pez adaptado a ambientes acuáticos corrientes (Lóticos), por lo cual, su cuerpo tiene forma hidrodinámica que le permite remontar y saltar con facilidad, el mismo autor sostiene que esta especie es adaptable a policultivos con especies como bocachico (*Prochilodus nigricans*), cachama (*Piaractus brachypomus*), y tilapia roja (*Oreochromis sp*), siendo el sábalo la especie principal. Esta especie, al igual que las otras que conforman el género *Brycon*, es considerada de mucha importancia económica en la amazonia, y su carne es aprovechada por las comunidades indígenas y colonos.

### 4.2 BIOLOGÍA DE LA ESPECIE

**4.2.1 Clasificación taxonómica.** Según Lima y Froese la clasificación taxonómica del sábalo (*Brycon melanopterus*) Cope 1872 (Figura 1) es<sup>4</sup>:

Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Gnathostomata
Clase:	Osteichthyes, Actinopterygios
Orden:	Characiformes
Familia:	Characidae
Subfamilia:	Bryconidae

---

<sup>2</sup> CASTRO, Darío. Peces del Río Putumayo. Mocoa, Putumayo, Colombia: Corporación autónoma regional del Putumayo. 1994. p. 46.

<sup>3</sup> ARGUMEDO, Eric, y ROJAS, Héctor. Manual de piscicultura con especies nativas. Florencia, Colombia: Asociación de Acuicultores del Caquetá. (ACUICA), 2000. p. 60.

<sup>4</sup> LIMA y FROESE, Op. cit., p. 1.

Género: Brycon  
Nombre Científico: Brycon melanopterus  
Nombre Vernácula: Sábalo Amazónico (Colombia), cola negra (Perú).

**Figura 1. Sábalo Amazónico *Brycon melanopterus*.**



**4.2.2 Características morfológicas.** Zuluága y Correa citados por Girón<sup>5</sup>, mencionan que el sábalo presenta un cuerpo elongado y alto medianamente comprimido. Sus escamas son de tipo ctenoideas, de cabeza corta, con perfil cóncavo, ojos pequeños, boca pequeña terminal, dos series de dientes mandibulares; en la primera serie son policúspides incisivos; en la segunda serie, estos últimos, seguidos por unos caninos diminutos; premaxilares con tres series de dientes: incisivos en la primera serie y policúspides en las dos series internas; maxilar con dos series de dientes cónicos diminutos y perceptibles al tacto. Tres líneas de escamas sobre la base de la aleta anal.

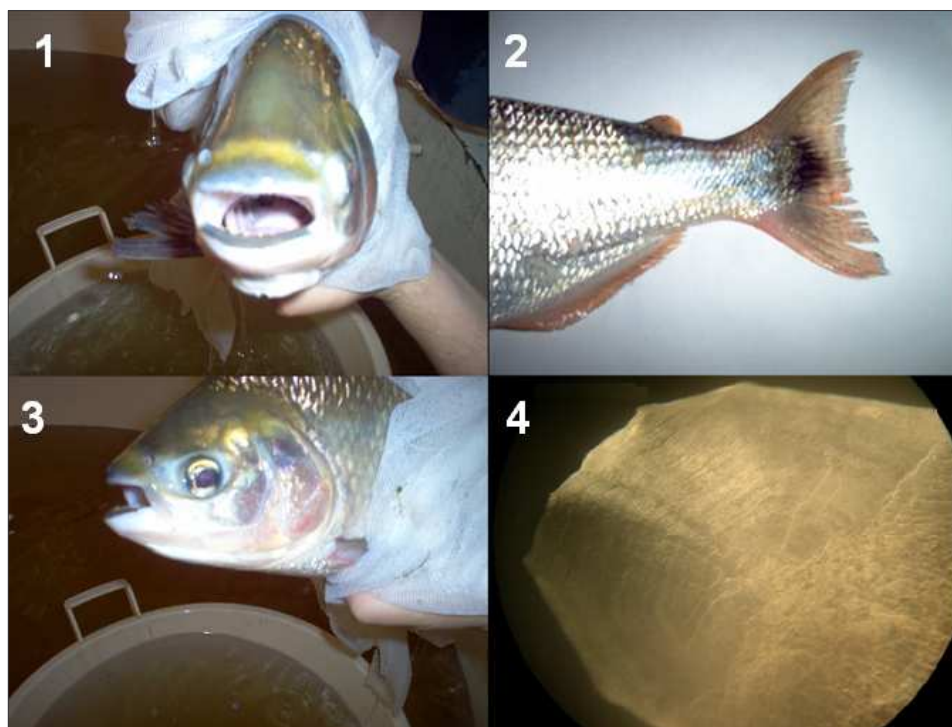
Girón<sup>6</sup>, describe que esta especie se caracteriza por presentar de 10 a 11 radios cartilagosos blandos en la aleta dorsal, 15 a 16 radios blandos en la aleta pectoral, 8 radios blandos en la aleta pélvica, de 23 a 27 radios blandos en la aleta anal y 23 a 24 radios blandos en la aleta caudal. Su cuerpo exhibe en el dorso una coloración verde olivo desvaneciente hasta la línea lateral, color plateada en sus costados y blanca en la parte ventral del animal, y sus aletas son oscuras; la línea lateral se inicia en la parte media del opérculo y desciende posteriormente, tiene 64 a 67 escamas, 14 escamas arriba de la línea lateral y 12 debajo de la misma.

<sup>5</sup> GIRÓN, Herien y CEBALLOS, Leonel. Experiencias en reproducción inducida de especies ícticas nativas promisorias (*Prochilodus nigricans*, *Brycon melanopterus* y *Schizodo fasciatus*) en el Centro Experimental Amazónico CEA. Mocoa, Putumayo, Colombia: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia (CORPOAMAZONIA), 2000. p. 11.

<sup>6</sup> *Ibíd.*, p. 11.

La longitud de la cabeza se encuentra en proporción de 1:5 respecto a la longitud estándar, su profundidad está en proporción de 1 a 3,5 con relación a la longitud estándar. Su coloración en general es plateada, con dorso oscuro, presenta una banda ancha sobre la base de la aleta anal (no sobre los radios), punto negro difuso sobre el pedúnculo caudal, mancha negra humeral, aleta caudal negra con los radios mas externos rojizos, aleta pélvica y pectorales rojizas, aleta dorsal amarillenta (Figura 2).

**Figura 2. Características morfológicas del Sábalo Amazónico.**



1. Dientes incisivos 2. Aleta caudal dificerca 3. Cabeza cóncava 4. Escama ctenoidea.

Fuente: Esta investigación.

**4.2.3 Características fisiológicas.** Muñoz y Pineda citados por Girón<sup>7</sup>, afirman que las vísceras y el hígado de la especie, representan aproximadamente entre el 14 % y 18 % del peso total en ejemplares adultos. El estómago por su parte representa el 0,3 % del peso total, Adicionalmente, sostienen que en aspectos de tipo reproductivo, las gónadas representan en promedio el 0,2 % en estadio II y III

---

<sup>7</sup> *Ibíd.*, p. 6.



con respecto al peso total de los individuos. Argumedo y Rojas<sup>8</sup>, afirman que está especie logra alcanzar la madurez sexual a los dos años de edad, con un peso promedio de 1,0 kg y puede producir un promedio de 208.500 oocitos, con un máximo de 286.500 y mínimo de 120.000 por kg de peso.

Sanguino<sup>9</sup> quien evaluó la producción de semen en machos de sábalo (*B. melanopterus*) utilizando diferentes dosis de gonadotropina coriónica humana, recomienda para esta especie una cantidad de 300 UI, por obtener mayor producción de semen en cc /kg.

**4.2.4 Hábitat alimenticio.** Salcedo<sup>10</sup>, afirma que en las etapas iniciales de esta especie presenta hábitos alimenticios omnívoros prevaleciendo los frutos, semillas y larvas de mosquitos. Estudios realizados por Palacios<sup>11</sup>, demostraron que el contenido estomacal de postlarvas cultivadas en estanques excavados en tierra a partir de los seis días de edad, estuvo constituido por rotíferos, copépodos y cladóceros, y sostiene que al llegar a su madurez es un gran ictiófago, además el mismo autor establece la viabilidad de incorporar probióticos y prebióticos en el alimento concentrado para mejorar el crecimiento y el estado de salud del animal.

**4.2.5 Distribución.** Howes citado por Arias<sup>12</sup>, describe que uno de los géneros de peces dulceacuícolas neotropicales de talla mediana, con mayor número de especies es el brycon, cerca de 40 se consideran válidas, 20 más han sido propuestas y alrededor de 15 especies han sido reportadas para Colombia. Lima y Froese<sup>13</sup>, describen que el género *Brycon* se distribuye desde Argentina, Brasil, Perú, Ecuador, Colombia hasta el sur de México. Girón<sup>14</sup>, sostiene que el (*B.*

---

<sup>8</sup> ARGUMEDO y ROJAS, Op. cit., p. 60.

<sup>9</sup> SANGUINO, Wilmer. Evaluación de la producción de semen en machos de sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*) utilizando diferentes dosis de gonadotropina corionica humana (HCG). Mocoa – Putumayo. Centro experimental amazónico (CEA), experiencias exitosas en reproducción y cultivo de peces amazónicos. 2007. p. 2-3.

<sup>10</sup> SALCEDO, Francisco y ZAMORA, Rodrigo. Rendimiento en talla y peso del sábalo (*Brycon hilly*), nativo del río Patía alimentado en cautiverio a base de concentrado comercial con el 45 % de proteína. Trabajo de grado (Ingeniería en Producción Acuicola). Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuicola. 1998. p. 60.

<sup>11</sup> *Ibíd.*, p. 93 -120.

<sup>12</sup> ARIAS, Alfredo. Estado actual del conocimiento del yamú (*Brycon amazonicus*), En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Medellín, Colombia: Instituto de Acuicultura de los Llanos, universidad de los Llanos, Vol. 19, No. 2 (2006). p. 125.

<sup>13</sup> LIMA y FROESE, Op. cit., p. 1.

<sup>14</sup> GIRÓN y CEBALLOS, Op. cit., p.10.

*melanopterus*) se distribuye en los ríos de la cuenca amazónica, llegando incluso a los afluentes de los ríos Caquetá y Puerto Leguízamo en el río Putumayo.

### 4.3 FISIOLÓGÍA REPRODUCTIVA

Los factores externos del medio ambiente son determinantes en la maduración sexual de un pez. Los cambios en pluviosidad, foto período, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, dureza del agua, entre otros, son inicialmente detectados por el sistema nervioso del pez, al llegar esta información de tipo nervioso es recogida por el hipotálamo, que segrega y pone en circulación un tipo de hormona llamada liberadora de gonadotropina, ésta estimula directamente a la glándula hipófisis que segrega las hormonas gonadotropinas, que actúan sobre las gónadas encargadas de producir finalmente las hormonas esteroides<sup>15</sup>.

**4.3.1 Sistema reproductor en peces.** Castillo, citado por Ortega y Rodríguez<sup>16</sup>, demostró que el desarrollo de la gónada de los vertebrados está íntimamente ligado al desarrollo del sistema renal. Embriológicamente, el testículo y el ovario tienen un origen distinto, formándose a partir de dos proliferaciones celulares embrionarias diferentes pero estrechamente ligadas.

La proliferación más lateral o córtex dará lugar al ovario; la médula o porción medular dará lugar a los testículos y al tejido adenocorticotropo. Por el contrario en teleósteos y ciclóstomos la gónada deriva de un solo primordio germinal. En estos dos últimos tipos de peces, la gónada (testículo y ovario) se desarrolla directamente a partir del epitelio peritoneal, es decir a la parte correspondiente al córtex de los vertebrados.

### 4.4 BIOPSIA OVÁRICA

Según Harvey y Hoar<sup>17</sup> para realizar el método de biopsia ovárica se debe tener en cuenta la anatomía del tracto genital, para poder introducir la cánula y su

---

<sup>15</sup> ZANUY, Silvia y CARRILLO, Manuel. Reproducción en acuicultura. Madrid, España. 1987. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta. 321. p. 3.

<sup>16</sup> ORTEGA, Alba y RODRÍGUEZ, Carlos. Evaluación comparativa del efecto del extracto pituitario de carpa (EPC) y gonadotropina corionica humana (HCG) en la reproducción del bagre del Patía (*Rhamdia quelen*) en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola), Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, Programa de Ingeniería Producción Acuícola, 2004. p. 72.

<sup>17</sup> HARVEY, Brian y HOAR, William. Teoría y práctica de la reproducción inducida en los peces. Ottawa, Canadá: Centro internacional de investigaciones para el desarrollo (CIID), 1980. p. 36.

recorrido pueda predecirse es necesario que el oviducto sea continuo facilitando el paso de la misma a la masa ovárica. En algunas especies en donde el oviducto y el poro genital no son continuos la utilización de una cánula podría perforar los órganos internos.

#### 4.5 NEUROENDOCRINOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN

De acuerdo con Zanuy y Carrillo<sup>18</sup> los sistemas nervioso y endocrino de los vertebrados actúan concertadamente sobre factores fisiológicos, controlados por órganos específicos (Figura 3) descritos de la siguiente manera:

- **Glándula pineal.** Es una invaginación del diencefalo ubicado en la superficie dorsal del cerebro la cual, utiliza la información para la sincronización del comportamiento diario y estacional de eventos fisiológicos, ya que actúa como un reloj endocrino y fisiológico que predispone al pez frente a condiciones óptimas de reproducción<sup>19</sup>.
- **Hipotálamo.** Se encuentra en la región ventral del diencefalo con cuerpos neurales y función neurosecretora, posee receptores para la melatonina, esteroides sexuales, y lugares con abundante presencia de inervaciones dopaminérgicas y factor liberador de gonadotropina (Ngr.); las cuales estimulan la liberación de gonadotropina (GtH) que actúa sobre la adenohipófisis capturando impulsos nerviosos del cerebro y los transforma en mensajes químicos llamados hormonas liberadoras de gonadotropina o hipotalámicas (RH).
- **Hormonas liberadoras de gonadotropina.** Producidas por el hipotálamo, regulan la reproducción; las células neurosecretoras liberan un mensajero químico llamado hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), la cual actúa sobre las células gonadotropas de la adenohipófisis y estimula la liberación de gonadotropinas (GtH I y GtH II en peces).
- **Hipófisis.** Es una glándula que sintetiza, almacena y libera hormonas peptídicas, es un traductor que a través de sus secreciones, posibilita que el sistema nervioso central, controle las funciones endocrinas<sup>20</sup>.

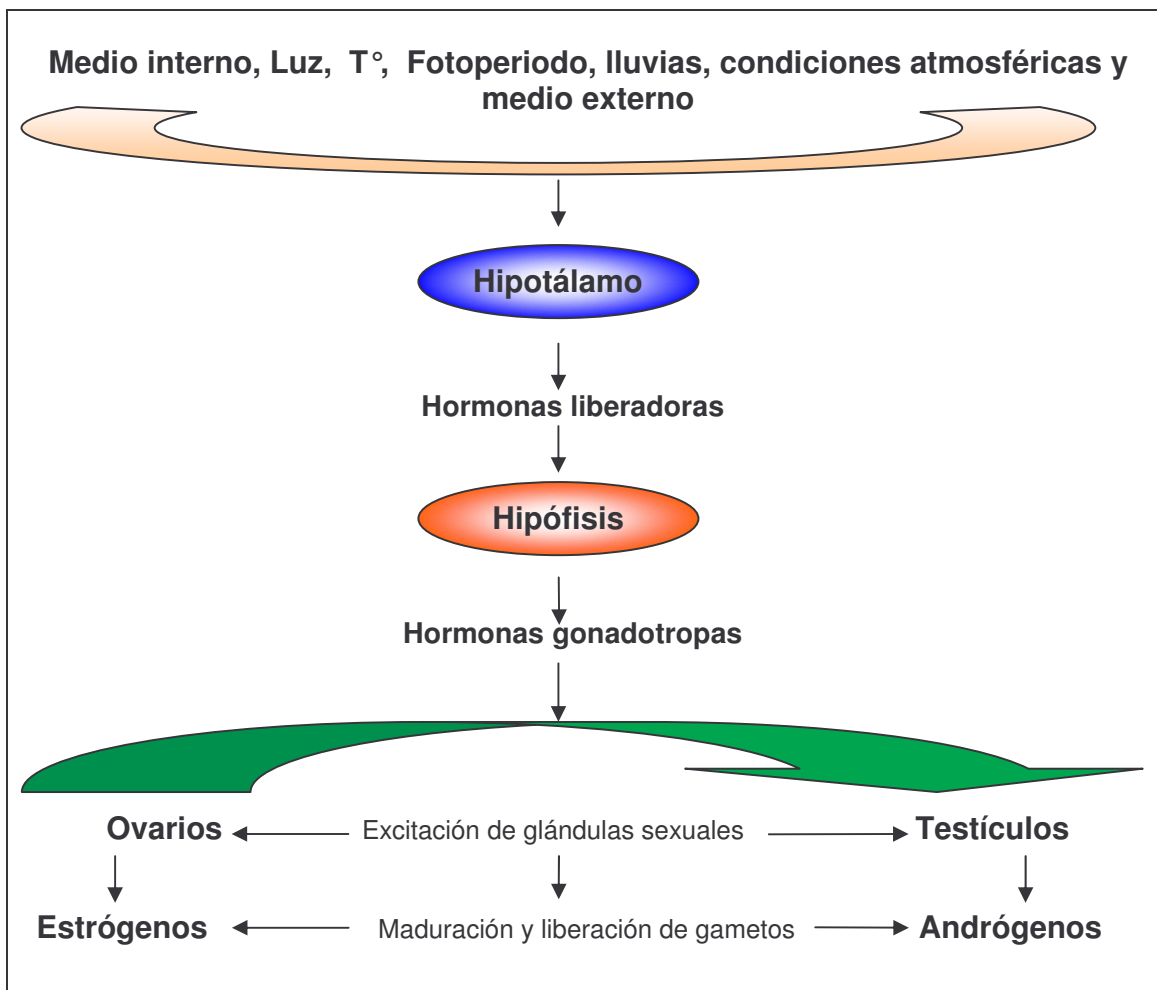
---

<sup>18</sup> ZANUY y CARRILLO, Op. cit., p. 29.

<sup>19</sup> *Ibid.*, p. 3.

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

**Figura 3. Acción de las glándulas endocrinas según Harvey y Hoar**



Fuente: HARVEY, Brian y HOAR, William. Teoría y práctica de la reproducción inducida en los peces. Ottawa, Canadá: Centro internacional de investigaciones para el desarrollo (CIID), 1980. p. 10.

#### **4.6 DETERMINACIÓN DEL ESTADO DE MADUREZ SEGÚN LA POSICIÓN DEL NÚCLEO**

Según Guerra et. al<sup>21</sup>, en las diferentes fases de desarrollo gonadal, los ovocitos muestran su núcleo en posición central o periférica. Para fines prácticos, un

<sup>21</sup> GUERRA, H. REBAZA, M. y ALCÁNTARA, F. Cultivo y procesamiento de peces nativos. Iquitos, Colombia: Instituto de investigaciones de la amazonia peruana. Programa de ecosistemas acuáticos (PEA), (2000). p. 15.

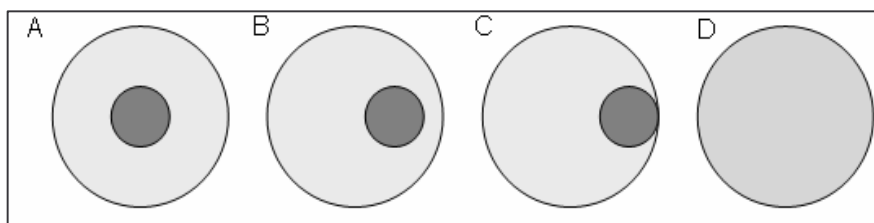
ovocito con su núcleo en posición central se considera inmaduro o en maduración y en posición periférica, se considera maduro. Para la observación de la posición del núcleo, se sigue el siguiente procedimiento:

Practicadas por vía intraperitoneal o genital, se toman muestras de ovocitos.

- a. Se lavan los ovocitos en suero fisiológico.
- b. Se los coloca en solución fijadora y aclaradora por unos minutos.
- c. Se llevan a observación en el microscopio.

La muestra de oocitos es colocada en una solución salina y luego en una solución serra la cual sirve para observar sobre la membrana opaca el oocito y se procede a la observación en el microscopio, estos se sumergen de tres a cinco minutos. Una vez el citoplasma de los oocitos se ha vuelto translúcido es posible observar la posición en que se encuentra el núcleo, oocitos con núcleo migrando es señal de que el animal esta en buen punto para ser inducido a desovar (Figura 4).

**Figura 4. Presentación esquemática de la posición del núcleo en los oocitos.**



A: Núcleo Central, (Oocito Inmaduro) B: Núcleo migrando, (Oocito maduro)  
C: Núcleo periférico, (Oocito sobre maduro) D: Oocito atrésico no viable.

Fuente: *Ibíd.*, p. 16.

#### **4.7 DESOVE, DESARROLLO EMBRIONARIO E INCUBACIÓN DE LOS HUEVOS**

Según Barnabé<sup>22</sup> la puesta tiene lugar en el agua así como la emisión de esperma; a pesar de que numerosos espermatozoides rodean cada huevo, solo

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

uno penetra por el micrópilo para asegurar la fecundación, inmediatamente después de ésta, el huevo absorbe agua y el corión se endurece, se forma un espacio perivitelino y el embrión se desarrolla, en un principio en forma de blastodisco en el polo animal. Este a su vez envuelve al vitelo por epivolia pero deja un blastoporo. El eje embrionario se forma por la convergencia de los tejidos, se aísla del vitelo, la zona cefálica se alarga y posteriormente lo hace el resto del cuerpo. El corazón es funcional y los ojos están formados antes de la eclosión. La incubación de los huevos es una fase importante puesto que las necesidades biológicas de cada especie generan técnicas diferentes ya sea pelágicos o bentónicos (Figura 5).

**4.7.1 Incubación de los huevos.** Esta fase es de importancia, pues la sobrevivencia de los huevos dependerá de su buen desarrollo. Por lo tanto, la necesidad de cuidados especiales durante ésta etapa dependerá de factores físico – químicos que intervienen en la calidad de los mismos.

La incubación debe efectuarse a flujo lento, de manera que se posibilite un ligero movimiento de los huevos en la base y evitando que ocupen toda la columna de agua de la incubadora, señal que indicará un flujo excesivo que puede ocasionar la muerte de los huevos. En peces neotropicales el período de incubación varía en función de la temperatura del agua, entre 26 y 28 °C. Evitando fluctuaciones mínimas y máximas pues éstas podrían comprometer el éxito de su desarrollo normal<sup>23</sup>.

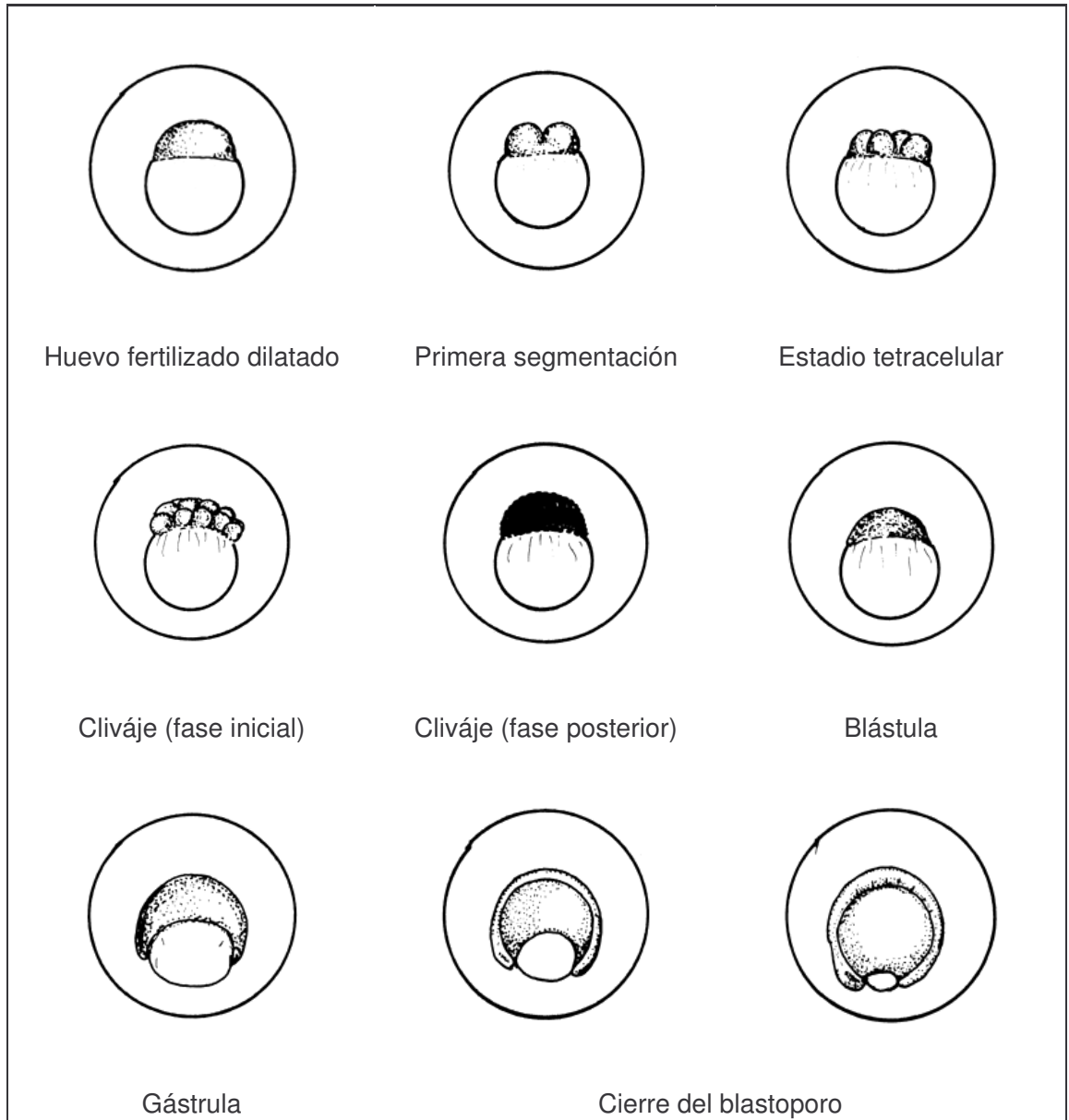
**4.7.2 Desarrollo de las larvas de peces.** Ruales<sup>24</sup>, describe que de los huevos sale una larva que se alimenta del vitelo y al terminar con las reservas vitelinas debe alimentarse de forma exógena. La apariencia externa de una larva es similar al pez adulto. El crecimiento es continuo dependiendo principalmente de la temperatura del agua y de la alimentación. La larva es libre, en ella el vitelo es claramente visible comunicado con el tubo digestivo en desarrollo. Cuando las postlarvas de peces han gastado la mayoría de los nutrientes de su saco vitelino, comienzan a buscar su alimento de lo que les puede ofrecer el medio. Por lo tanto este período se considera de extremo cuidado o crítico y puede presentarse antes o después de la absorción total del saco vitelino (Figura 6).

---

<sup>23</sup> *Ibíd.*, p. 32.

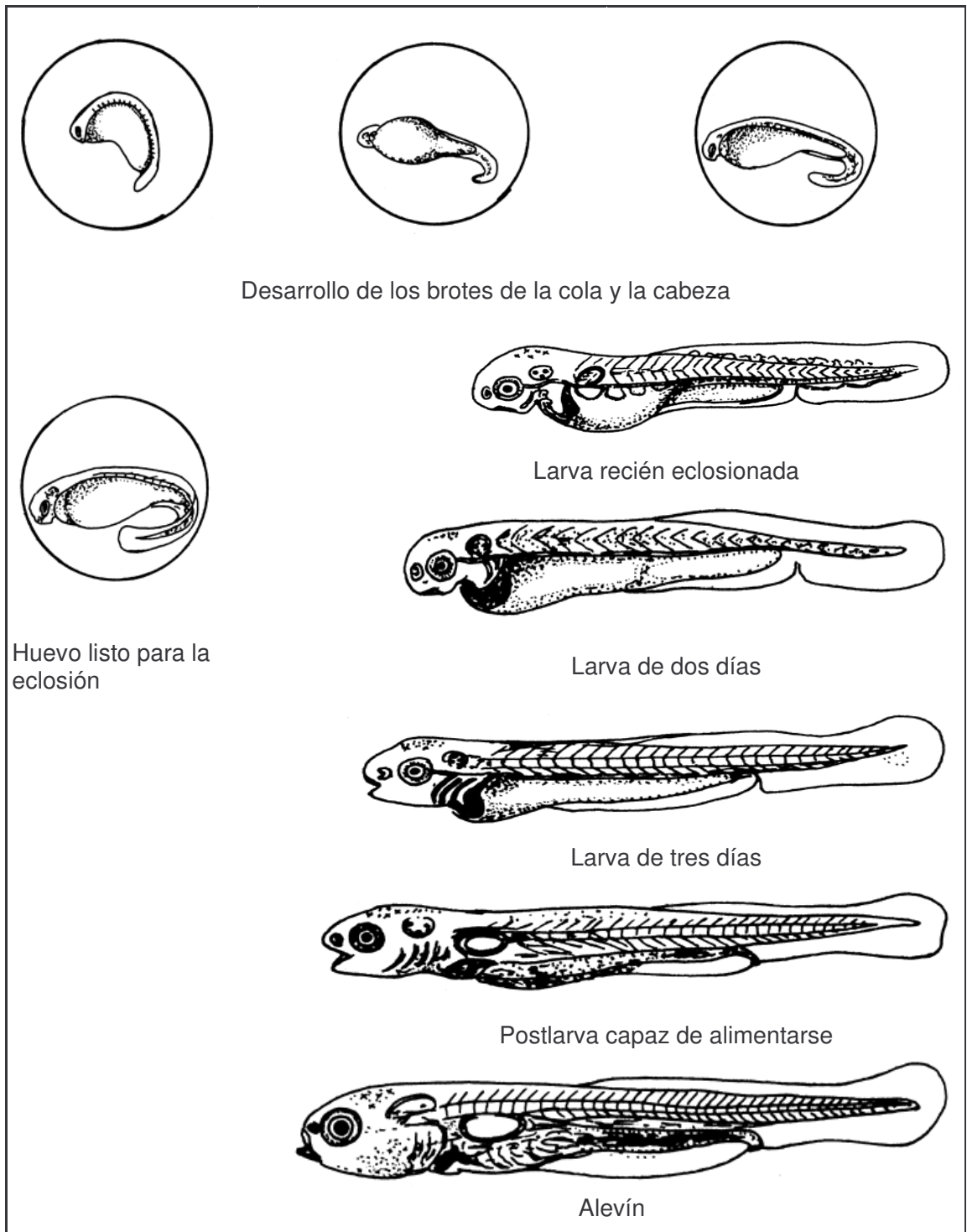
<sup>24</sup> RUALES, Carlos. Efectos de la primera alimentación. Tesis Maestría en Acuicultura, Villavicencio Meta: Universidad de los Llanos, Instituto de Acuicultura de los Llanos, (IALL). 2006. p.3.

**Figura 5. Fases del desarrollo embrionario.**



Fuente: WOYNAROVICH, E. y L. HORVÁTH, 1981 Propagación artificial de peces de aguas templadas. Lima, Perú: FAO, Doc. Téc. Pesca, (1981), p.187.

Figura 6. Desarrollo de las larvas de peces.



Fuente: Ibíd., p.187.



#### **4.7.3 Larvicultura.** Según Woynarovich y Woynarovich<sup>25</sup>.

Para obtener larvas saludables y bien desarrolladas, es importante proveer todas las condiciones necesarias para su desarrollo, estas son: adecuada temperatura del agua, abundante oxígeno disuelto, eliminación de metabolitos producidos tales como CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>, eliminación de las membranas, huevos malogrados y otros desperdicios. Los mismos autores sostienen que dentro del huevo, el embrión se ha desarrollado hasta convertirse en una larva, sale al exterior rompiendo la membrana del huevo. Aunque la rotura de la membrana es un proceso mecánico resulta facilitado por el debilitamiento causado por enzimas.

**4.7.4 Características de las larvas recién eclosionadas.** El comportamiento de las larvas recién eclosionadas puede variar según la especie. Algunas larvas carecen de aletas y por esta razón nadan hacia la superficie y luego caen hacia el fondo, este comportamiento es común entre las larvas de varios peces. Después de nadar por algún tiempo, ciertas larvas se adhieren a diversos objetos mediante una sustancia adhesiva segregada por una glándula que se halla en el extremo de la cabeza<sup>26</sup>.

El mismo autor menciona que las larvas recién eclosionadas son distintas de los peces adultos, no poseen boca, tubo digestivo, intestino, ano, branquias ni vejiga hidrostática, no poseen pigmentos que las proteja de los rayos ultravioleta. La vesícula vitelina les facilita el material y la energía que necesitan para crecer y desarrollarse. El vitelo es alimento de reserva de excelente calidad que les ha sido “donado” por su madre. Otro grupo de larvas “adherentes o colgantes” mantienen las colas en movimiento continuamente. Otras yacen sobre el fondo, y algunas de ellas se mueven ocasional o continuamente.

El comportamiento de las larvas puede variar durante su desarrollo. Algunas de las que suelen nadar verticalmente pueden yacer sobre el fondo sin moverse, mientras otras pueden empezar a moverse enérgicamente, o a saltar de un lado para otro. Las técnicas de cría de larvas han de tener en cuenta las formas de comportamiento de los distintos tipos de larvas de peces<sup>27</sup>.

---

<sup>25</sup> WOYNAROVICH, Andras Y WOYNAROVICH, Elek. Reproducción artificial de las especies *Colossoma* y *Piaractus*. Lima, Perú: Fondepes, (1998). p. 40.

<sup>26</sup> *Ibíd.*, p. 40.

<sup>27</sup> *Ibíd.*, p. 40.

Chaparro<sup>28</sup>, describe que a su debido tiempo aparece la postlarva que se caracteriza por presentar saco vitelino absorbido, vejiga hidrostática llena de aire y lograr un equilibrio hidrostático. Tiene boca e intestino, necesita de alimento externo o exógeno. Puede nadar horizontal y verticalmente en busca de su comida. Así mismo manifiesta que las postlarvas deben ser mantenidas en acuarios, o canaletas de poca profundidad, donde se les garantice buenas condiciones de parámetros fisicoquímicos del agua y libre de predadores, con recambio diario para eliminar sustancias orgánicas de desecho, que pueden resultar tóxicas o ayudar a la proliferación de hongos o bacterias patógenas en el medio.

**4.7.5 Actividad enzimática de las postlarvas.** García reportado por Ruales<sup>29</sup> afirma que la mayoría de las especies ícticas, no presentan un estómago funcional al inicio de la primera alimentación exógena, por lo tanto el alimento vivo se considera esencial, por su contenido de aminoácidos esenciales y la capacidad proteolítica para la digestión considerada como la más importante durante la fase larvaria. Es así como las larvas de peces sin un estómago funcional dependen de una digestión alcalina del tipo tripsina para la digestión del alimento, este tipo de digestión cambia conforme el pez se desarrolla y alcanza un estómago, entonces la actividad proteolítica en las larvas cambia principalmente al tipo pepsina o digestión ácida; por lo tanto se debe pensar muy bien sobre la base, calidad y tipo de alimento a suministrar.

## **4.8 ALIMENTACIÓN NATURAL DE LOS PECES.**

Según López<sup>30</sup> la alimentación natural es producida directamente en los estanques. El alimento consumido por los organismos hidrobiológicos de cultivo varía considerablemente según la especie, la edad y la fase de crecimiento.

En la fase de larvicultura el pez no ingiere alimento exógeno nutriéndose a partir del saco vitelino, el cual se reabsorbe tanto más lentamente cuando mayor es y tanto más rápidamente cuanto más alta es la temperatura. Poco antes de reabsorber el saco vitelino, los peces levantados en confinamiento, se les inicia en la aceptación de alimento balanceado y es el momento en que se presentan los mayores índices de mortalidad de las especies ícticas. Por esta razón el tamaño de la partícula alimenticia debe estar acorde con el tamaño de la boca y del

---

<sup>28</sup> CHAPARRO. Op. cit., p. 93.

<sup>29</sup> RUALES. Op. cit., p.3.

<sup>30</sup> LÓPEZ, Nelson. Nutrición acuícola. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Departamento de Recurso Hidrobiológicos. (1994). p. 90.

esófago con el fin de lograr niveles de consumo adecuados. El autor sostiene además que todas las especies en estas etapas consumen en condiciones naturales más o menos los mismos alimentos, (algas de las capas biológicas, rotíferos, copépodos, branchiopodos, cladóceros), posteriormente ingieren quironómidos, pero a medida que crecen, sus hábitos alimenticios se diferencian más y se asemejan a los hábitos de los peces adultos de la correspondiente especie.

El conocimiento del inicio de la alimentación exógena y el manejo de la primera alimentación son considerados puntos críticos en la larvicultura, debido a su importancia en la posterior viabilidad de la postlarva<sup>31</sup>.

**4.8.1 Búsqueda de alimento.** Pitcher y Parrish citados por Botero<sup>32</sup>, manifiestan que las estrategias de comportamiento para los buscadores de alimento contrastan con la morfología de la presa, donde el tamaño de la misma guarda relación con la forma de la boca y del cuerpo, los órganos para captura, así como con la posición del pez. El comportamiento en la búsqueda permite al pez ir refinando su selección en respuesta a las características que cambian día a día; un depredador debe modificar constantemente su comportamiento para permanecer vivo. Someterse a reglas invariables no le permitirá sobrevivir debido al cambio de alimento según la estación, los ciclos de vida, el tipo y la jerarquía de los demás grupos de peces.

**4.8.2 Actividad de las feromonas.** Le Bail y Boeuf, citados por Botero<sup>33</sup>, describen que la producción de feromonas puede ser de tipo incitador que induce a la modificación inmediata del comportamiento del receptor y del tipo modificador que provoca alteración del estado fisiológico del individuo que las capta. Los órganos implicados en la producción de feromonas sociales originan mediadores presentes en las secreciones de las células mucosas superficiales emitidas al medio externo, la percepción, de las hormonas tiene un efecto ambiguo de acuerdo a la jerarquía social. Si las percibe un animal subordinado, tiende a la huida, pero si es un pez dominante quien percibe al subordinado iniciará el ataque y su nivel de agresividad variará dependiendo de si las feromonas provienen de un individuo conocido o no, agrupado o aislado, dominante o dominado.

---

<sup>31</sup> ATENCIO, Víctor. Producción de alevinos de especies nativas. En: Revista MVZ, Montería, Colombia: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Ciencias Acuícolas. Centro de Investigación Piscícola (CINPIC), Vol. 14, No. 2 (2001). p. 13.

<sup>32</sup> BOTERO, Mónica. Comportamiento de los Peces en la búsqueda y la captura del alimento. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Medellín, Colombia: Grupo de Piscicultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Vol. 17, No. 1 (2004). p. 63.

<sup>33</sup> *Ibid.*, p. 63.

**4.8.3 Estímulo.** Según Holmes y Gipson citados por Botero en algunas especies la forma incide en la selección de la presa y en otras no. El movimiento sirve para otros propósitos como diferenciar lo animado e inanimado, características físicas y químicas como el tamaño, la forma, la motilidad, la luminosidad, el olor y color son estímulos importantes que inclinan la atención del depredador hacia una posible presa. Según Botero<sup>34</sup>, la alimentación no selectiva es la primera experiencia con que se encuentran los peces jóvenes cuando el apetito es alto, antes de poseer la capacidad sensorial, deben diferenciar entre partículas potenciales de alimento, para evitar un gasto excesivo en localización.

**4.8.4 Riesgo de depredación.** Pitcher y Parrish citados por Botero<sup>35</sup>, mencionan que la variación en el comportamiento ante el depredador obedece al riesgo, tipo de alimento, talla del pez y posibilidad de refugio. Cuando la amenaza de depredación es mayor que la de morir de hambre, el pez no se alimenta porque intenta defenderse a expensas de sus oportunidades de alimentación. Cuando el depredador está cerca de la zona de alimentación, el pez debe conciliar entre vigilar al depredador y tratar de alimentarse, pero no estar tan cerca como para correr demasiados riesgos por ese aumento. Los peces que se alimentan más lejos de la zona del depredador lo hacen de manera más lenta. El mismo autor argumenta que cuando el déficit de alimento es mínimo, el pez cambia de conducta y evita el riesgo, cuando las reservas son altas, se inclina por pocos riesgos y evita una variada fuente de alimentos a diferencia de lo que sucede cuando sus reservas son bajas. Cuando hay diferentes tallas de peces sin presencia de depredadores, todos los peces buscan el alimento más valioso y abundante, pero en presencia de depredadores, los peces más pequeños buscan alimento en sitios de menor calidad, se alejan por ser presas fáciles, tratando de equilibrar su situación, de ser menos perseguidos y a su vez estos crecen más lento.

**4.8.5 Jerarquización.** Winberg citado por Botero<sup>36</sup>, afirma que cuando el alimento es escaso, la competencia aumenta. El individuo dominante consume una cantidad exagerada del alimento y crece más rápido. Así haya abundante alimento y pueda minimizarse la competencia, el comportamiento puede ejercer una fuerte influencia en la toma del alimento. Se pueden establecer subgrupos con efectos sobre la alimentación y el crecimiento como sucede cuando se emplean densidades bajas se desarrolla territorialismo, en peces con características homogéneas, la dominancia inicial puede ser determinada por el acervo genético.

---

<sup>34</sup> *Ibíd.*, p. 64.

<sup>35</sup> *Ibíd.*, p. 66.

<sup>36</sup> *Ibíd.*, p. 67.

**4.8.6 Canibalismo.** El canibalismo es un tipo especial de predación (intraespecífica) que consiste en matar individuos de las mismas especies (coespecífico), independiente del estado de desarrollo, para consumirlo parcial o totalmente. Smith y Reay citados por Atencio et. al<sup>37</sup>, describieron siete modelos de ocurrencia y discutieron sus aspectos evolutivos, estas conductas son comunes en los peces carnívoros, dejando como consecuencia una tasa baja de sobrevivencia. El acto caníbal es cometido en cuatro acciones secuenciales: selección, ataque, aprehensión e ingestión de la presa. La (Tabla 1) presenta especies con importancia y potencialidad en la piscicultura que muestran conducta caníbal principalmente en el periodo de transformación de larva a juvenil.

**Tabla 1. Especies con potencialidad en la piscicultura que presentan comportamiento caníbal.**

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Referencia</b>
<i>Characidae</i>	<i>Brycon cephalus</i>	Bernardino G.
	<i>Brycon sinuensis</i>	Otero R.
	<i>Brycon moorei</i>	Baras E.
	<i>Brycon orbygnianus</i>	Piovezan U.
	<i>Brycon lundii</i>	Woynarovich E,
	<i>Brycon insignis</i>	Faria C.
	<i>Brycon amazonicus</i>	Venegas S., Lombo
<i>Cichlidae</i>	<i>Oreochromis mossambicus</i>	Uchida R. King J.
	<i>Oreochromis sp</i>	Ellis S.
	<i>Oreochromis niloticus</i>	Pantastico J.
<i>Cyprinidae</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Van Damme P.
<i>Serranidae</i>	<i>Epinephelus salmoides</i>	Chua T. Teng S.
	<i>Micropterus dolomieu</i>	Dong Q. DeAngelis D.
	<i>Micropterus salmoidei</i>	De Angelis D. Cox D.
<i>Salmonidae</i>	<i>Onchorhynchus mykiss</i>	Shirahata S.
	<i>Salvelinus alpinus</i>	Hobbson K. Welch H.
<i>Serrasalmidae</i>	<i>Piaractus mesopotamicus</i>	Canzi C. Borghetti J.
	<i>Piaractus brachypomus</i>	Choi N. Kim J.
<i>Siluridae</i>	<i>Parasilurus asotus</i>	Baras E. Melard C.
	<i>Silurus glanis</i>	Heymann A.

Fuente: Ibíd., p. 11-12

<sup>37</sup> ATENCIO, Víctor. ZANIBONI, Evoy. El Canibalismo en la larvicultura de Peces. En: Revista MVZ, Montería, Colombia: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Ciencias Acuícolas. Centro de Investigación Piscícola (CINPIC), Vol. 17, No. 1 (2004). P. 10.

Según Lodman, et al, citado por Atencio<sup>38</sup> cuando el alimento es insuficiente para soportar una población, el comportamiento caníbal puede asegurar que algunas larvas sobrevivan. El canibalismo de los padres sobre los huevos, es común en las especies con cuidados parentales, a pesar de ser una adaptación para evitar la depredación de los huevos y larvas. Este tipo de canibalismo es una respuesta a las reducidas oportunidades de alimento, o una estrategia para eliminar huevos de baja calidad. Los mismos autores observaron diferencias en la aprehensión de la presa dependiendo de la relación abertura de la boca y tamaño de la presa; por lo que la aprehensión puede ser por la aleta caudal o por la cabeza (Tabla 2).

**Tabla 2. Criterios de clasificación del canibalismo.**

<b>Criterio</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Definición</b>
Estado de desarrollo de la presa	Canibalismo de huevos	Canibalismo de huevos fertilizados sin eclosionar
	Canibalismo post-eclosión (Postlarva, juvenil y adulto)	Canibalismo de estados post - eclosión
Parentesco caníbal – presa	Canibalismo filial	Canibalismo sobre las crías por los padres
	Canibalismo fraternal	Canibalismo entre hermanos
	Canibalismo sin parentesco	Canibalismo entre individuos sin ningún parentesco
Relación de edad caníbal – presa	Canibalismo intracohorte	Canibalismo entre individuos de la misma edad
	Canibalismo intercohorta	Canibalismo sobre individuos de menor edad

Fuente: Ibíd., p. 10.

Pienaar citado por Atencio<sup>39</sup>, afirma que en larvicultura la principal causa de canibalismo esta asociada con la disponibilidad de alimento, la cual esta definida

<sup>38</sup> Ibíd., p. 11.

<sup>39</sup> Ibíd., p. 11.

por la frecuencia de alimento así como por la distribución y tamaño del alimento. Se ha demostrado que el canibalismo como otras conductas territoriales puede ser controlado por la disponibilidad de alimento.

**4.8.7 Localización del alimento.** La motivación para alimentarse puede cambiar a través del tiempo independientemente de factores externos, puede darse en ausencia de depredadores o competidores, pudiendo estar relacionada con la modificación de hábitos de consumo según las diferentes épocas.

Browman et, al. citados por Botero<sup>40</sup> han demostrado que muchos peces que se alimentan de plancton adoptan movimientos bruscos que suspenden súbitamente (búsqueda de saltos), alternan su velocidad de movimiento y la distancia recorrida como respuesta a cambios en el tamaño de la presa y cuando se alimentan de presas grandes, hacen una pausa al encontrarlas, lo que puede estar relacionado con la facilidad con que las presas grandes son identificadas.

Los peces pueden clasificarse en tres grupos en lo que respecta a la búsqueda de alimento así: los que visitan siempre la misma zona (no cambian de nicho alimenticio), los que alternan coordinadamente los sitios de búsqueda y los que hacen una búsqueda errática. Entre los peces que buscan alimento, posiblemente existan diferencias en la motivación, suponiendo que los que no cambian de sitio, tienen una menor motivación debido a que al explorar nuevas áreas de alimentación, sus encuentros con la presa o el alimento son menos exitosos.

**4.8.8 Horario alimentación.** Pitcher y Parrish citados por Botero<sup>41</sup> mencionan que en la alimentación se observan amplias categorías del comportamiento, los peces silvestres invierten la mayor parte del tiempo en la búsqueda de alimento y en evitar depredadores, muchos peces parecen diferenciar una fase diurna en búsqueda de alimento y una fase de inactividad que equivale a ocultarse.

La mayoría de los peces tropicales se alimentan principalmente de día o de noche, pocos durante el crepúsculo o el amanecer. La elección del momento puede variar, muchos peces nocturnos se alimentan de día si el alimento solo está disponible en esas horas. Los patrones de actividad en peces pueden estar fuertemente determinados por los patrones de actividad de sus presas.

---

<sup>40</sup> BOTERO, Op., cit. p. 68.

<sup>41</sup> *Ibid.*, p. 70.

**4.8.9 Captura de alimento.** Pankhurst citado por Botero<sup>42</sup>, argumenta que en carnívoros macrófagos, la captura involucra orientación total o parcial del cuerpo, de acuerdo con las características del alimento, implicando fuertes movimientos. Las partículas pequeñas se pueden tomar totalmente dentro de la boca y en muchos teleósteos son obtenidas por succión inercial, donde se crea una repentina presión negativa por la rápida expansión de la cavidad branquial, lo que hace que desde la distancia pueda ser succionada a la boca. El éxito de la captura en animales salvajes depende de la presa y su comportamiento de huida siendo el tamaño de las partículas el que influye en el éxito de captura, si el pez tiene demasiada hambre, ataca partículas más grandes que pueda tragar fácilmente, ya que no desea equivocarse, ni correr riesgos en su captura.

**4.8.10 Consumo y rechazo.** Stradmeyer, Metcalfe y Thorpe citados por Botero<sup>43</sup>, afirman que el pez ve y consume sus presas por características físicas y por características gustativas. Las formas elongadas simulan más fácilmente las formas naturales como zooplankton, posiblemente debido a la gustosidad y la textura, una vez en la boca, sin embargo, las partículas pueden ser manipuladas antes de tragarlas y darles la prueba gustativa final de dureza, abrasividad y fácil paso por la faringe.

La búsqueda de alimento presenta respuestas marcadas cuando los peces encuentran o ingieren alimento de inmediato, ya que al encontrarlo, la distancia de búsqueda decrece significativamente; por el contrario, cuando el pez rechaza partículas de alimento, el recorrido de búsqueda aumenta, el pez evita el área improductiva, moviéndose rápido y tratando de encontrar otras zonas de alimentación considerables<sup>44</sup>.

**4.8.11 Eficiencia alimenticia.** Knights citado por Botero<sup>45</sup>, afirma que el éxito en la captura y la facilidad de ingestión se han evaluado por estar directamente relacionadas con el crecimiento, lo que ha sido empleado para explicar la selectividad del alimento en los peces salvajes. La selección natural favorece al depredador quien con una estrategia de búsqueda obtiene el nivel más alto de energía tomada con respecto a la gastada en alimentarse.

---

<sup>42</sup> *Ibíd.*, p. 70

<sup>43</sup> *Ibíd.*, p. 71.

<sup>44</sup> KOOI BW, Hanegraaf PPF. Bi-trophic food Chain dynamics with multiple component populations. *Bull Mathenatic Biol.*2001. p. 99.

<sup>45</sup> BOTERO, Op., cit. p. 72.



Fletcher, citado por el mismo autor<sup>46</sup>, afirma que se dan semejanzas interesantes para peces de cultivo. La hipótesis establece que el costo de la energía es determinado por la velocidad de encuentro (tiempo gastado en localizar e identificar el alimento, el cual es dependiente de la abundancia de presas y de la habilidad perceptiva del depredador) y el costo del tiempo de manejo (energía y tiempo de alimentación gastados en captura, manipulación y prueba), la energía tomada es dependiente del valor de la energía aportada por la presa una vez ingerida. Muchas especies de animales tienden a conservar la velocidad de crecimiento específico para la especie y para el estado fisiológico según el sexo, edad o estación, el pez lo hace igual que los vertebrados superiores, compensando una derivación temprana con un incremento en el consumo cuando el alimento está de nuevo disponible.

## **4.9 CARACTERISTICAS DE LAS DIETAS EVALUADAS**

**4.9.1 Alimentación artificial de los organismos hidrobiológicos.** López<sup>47</sup>, define que los alimentos artificiales o concentrados son aquellos que se suministran a los organismos hidrobiológicos de cultivo, aportando todos los nutrientes en términos de proteína, carbohidratos, grasas, energía, fibra, minerales y vitaminas según las distintas fases fisiológicas, etapas de desarrollo y condiciones de manejo. Los concentrados se caracterizan por no poseer más del 12% de agua.

**4.9.1.1 Cantidades de nutrientes que deben contener las dietas artificiales para peces.** López<sup>48</sup>, afirma que la mayoría de las especies ícticas continentales de aguas frías, medias y cálidas son capaces de consumir dietas peletizadas, desde los primeros estadios de su ciclo de vida, pero muchos peces marinos, a diferencia, requieren de alimentos vivos durante sus primeras fases de desarrollo. Por esta razón, un alimento balanceado, debe suministrar a los peces todos los nutrientes y factores de crecimiento, según la especie, etapa productiva, edad, densidad de siembra, características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua, condiciones de manejo y estabilidad del nutriente.

Con respecto a la proteína, las dietas para peces continentales contienen niveles más altos de proteína que las raciones para animales de sangre caliente. El nivel de proteína en raciones balanceadas para especies ícticas de clima cálido, varían de acuerdo a los siguientes factores:

---

<sup>46</sup> *Ibíd.*, p. 72.

<sup>47</sup> LÓPEZ. *Op. cit.*, p. 103.

<sup>48</sup> *Ibíd.*, p. 120.

- **Edad.** Los peces al igual que los animales terrestres, requieren mayores porcentajes de proteína en su dieta, durante las primeras etapas de desarrollo.
- **Fisiología.** Se requiere menos energía en las dietas para mantenimiento que para crecimiento.
- **Calidad de proteína.** Una proteína deficiente en cualquiera de los aminoácidos esenciales, producirá una menor ganancia de peso que una proteína balanceada.
- **Fuentes de energía diferente a la proteína.** Si la dieta es deficiente en energía, el pez destinará parte de la proteína, para llenar sus necesidades energéticas, reduciendo la cantidad de proteína disponible para crecimiento.
- **Nivel de alimentación.** Los peces alimentados a un porcentaje inferior a saciedad, aprovecharán mejor las dietas que contengan altos porcentajes de proteína.

**4.9.2 Microalga spirulina (*Spirulina platensis*).** Gallardo citado por Lara<sup>49</sup>, define a la spirulina como una de las más antiguas plantas en la Tierra (con 3,5 mil millones de años). Organismo considerado como cianobacteria y anteriormente se le incluía en las microalgas azul-verdes. Se trata minúsculos filamentos verdes enrollados de aspecto helicoidal de tamaño entre 200 y 250 micras. (Fig.7).

**4.9.2.1 Clasificación taxonómica.** Según Boix<sup>50</sup> la codificación taxonómica de la spirulina es:

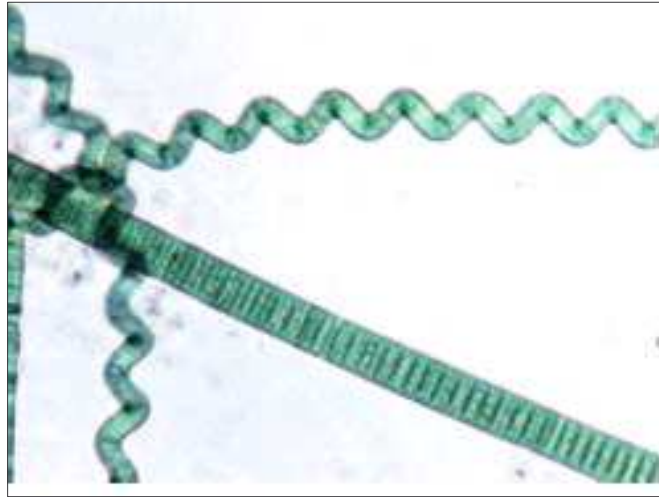
División:	Cyanobacteria
Clase:	Cyanophyceae
Orden:	Oscillatoriales
Genero:	Spirulina
Nombre científico:	<i>Spirulina platensis</i>

---

<sup>49</sup> LARA, Ramón. *et. al.* La importancia de Spirulina en la alimentación acuícola. Laboratorio de Producción de Alimento Vivo. Depto. El Hombre y su Ambiente. México DF. México. (2005). p. 13

<sup>50</sup> BOIX, Dani. PLANCTON\FITOPLANCTON\spirulina\Spirulina - Wikipedia, la enciclopedia libre.htm disponible (online) (Citado el 15 Febrero, 2006). Disponible en Internet, URL <http://es.wikipedia.org/wiki/Spirulina>

**Figura 7. Spirulina (*Spirulina platensis*).**



Fuente: LARA, Ramón. Op. cit., p. 13

El mismo autor presenta algunas especies de valor comercial (tabla 3).

**Tabla 3. Especies conocidas del género Spirulina.**

<b>Genero</b>	<b>Nombre Científico</b>
Spirulina	<i>Spirulina crispum</i>
Spirulina	<i>Spirulina labyrinthiformis</i>
Spirulina	<i>Spirulina laxa</i>
Spirulina	<i>Spirulina laxissima</i>
Spirulina	<i>Spirulina major</i>
Spirulina	<i>Spirulina meneghiniana</i>
Spirulina	<i>Spirulina nordstedtii</i>
Spirulina	<i>Spirulina princeps</i>
Spirulina	<i>Spirulina subsalsa</i>
Spirulina	<i>Spirulina subtilissima</i>
Spirulina	<i>Spirulina platensis</i>
Spirulina	<i>Spirulina corakiana</i>

Fuente: Ibid., p. 1

**4.9.2.2 Características nutricionales.** De acuerdo con Ceballos<sup>51</sup> las microalgas del género spirulina son fuentes de alto valor proteico, ricas en vitaminas, aminoácidos esenciales, minerales, ácidos grasos esenciales y pigmentos antioxidantes como los carotenoides, además incrementa la tasa de crecimiento, mejora la calidad y coloración a la carne del pez y aumenta la sobrevivencia.

- **Proteínas.** El mismo autor menciona que alrededor de un 65% en peso seco está formado por proteínas. Lo más importante de estas es su composición de aminoácidos ya que no solo contiene todos los esenciales sino que además su disponibilidad es alta, por ejemplo para la lisina se ha descrito un 85% de biodisponibilidad.

- **Hidratos de carbono.** Entre un 8 y 14% principalmente en forma de polisacáridos de los que sus monómeros mayoritarios son glucosa, galactosa, manosa y ribosa.

- **Lípidos.** Aproximadamente 6% pero tanto su cantidad como su composición varía en función de las condiciones de cultivo, principalmente luz y nitrógeno. Si la luz es escasa aumentará el contenido de lípidos como reserva de energía.

- **Ácidos nucleicos.** Su bajo contenido en ácidos nucleicos en comparación con el de otras microalgas hace de la spirulina un producto idóneo en el desarrollo y generación de ácido úrico.

- **Vitaminas.** Al tratarse de organismos fotoautótrofos tiene elevadas concentraciones de pigmentos, entre ellos  $\beta$ -caroteno, esto es provitamina A. Además es el organismo no animal con mayor contenido en vitamina B12 o cobalamina<sup>52</sup>.

**4.9.3 ARTEMIA (*Artemia franciscana*) Kellog 1906.** Descubierta en Lymington, Inglaterra en 1755<sup>53</sup>, es un pequeño microcrustáceo que ha habitado la tierra por 300 millones de años. Se encuentra encapsulado en estado de quiste.

---

<sup>51</sup> CEBALLOS, Jaime, et. al. Empleo del polvo de la spirulina platensis en la alimentación de zoeas y mysis de *litopenaeus scmitti* (Pérez-Farfante y Kensley, 1997). Avances en nutrición acuícola VII, Sonora, México: Memorias del VII simposium internacional de nutrición acuícola, 2004. p. 617.

<sup>52</sup> *Ibíd.*, p. 621.

<sup>53</sup> AMAT, Francisco. Exóticas Invasoras de la Península Ibérica. Invas iber. Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal (CSIC) [online]. 2006 (citado 9 marzo de 2006). Disponible en internet: [http://hidra.udg.es/invasiber/fitxa\\_llista.php?taxonomic=5](http://hidra.udg.es/invasiber/fitxa_llista.php?taxonomic=5).

Pertenece al orden de las anostráceas es decir sin presencia de cutícula externa rígida, que vive en las aguas salobres de todo el mundo; existe controversia acerca de si las variedades de artemia pueden ser consideradas especies separadas o por el contrario si deben verse como hibridaciones de una única rama.

**4.9.3.1 Clasificación taxonómica.** Según Amat<sup>54</sup> la tipificación taxonómica de la artemia es:

Phyllum:	Artrópoda
Clase:	Crustacea
Subclase:	Branchiopoda
Orden:	Anostracea
Familia:	Artemiidae
Género:	Artemia
Especie:	<i>Artemia franciscana</i>

**4.9.3.2 Ecología.** La artemia en su fase adulta, es parte de la cadena alimenticia de gran cantidad de invertebrados y peces. Un quiste pueden permanecer metabólicamente inactivo durante largos períodos de tiempo en condiciones de total ausencia de agua y oxígeno, y a temperaturas por debajo del punto de congelamiento. Al eclosionar, las larvas o nauplios tienen menos de 450 micras, el adulto alcanza un centímetro de largo en promedio, y su vida media es de un año<sup>55</sup>.

**4.9.3.3 Descripción.** Sorgeloos citado por de la Cruz<sup>56</sup>, afirma que la artemia (*A. franciscana*) es una especie con reproducción bisexual. Morfológicamente, machos y hembras presentan el cuerpo dividido en tres porciones bien diferenciadas cabeza, tronco y abdomen. La cabeza muestra un par de antenas, un par de anténulas y un par de ojos pedunculados, y un labio inferior. El tórax muestra 11 segmentos y pares de filópodos o toracópodos, que sirven para desplazarse, para filtrar partículas del medio como alimento, y respiración. El abdomen muestra 8 pares de segmentos ápodos, y termina en un telson o furca birrámea. Entre el tórax y el abdomen se hallan los apéndices reproductores: un ovisaco (útero) en la hembra y un par de penes en el macho. El macho se

---

<sup>54</sup> *Ibíd.*, p. 1.

<sup>55</sup> *Ibíd.*, p. 1.

<sup>56</sup> DE LA CRUZ, Job. Producción de quistes de (*artemia franciscana*), Kellog, 1906 bajo condiciones controladas y determinación de su calidad con fines acuícolas. Facultad de ciencias marinas. Universidad de Colima, Colima, México. 1999. p. 5.

diferencia también de la hembra por mostrar el par de antenas cefálicas hipertrofiadas, en forma de tenaza, con las que asirse a la hembra para llevar a cabo la cópula. Todas las especies (bisexuales) y cepas partenogénéticas muestran caracteres morfológicos diferenciarles al microscopio, pero que se difuminan mucho si los ejemplares se hallan bajo salinidades altas, debido a que disminuyen la talla corporal.

El mismo autor sostiene que los nauplios de artemia pueden duplicar su tamaño corporal en menos de 24 horas, esto se debe a una hormona de crecimiento contenida en la artemia, siendo la presa viva más adecuada para la alimentación de los estadios postlarvarios de muchas especies de peces, crustáceos marinos de agua dulce y salada debido a su pequeño tamaño, elevado contenido de proteína, buen perfil nutricional y adecuada conversión alimenticia (Figura 8).

**Figura 8. Nauplio de artemia (*Artemia franciscana*).**



Fuente: Ghent University, Wikipedia. [Online]. (Estados Unidos), 2005 citado 22 marzo de 2005). Disponible en: Internet: [http://es.wikipedia.org/wiki/clasificaci%C3%B3n\\_cient%C3%ADfica](http://es.wikipedia.org/wiki/clasificaci%C3%B3n_cient%C3%ADfica)

Sorgeloos en la (Tabla 4) reporta una lista del género artemia existente en el mundo.

**Tabla 4. Especies conocidas del género artemia.**

<b>Nombre Científico</b>	<b>Localización Geográfica</b>
<i>Artemia salina</i> (extinguida)	Lymington, Inglaterra
<i>Artemia tunisiana</i>	Europa y Eurasia
<i>Artemia franciscana</i>	Toda América (desde Norte a Sur)
<i>Artemia persimili</i>	Exclusivamente en Argentina
<i>Artemia urmiana</i>	Exclusivamente en Irán
<i>Artemia monica</i>	Exclusivamente en Lago Mono, California, EE.UU.

Fuente: SORGELOOS P. pagina web de Dr. Sorgeloos Patrick (Bélgica). 2006. pagina web Artemia by Efrén Alialy. <http://www.aquaculture.ugent.be/index.htm>

**4.9.3.4 Parámetros ambientales que influyen en la producción de artemia.** Sorgeloos<sup>57</sup>, afirma que los parámetros físico - químicos para el cultivo de artemia son los siguientes:

- **Temperatura.** En huevos hidratados debe guardar un rango entre 25 y 30 °C para el crecimiento y una máxima producción de nauplios instar I, no son convenientes los cambios bruscos, debido a que interrumpen el metabolismo del cisto o simplemente no eclosionan.
- **Salinidad.** La salinidad óptima es de 28 a 35 g/ L, superiores o inferiores a este rango, se dan anomalías, deformidades y no eclosionan.
- **pH.** El pH óptimo es de 8 a 8,2.
- **Oxígeno.** El rango óptimo es de 2 a 8 ppm, siendo este constante para que los huevos se mantengan en movimiento y haya un mayor metabolismo.
- **Densidad de siembra.** Son aconsejables de tres a cinco gramos por litro, mayor a este nivel podrían declinar el pH ocasionando una tasa de crecimiento baja.

<sup>57</sup> SORGELOOS P. pagina web de Dr. Sorgeloos Patrick (Bélgica). 2006. pagina web Artemia by Efrén Alialy. <http://www.aquaculture.ugent.be/index.htm>

## 4.10 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Rodríguez y Anzola<sup>58</sup>, manifiestan que la calidad del agua esta dada por el conjunto de propiedades físicas y químicas y su interacción con los organismos. Cualquier característica que afecte de un modo u otro el comportamiento, la reproducción, el crecimiento, la productividad primaria y el manejo de las especies acuáticas es una variable de la calidad del agua. Estas propiedades pueden ser calificadas como parámetros físicos y químicos así:

**4.10.1 Temperatura.** Los peces son animales poiquilotermos (su temperatura corporal depende de la temperatura del agua) y altamente termofílicos (sensibles a los cambios de temperatura). El rango óptimo de temperatura para cultivo en especies nativas amazónicas es de 24 - 32 °C. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y por ende mayor consumo de oxígeno<sup>59</sup>.

Los peces no llegan a madurar ni a desovar si la temperatura del agua no es la adecuada, requiriendo temperaturas mayores a 20 °C. Los ambientes donde suelen desovar los peces amazónicos (Colossoma, Piaractus, Brycon, Prochilodus, etc.), tienen temperaturas que varían entre 25 y 32 °C<sup>60</sup>.

**4.10.2 Oxígeno.** Es el requerimiento mas importante, al igual que la temperatura para el cultivo de las especies hidrobiológicas. Su grado de saturación es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y el pH. El rango óptimo para especies de aguas calidas esta por encima de 4 ppm.

**4.10.3 pH.** Es la concentración de iones hidrógeno en el agua. El rango óptimo esta entre 6.5 - 8.0, valores por debajo o por encima, causan cambios de comportamiento en los peces como letárgia, inapetencia, disminución de su crecimiento.

**4.10.4 Dióxido de carbono.** Es un producto de la actividad biológica y metabólica, su concentración depende de la fotosíntesis. Debe mantenerse en un

---

<sup>58</sup> RODRÍGUEZ, Horacio y ANZOLA, Eduardo. Calidad del agua en acuicultura continental. Bogotá, Colombia: Instituto nacional de pesca y acuicultura (INPA). 1995. p. 87– 93.

<sup>59</sup> *Ibíd.*, p. 31.

<sup>60</sup> BERNALES, Jorge. Piscicultura con especies nativas amazónicas. Lima, Perú: Tratado de cooperación amazónica (TCA). p. 25.



nivel inferior a 20 ppm porque cuando sobrepasa este valor se presenta letárgia e inapetencia<sup>61</sup>.

**4.10.5 Amonio.** Es un producto de la excreción de los peces y de la descomposición de materia orgánica (degradación de materia vegetal). Los valores de amonio deben fluctuar entre 0.01ppm a 0.015 ppm.

**4.10.6 Nitritos.** Son un parámetro de vital importancia por su gran toxicidad y por ser un poderoso agente contaminante. Se generan en el proceso de transformación del amoniaco a nitratos y su toxicidad depende de la cantidad de cloruros, de la temperatura y de la concentración de oxígeno en el agua.

**4.10.7 Alcalinidad.** Es la concentración de carbonatos, bicarbonatos y hidróxidos en el agua. Los valores de alcalinidad y dureza son aproximadamente iguales.

**4.10.8 Dureza.** Es la medida de la concentración de los iones de Calcio y Magnesio expresados en ppm de su equivalente a carbonato de calcio. Existen aguas blandas (<70ppm) y aguas duras (>100ppm)<sup>62</sup>.

---

<sup>61</sup> *Ibíd.*, p. 39.

<sup>62</sup> *Ibíd.*, p. 41.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la Estación Piscícola del Centro Experimental Amazónico CEA de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia CORPOAMAZONIA, ubicado en la vereda de San José del Pepino, kilómetro 8 de la vía Mocoa – Villa Garzón, departamento del Putumayo, entre los 0° 40' latitud S y 1° 25' latitud Norte, y entre los 73° 50' y 77° 10' longitud Oeste, a una altura de 530 m.s.n.m con una precipitación promedio anual de 4932.8 mm, temperatura media de 24 °C, brillo solar de 822 horas/año, con una área de 131.6 hectáreas y una humedad relativa de 87.91%, en una zona catalogada como bosque húmedo tropical<sup>63</sup> (Figura 9).

**Figura 9. Estación piscícola Centro Experimental Amazónico (CEA).**



Fuente: Esta investigación.

### 5.2 PERIODO DE ESTUDIO

La investigación se realizó durante 12 meses comprendidos de enero a diciembre de 2005, tiempo que incluye los distintos protocolos, preensayos y la estandarización de la metodología empleada para el suministro de los alimentos analizados, selección de reproductores, maduración y reproducción inducida,

---

<sup>63</sup> CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA - CORPOAMAZONIA. Centro Experimental Amazónico: Centros Experimentales [online]. (Putumayo -Colombia), 2002 (citado 1 febrero de 2005). disponible en Internet: <http://www.corpoamazonia.gov.co/ce Mocoa.htm>.

valoración etológica, y evaluación comparativa de tres tipos de alimento en la fase de postlarva en un periodo de 15 días.

### 5.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS

La estación está conformada por 15 estanques, con una bocatoma ubicada a una distancia de 1.500 m de la estación. El agua es transportada a un reservorio de 2.170 m<sup>2</sup> y a su vez es succionada por una electrobomba a un tanque elevado de distribución de una capacidad de 55 toneladas, que conduce el agua a las distintas dependencias (Figura 10). Las Instalaciones internas conformadas por dos tanques circulares de 3 m de diámetro y de volumen de 6.842 L, 10 incubadoras Woynarovich de 200L, filtro a base de rayos UV, canaletas en cemento de 1600 L (Figura 11). Los equipos de laboratorio están conformados por computador, equipo de análisis de agua, cámara newbauer, reactivos, microscopio, balanza analítica, estereoscopio y elementos químicos (Figura. 12).

**Figura 10. Instalaciones externas de la estación piscícola.**



1. Bocatoma      2. Embalse      3. Electroboomba      4. Tanque elevado

Para el desarrollo del ensayo se utilizaron dos tanques circulares de 1.64 m de diámetro con capacidad de 1.140 L, dos incubadoras comerciales de flujo ascendente con volumen de 200 L, nueve acuarios de vidrio de cinco mm de

espesor, de 0,6 m de largo, 0,25 m de ancho, 0,3 m de altura y de 20 L de volumen, la aireación se estableció mediante cinco blower de doble salida y las mangueras de distribución de cinco mm de diámetro (Figura 13).

**Figura 11. Instalaciones internas de la sala de manejo.**



1. Tanque circular 2. Incubadoras woynarovich, 3. Filtro rayos UV, 4. Canaletas.

**Figura 12. Equipo de laboratorio.**



1. Computador, 2. Equipo Hach, 3. Cámara de Newbauer, 4. Microscopio

**Figura 13. Acuario utilizado como unidad experimental.**



**5.3.1 Materiales, insumos y equipos** En el desarrollo del trabajo de campo se utilizaron los siguientes elementos:

- Acuarios
- Azul de metileno
- Aza de punta fina
- Balanza analítica, 0,001 a 120g, marca: Ohaus®, modelo: TS120S, ref. 1869
- Balanza gramera, 0,1 g. a 2610g, marca: Ohaus®, ref. 1869
- Baldes plástico de 40 L
- Beakers, 10 ml y 50 ml
- Blower de doble salida marca: Elite 802.
- Bolsas plásticas, calibre 6 con una capacidad de 15 Litros
- Cámara de newbauer marca Boeco – Alemana línea brillante
- Cajas petri
- Cloro
- Chinchorro, con un ojo de malla de 1/4"
- Cubreobjetos
- Estereoscopio
- Hormona Gonadotropina coriónica humana (HCG Prymogonil)®
- Hormona Extracto pituitario de carpa (EPC)
- Kit de campo de análisis de agua: Hach, modelo: FF - 2, ref. 2430 - 01
- Llaves de paso de aire
- Manguera plástica para la conducción de aire
- Micrómetro ocular

- Microscopio Nikon. CX – 31 RBSFCL Olympus
- Nasas, de 1/8" de ojo de malla, sin nudo, con mango y marco de aluminio
- Pipetas, 1ml, 5 ml, 10 ml
- Portaobjetos
- Sal marina agrícola industrial
- Sulfato de quinaldina
- Termómetro de 0 – 100 °C
- Vernier
- Yodo

## 5.4 PLAN DE MANEJO

**5.4.1 Adecuación de instalaciones.** Los acuarios, previamente a su utilización se limpiaron y desinfectaron con una solución comercial de yodo de 250 ppm y cloro de 20 ppm. Se efectuaron monitoreos físico – químicos de agua cada cinco días, se implementó el monitoreo diario de las condiciones experimentales con el fin de homogenizar y disminuir las fuentes de error con respecto a sobrevivencia, temperatura, oxígeno, dureza, pH, alcalinidad las cuales se registraron en las bitácoras respectivas.

**5.4.2 Material biológico.** Se evaluaron 3600 postlarvas de sábalo amazónico (*B. melanopterus*) de 12 horas posteclosión las cuales fueron obtenidos en el Centro Experimental Amazónico (CEA).

### 5.4.3 Reproducción.

**5.4.3.1 Evaluación de reproductores.** Para la investigación se capturaron 40 ejemplares adultos los cuales fueron aclimatados en estanques excavados en tierra. Posteriormente se seleccionaron de acuerdo a las condiciones fenotípicas y morfológicas, tales como: abdomen abultado y flácido, papila genital rojiza en las hembras, cambios en la coloración del cuerpo y expulsión de fluido espermático con una leve presión abdominal en machos (Figura 14). Luego se trasladaron a la sala de manejo de la estación piscícola del CEA, en tanques circulares de concreto de capacidad de 1.140 L

**Figura 14. Evaluación de reproductores RM: macho, RH: hembra.**



Fuente: Esta investigación

**5.4.3.2 Manejo de los reproductores.** Los peces se sometieron a un ayuno de 24 horas, luego se sedaron con una solución de sulfato de quinaldina en proporción de 70 ppm (Figura 15), para facilitar el manejo y examinar la evaluación gonadal y la aplicación de la hormona.

**Figura 15. Efecto del sulfato de quinaldina**



**5.4.3.3 Biopsia ovárica.** El estado de madurez sexual de las hembras se constató mediante una biopsia ovárica (Figura 16), para este efecto se utilizó una cánula de 0,5 mm de diámetro, Los oocitos se trataron con una solución fijadora (un litro de agua, seis gramos de cloruro de sodio y un ml de formol) y se aclararon en solución serra (seis cm<sup>3</sup> de alcohol al 96 %, tres cm<sup>3</sup> formalina al 40 % y un cm<sup>3</sup> ácido acético glacial) durante tres minutos y permitió observar la migración de los núcleos y de esta manera establecer la viabilidad de los óvulos

**Figura 16. Canulación.**



Fuente: Cortesía estación piscícola del Centro Experimental Amazónico

**5.4.3.4 Pesaje.** Los ejemplares seleccionados para la reproducción, se distribuyeron en una hembra de 2,75 Kg y dos machos de 2,0 y 2,5 Kg, de esta manera se establece las dosis hormonales a utilizar.

**5.4.3.5 Aplicación de las dosis hormonales.** Las hormonas se inyectaron intraperitonealmente levantando una escama levemente (figura 17), aplicando las hormonas para hembras EPC (Extracto Pituitario de Carpa) y para machos HCG (prymogonil) en las dosis establecidas y luego se efectuaron masajes para evitar la salida de la hormona.



**Figura 17. Aplicación de la hormona vía intraperitoneal.**



Fuente: Esta investigación

**5.4.3.6 Desove.** El desove se realizó con un suave masaje desde la región anterior ventral hacia la papila genital, los oocitos extraídos fueron depositados en un recipiente totalmente seco (Figura 18 A).

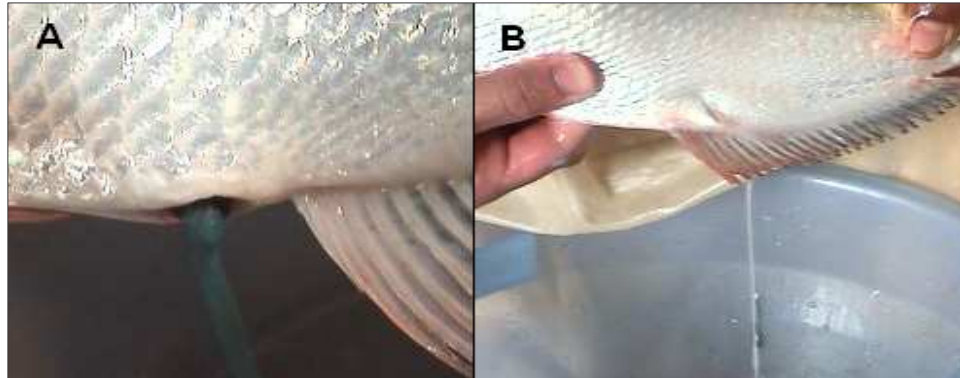
**5.4.3.7 Conteo.** Se tomaron cuatro muestras de oocitos de un gramo en una caja petri, contando el número de oocitos obtenido en cada muestra para luego extrapolar este número al peso inicial.

**5.4.3.8 Extracción de fluido seminal.** Se efectuó mediante un suave masaje desde la región anteroventral hacia la papila genital y se aplicó directamente sobre los oocitos previamente extraídos (Figura 18 B).

**5.4.3.9 Fertilización.** Los oocitos y el fluido seminal obtenido se mezclaron durante 5 minutos con una pluma de ave desinfectada en una solución de yodo, después de cinco minutos se adicionó agua limpia y se continuó mezclando hasta que los huevos se hidrataron (Figura 19 C).

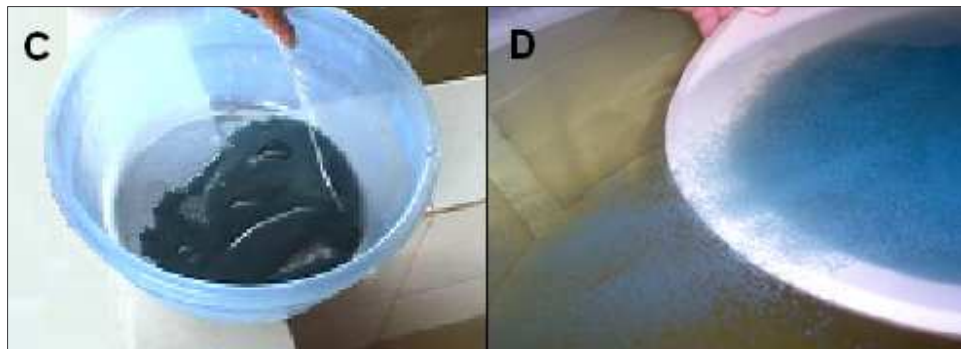
**5.4.3.10 Incubación.** El periodo de incubación se inició después de la fertilización de los huevos los cuales una vez hidratados fueron depositados en tres incubadoras tipo Woynarovich con capacidad de 200 L, con un caudal de 3 L/min a una temperatura promedio de 27 °C, la incubadora dispuso de una corriente vertical ascendente que permitió la distribución homogénea de los huevos y el suministro de oxígeno permanente (Figura 19 D).

**Figura 18. Células sexuales A: Oocitos B: líquido seminal.**



Fuente: Esta investigación

**Figura 19. C: Fecundación de oocitos de sábalo D: Incubación de ovas.**



Fuente: Esta investigación

## 5.5 DIETAS EVALUADAS

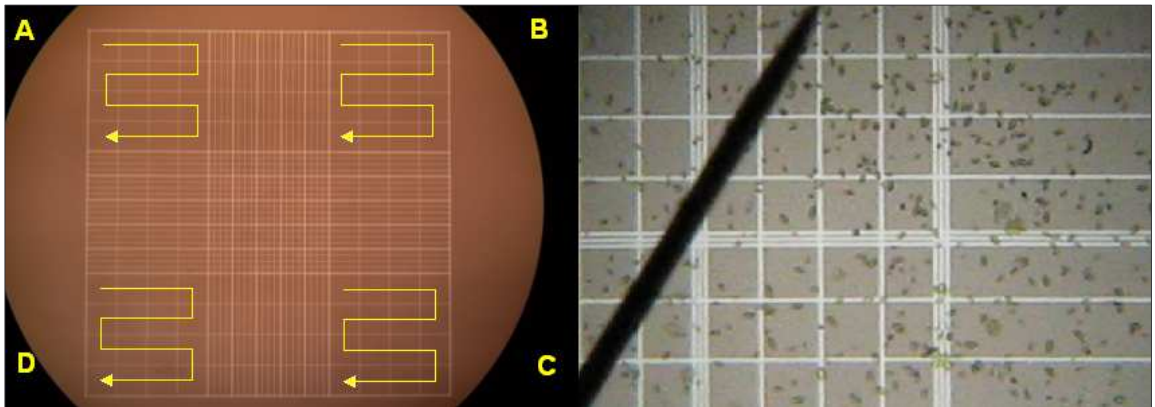
**5.5.1 Balanceado comercial.** Diariamente se pesó 15 g de balanceado comercial el cual se maceró y tamizó por diferentes mallas de 1.000 a 200 micras, posteriormente se almacenó en cajas Petri para evitar su descomposición, y se distribuyó el 15% de la biomasa dando 0,24 mg por comida y por réplica.

**5.5.2. Preparación de Spirulina (*S. platensis*).** Basados en las recomendaciones del producto se elaboró una solución patrón de 0,5 g/500 ml, para un suministro de 33,3 ml en cada comida por réplica.

**5.5.2.1 Conteo de algas.** Se utilizó la cámara de newbauer, para el conteo de algas de tamaños de dos a treinta micras de diámetro, con densidad superior a 50 por 10<sup>4</sup> células /ml, se contó un mínimo de 100 células esto requirió el conteo de toda el área trazada en los cuadros de las esquinas A, B, C, D. No se tuvo en cuenta las células que se ubicaron en las líneas divisorias o que se las encontró fuera del plano, tampoco células que presentaron deformaciones (Figura 20), y se calculó de acuerdo a la siguiente formula<sup>64</sup>:

$$(d: \text{Cell} / \text{ml}) = \frac{\text{Conteo total} \times 10^4}{\text{N}^\circ \text{ de bloques}}$$

**Figura 20. Cámara de Newbauer.**



Fuente: Esta investigación

**5.5.3 Preparación de artemia (*Artemia franciscana*).** Se eclosionó la artemia según la metodología de Sorgeloos citado por de la Cruz<sup>65</sup>. Para esto se hidrataron 0,4 g de cistos en incubadoras de 2,5 L a temperatura de 25°C y salinidad de 28 g/L posteriormente, en un periodo de una hora se cerró el aire de la incubadora y se dejó reposar unos minutos. Los huevos que se sedimentaron se retiraron con un tamiz y los que flotaron se desecharon. Se trasladó los cistos viables a las incubadoras en donde eclosionaron 24 horas después y su cosecha se realizó por fototropismo (Figura 21).

<sup>64</sup> SIPAÚBA, Lúcia. Produção de Plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para Alimentação de Organismos Acuáticos. São Carlos, Brasil: Rimas. 2003. p. 42.

<sup>65</sup> DE LA CRUZ, Op. cit., p. 12.

**Figura 21. Descapsulación de cistos de artemia.**



Fuente: Esta investigación

**Figura 22. Desarrollo morfológico de artemia (*A. Franciscana*).**



**A:** Quiste, **B:** Nauplio, **C:** instar I (12 horas) 450  $\mu\text{m}$ , **D:** Instar II, 600  $\mu\text{m}$ , **E:** Instar III, (24 horas) 800  $\mu\text{m}$ .

Fuente: Esta investigación

**5.5.3.1 Conteo de la artemia.** Se utilizó la técnica volumétrica establecida por Gallardo<sup>66</sup> que consistió en cosechar y confinar los nauplios recién eclosionados en un recipiente de 4.000 ml. Se homogenizaron y se seleccionaron tres muestras

<sup>66</sup> GALLARDO, Patricia. Alimentación planctónica de larvas de camarón blanco (*Pennaeus vannane*). Trabajo de grado de (Ingeniería Producción Acuícola), Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de ingeniería en producción acuícola. 1994. p. 62.

de un ml en cajas petri, luego se adicionó 0,5 ml de lugol colorante para matar los nauplios. Se contó el número de nauplios de artemia en cada muestra y se extrapoló el promedio al volumen de 4.000 ml. Se distribuyeron 10 nauplios por postlarva en cada comida.

**5.5.4 Técnica para la recolección y análisis de la información.** La alimentación de los ejemplares se inició en el momento de la reabsorción del saco vitelino. La alimentación se realizó cinco veces al día cada tres horas (8:00 a.m., 11:00 a.m., 2:00 p.m., 5:00 p.m., 8:00 p.m.).

La medición de las variables sobrevivencia, longitud y peso de las postlavas se realizó al iniciar y al finalizar el proyecto, para ello se utilizó un Vernier y una balanza analítica, los muestreos correspondientes al 25% de la población, se efectuaron en el primer día de la siembra y en el último al finalizar el ensayo, con el fin de determinar el incremento de talla, peso y la tasa de crecimiento simple. Los datos se consignaron en bitácoras previamente elaboradas.

## 5.6 TRATAMIENTOS

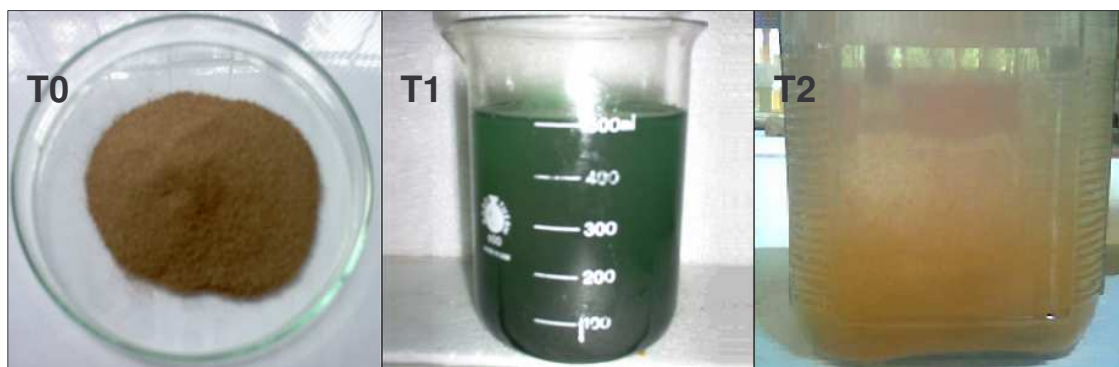
Se evaluaron tres tratamientos de la siguiente manera:

**T0:** Balanceado comercial de 32% de proteína (C.C).

**T1:** Células de *Spirulina platensis* (C. S).

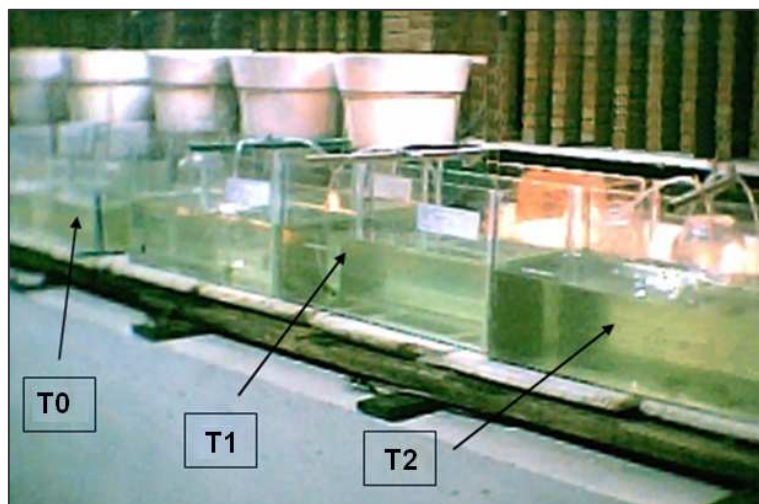
**T2:** Nauplios de *Artemia franciscana* (N.A).

**Figura 23. Presentación física de los tratamientos T0: (C.C), T1: (C.S), T2: (N.A).**



Fuente: Esta investigación.

**Figura 24. Acuarios y distribución de los tratamientos.**



Fuente: Esta investigación.

## 5.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), conformado por tres tratamientos y tres réplicas, por tratamiento para un total de nueve, cada unidad experimental representada por un acuario con 400 ejemplares, para un total de 3.600 postlarvas de 12 horas posteclosión de sábalo amazónico (*B. melanopterus*) con un peso promedio de  $(1,6 \pm 0,48)$  mg y una longitud total de  $(5,3 \pm 0,10)$  mm. Las distintas variables se sometieron a un análisis de varianza ANDEVA con una confiabilidad del 95%, y las diferencias significativas entre los tratamientos se establecieron mediante una prueba de Tukey (95%) el modelo matemático fue:

$$\hat{y}_{ij} = \mu + \tilde{\tau}_i + \varepsilon_{ij}$$

- $\hat{y}_{ij}$  = Respuesta de la  $j$  - ésima unidad experimental que recibe el  $i$  - ésimo tratamiento
- $\mu$  = Media general.
- $\tilde{\tau}_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.
- $j$  = Tratamiento 0, 1 y 2
- $i$  = Réplicas 1,2 y 3
- $\varepsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $j$  - ésima unidad experimental sometida al  $i$ -ésimo tratamiento.

Para la variable sobrevivencia se implementó una prueba específica de Brand y Snedecor 99%<sup>67</sup>, representada en el modelo:

$$\chi^2 = \frac{\sum a_i p_i - \bar{p} \sum a_i}{\bar{p} \bar{q}}. \quad \bar{q} = 1 - \bar{p}$$

Donde se rechaza  $H_0$  si  $\chi^2_c \geq \chi^2(0,99; n-1)$ .

**Donde:**

$a_i$  = Frecuencia absoluta en cada clase por la probabilidad de cada clase.

$\bar{p}$  = Probabilidad promedio del evento favorable = probabilidad éxito promedio

$\bar{q}$  = Probabilidad promedio del encuentro no favorable = probabilidad encuentro no favorable

## 5.8 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.

**Hipótesis Nula:** La inclusión de tres dietas experimentales diferentes en la alimentación de sábalo (*B. melanopterus*) no produce un efecto diferente en el valor medio de las variables evaluadas.

$$H_0 = \mu_i = \mu_j$$

**Hipótesis Alternativa:** La inclusión de tres dietas experimentales diferentes en la alimentación de sábalo Amazónico (*B. melanopterus*) produce un efecto diferente en alguna de las variables evaluadas.

$$H_1 = \mu_i \neq \mu_j$$

## 5.9 VARIABLES A EVALUAR

**5.9.1 Sobrevivencia.** Variable expresada en porcentaje que indica el número de individuos vivos en un periodo de tiempo de 15 días y se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

---

<sup>67</sup> SNEDECOR George, GOSSET, William, COLHRAN, Diseños experimentales, México: Continental, 1977. p. 300.

$$S = (Nf / Ni) \times 100$$

**S:** Supervivencia.  
**Ni:** Número inicial animales.  
**Nf:** Número final animales.

**5.9.2 Ganancia de Peso.** Se define como el aumento de peso del individuo o la población en un periodo de tiempo de 15 días de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IP = (Wf - Wi)$$

**IP:** Incremento de peso.  
**Wf:** Peso final.  
**Wi:** Peso inicial.

**5.9.3 Incremento de Longitud.** Es el incremento periódico de talla y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IL = (Lf - Li)$$

**IL:** Incremento de talla  
**Lf:** Longitud final  
**Li:** Longitud inicial

**5.9.4 Relación Beneficio Costo.** Es el índice que resulta de dividir los beneficios (flujos de efectivo) entre los costos variables, a precios actuales de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$RBC = B / C$$

**RBC:** Relación Beneficio Costo.  
**B:** Beneficio.  
**C:** Costo.



## 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 ADMINISTRACIÓN Y DOSIFICACIÓN DE LAS HORMONAS

La inducción hormonal se realizó con Extracto Pituitario de Carpa EPC aplicando una primera dosis a la hembra de 0,6 mg / Kg peso, y 12 horas después una segunda dosis de 5,0 mg / Kg peso. Los machos fueron inyectados en el momento en que la hembra recibió la segunda dosis con HCG en proporción de 300 UI / Kg peso cantidad recomendada por Sanguino<sup>68</sup>. la hormona se calculó como se presenta en la (Tabla 5).

**Tabla 5. Dosificación de extracto de pituitaria de Carpa (EPC) aplicado a hembras reproductoras ( ) de sábalo amazónico. (*B. melanopterus*).**

N	Peso Kg	Primera dosis hormona EPC				Segunda dosis hormona EPC			
		Fecha d/m/a	Hora p.m.	Can. mg	NaCl ml	Fecha d/m/a	Hora a.m.	Can. mg	NaCl ml
1	2.75	11/10/05	7:00	1.3	0.65	12/10/05	7:00	13.7	0.65

**Tabla 6. Dosificación de Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) aplicada a machos reproductores ( ) de sábalo amazónico. (*B. melanopterus*).**

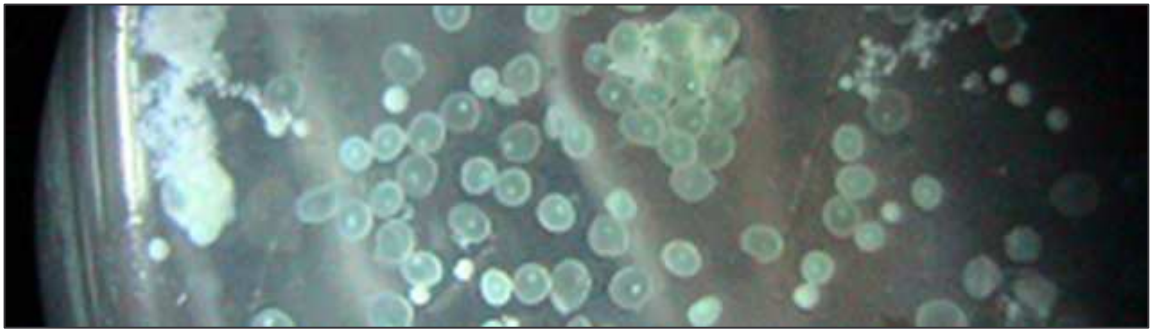
N	Peso Kg	Dosis hormona				Cantidad UI / Kg
		Fecha d/m/a	Hora	Dosis		
1	2,0	12/10/05	7:00 a.m.	300 UI/ Kg	0,6	
2	2,5	12/10-05	7:00 a.m.	300 UI/ Kg	0,75	

<sup>68</sup> SANGUINO. Op. cit., p. 3

## 6.2 OBSERVACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS OOCITOS EXTRAIDOS

Se obtuvieron en promedio 137.818 oocitos por Kg de peso vivo, los cuales tenían forma esférica, coloración azul verdosa con un diámetro de 2,0 a 2,5 mm antes de la hidratación y de 3 a 4 mm después de la hidratación completa, estos valores similares a los reportados por Atencio<sup>69</sup> para oocitos (*B. sinuensis*) antes de la hidratación 2 mm y después de la hidratación reporta 3 mm de diámetro. Más del 70% de los oocitos observados presentaron migración, lo cual estableció el momento para realizar la inducción (Figura 25).

**Figura 25. Observación de oocitos extraídos.**



Fuente: Esta investigación

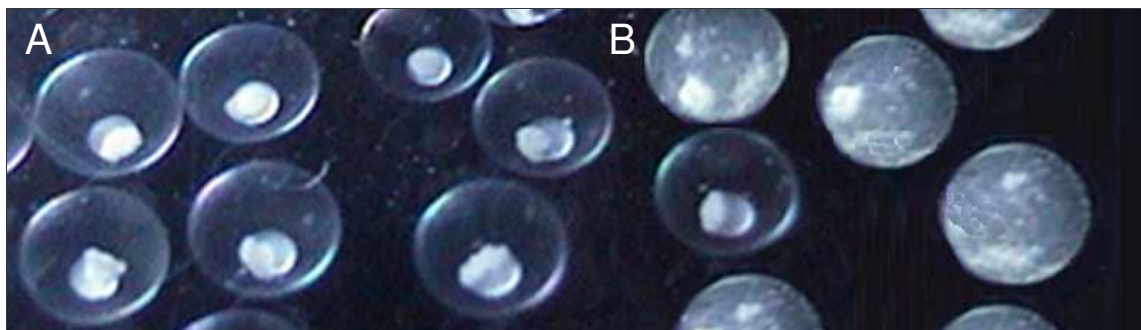
**6.2.1 Fertilización.** La observación al estereoscopio determinó el cierre del blastoporo transcurridas seis horas después de la fertilización, etapa ideal para determinar el porcentaje de fertilización según procedimiento establecido por Clavijo<sup>70</sup> (Tabla 7) (Fig. 26).

---

<sup>69</sup> ATENCIO, Víctor *et. al.* Desarrollo larvario de dorada (*Brycon sinuensis*). IV Congreso iberoamericano virtual de acuicultura. Montería. Colombia: Centro de investigación piscícola (CINPIC), Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad Medicina veterinaria y Zootecnia. Universidad de Córdoba, (2006). p. 613.

<sup>70</sup> CLAVIJO, John. Desarrollo Embrionario de *Rhamdia sebae*. Jornada de Acuicultura (10° 2004 Villavicencio) Memorias de la X Jornada de Acuicultura, Villavicencio, Colombia: (2004). p. 18.

**Figura 26. Fertilización A: Huevos traslúcidos viables, B: huevos blancos inviables.**



Fuente: Esta investigación

**6.2.2 Tiempo de incubación.** El proceso de eclosión ocurrió a los 378 grados - hora (14 horas postfertilización a una temperatura de la agua de 27° C); hasta este momento las larvas se alimentaron con los nutrientes restantes en la vesícula vitelina; después de la reabsorción, se inicia el periodo mas critico, dependiendo totalmente de la disponibilidad de alimento artificial o vivo para satisfacer sus necesidades nutricionales. Palacios<sup>71</sup>, reporta eclosiones similares de 324 grados - hora para la misma especie. Esto puede sugerir que los parámetros en los que se desarrolló el proceso son normales para esta especie.

**Tabla 7. Desempeño reproductivo comparativo de dos hembras de *Brycon melanópterus*.**

<b>Autor</b>	<b>Palacios P.<sup>72</sup></b>	<b>Acosta, Ortega</b>
Especie	<i>B. melanopterus</i>	<i>B. melanopterus</i>
Temperatura	27.5°C	27°C
Peso de la hembra	2.7 Kg	2.75 Kg
Hormona	EPC	EPC
Dosis	5,0 mg/Kg	5,6 mg/Kg
N <sup>o</sup> Oocitos total	359.800	379.000
N <sup>o</sup> de oocitos/kg	133.259	137.818
% Fertilización	50	52
Total Huevos Fertilizados/kg	66.629	71.665
% de Eclosión	90	90
Total de larvas/kg	59.966	64.498
% de sobrevivencia final	95	95
N <sup>o</sup> de postlarvas/kg	56.968	61.273

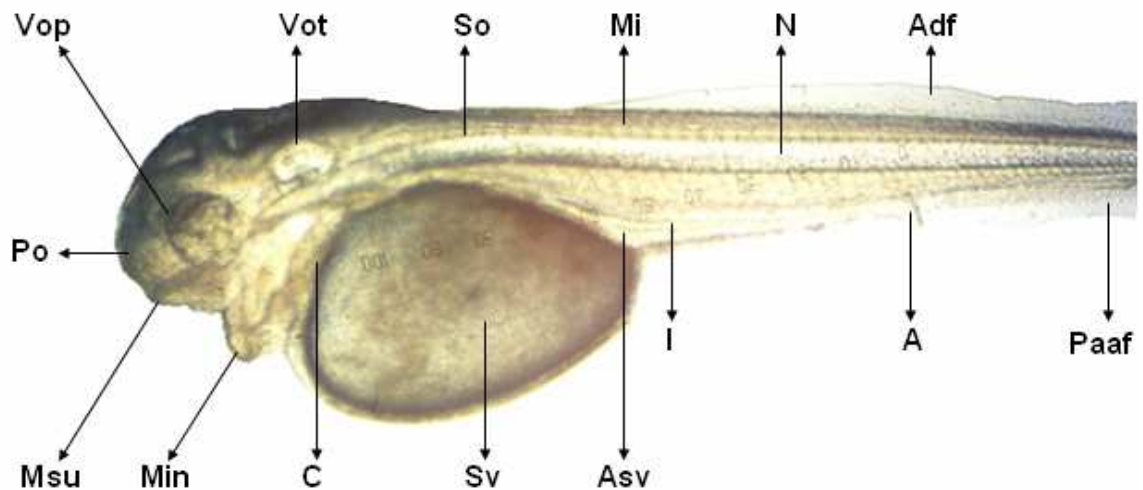
<sup>71</sup> PALACIOS, Op. cit., p. 88.

<sup>72</sup> *Ibid.*, p. 88.

## 6.3 EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y CONDUCTA LARVARIA

**6.3.1 Larva de 2 horas posteclosión (hpe).** En este estado las larvas midieron 5,0 mm de longitud total, al ser observada al microscopio se apreció cuerpo y ojos sin pigmentación, carencia de una boca definida, branquias, tracto digestivo y orificio anal, pero poseen un abundante y granuloso saco vitelino con una coloración amarillo translúcido en forma de pera (Figura 27).

**Figura 27. Larva de Sábalo (*Brycon melanopterus*) 2 (hpe).**

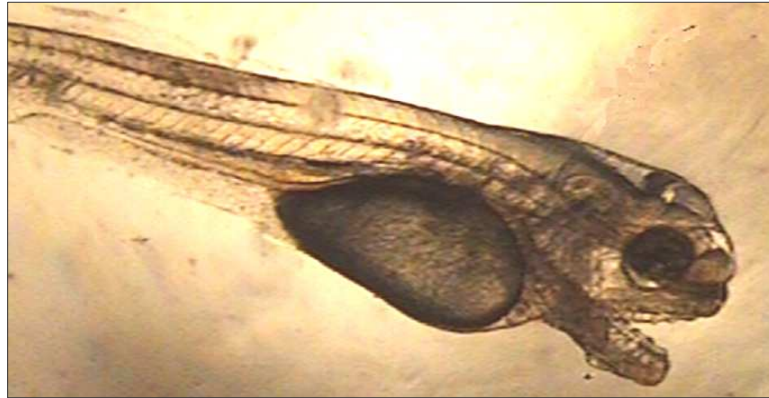


**Vop:** Vesícula Óptica. **Vot:** Vesícula Ótica. **So:** Somito. **Mi:** Musculatura incipiente. **N:** Notocordio. **Adf:** Aleta dorsal en formación. **Po:** Placoide Olfatorio. **Msu:** Mandíbula Superior. **Min:** Mandíbula Inferior e Hendidura bucal. **C:** Corazón. **Sv:** Saco Vitelino. **Asv:** Adelgazamiento del saco vitelino **I:** Intestino. **A:** Ano. **Paaf:** Pliegue de aleta anal en formación.

Fuente: Esta investigación

A las 18 (hpe) se observó el esbozo de ano y la presencia de pequeños dientes cónicos separados entre si y con terminación aguda, Los arcos branquiales fueron visibles, las larvas presentaron desplazamientos verticales espasmódicos hasta alcanzar la superficie, dejándose caer hasta el fondo del acuario por no tener completamente el conjunto de aletas y la vejiga hidrostática.

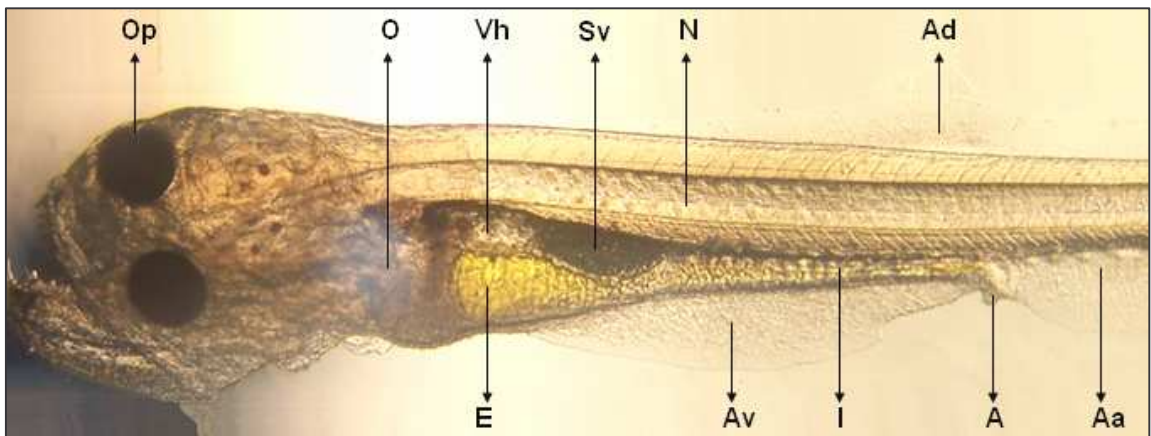
**Figura 28. Larva de Sábalo (*B. melanopterus*) 18 (hpe).**



Fuente: Esta investigación

Las larvas reabsorbieron el saco vitelino 48 (hpe), presentando ojos bien pigmentados, y la cavidad bucofaringea desarrollada, lo que facilita la ingestión de alimento, pero todavía con un nado espasmódico y errático ya que no tienen una buena estabilización en la columna de agua, debido a que se ha iniciado el llenado de la vejiga hidrostática. Se evidenció canibalismo de primera alimentación beneficiado por la gran hendidura bucal. Se registró el consumo de alimento exógeno en el tratamientos 2 y 1 mientras que el T0 alimento balanceado no presentó aceptación por parte de las postlarvas, con la ayuda de un microscopio (Aumento 10x) se comprobó la presencia de artemia y spirulina a lo largo del tracto digestivo lo que demuestra consumo por parte del animal (Figura 29).

**Figura 29. Presencia de Spirulina en el tracto digestivo 48 (hpe).**



**Op:** Ojos pigmentados. **O:** Opérculo. **Vh:** Vejiga hidrostática. **Sv:** Saco vitelino. **N:** Notocordio. **Ad:** Aleta dorsal. **E:** Estómago. **Av:** Aleta ventral. **I:** Intestino. **A:** Ano **Aa:** Aleta anal.

Fuente: Esta investigación.

Lo anterior está de acuerdo a lo estudiado por López\* quien afirma que los ejemplares eclosionados de especies ícticas con estrategia reproductiva de óvulos pequeños, eclosionan larvas con inmadurez fisiológica del tracto digestivo que deben necesariamente consumir alimento vivo por el aporte no solo nutricional sino también por la presencia de enzimas o diastasas que ayudan a desdoblar y asimilar eficientemente el alimento. Por tanto, las larvas de peces sin estómago funcional, dependen de una digestión alcalina de tipo tripsina para el aprovechamiento del alimento, sin embargo el tipo de digestión cambia conforme el pez se desarrolla y alcanza un estómago funcional, y la actividad proteolítica en las larvas varía inicialmente de digestión ácida a digestión alcalina. Lo que significa que el alimento vivo debe ser constante, abundante y cumplir con características como partículas pequeñas, acorde al diámetro bucal máximo de la especie en consideración; textura suave, fácil digestión y poseer un alto valor nutritivo<sup>73</sup>.

**6.3.2 Conducta.** El ensayo demostró que las postlarvas de *B. melanopterus* son organismos predadores de tipo visual con reacción hacia el tamaño, la forma y motilidad de las presas vivas. Por tanto, su instinto alimenticio sugiere poco interés hacia formas esféricas y considerablemente de menor tamaño lo cual induce a un comportamiento de hábitos ictiófagos que intensifica el canibalismo. Lo anterior, está de acuerdo con los resultados obtenidos por Atencio *et al*<sup>74</sup> comprobaron canibalismo de las postlarvas de la dorada (*B. sinuensis*), yamu (*B. amazonicus*), Ceccarelli reportado por el mismo autor, evaluó esta conducta en (*B. matrinxá*), (*B. cepalus*) en primera alimentación. Siendo también reportada para otras especies del género *Brycon*, como *Matrinxa* (*B. lundii*), piabanha (*B. insignis*), piraicanjuba (*B. orbignyanus*). El mismo autor argumenta que el canibalismo es favorecido por la boca grande y la presencia de estructuras como narinas y otolitos, importantes en la percepción de la presa de esta especie, igualmente esta especie demostró la tolerancia a bajas temperaturas no inferiores a 20°C lo cual es una característica de la familia bryconidae.

---

\* COMUNICACIÓN PERSONAL del Dr. López Nelson Jorge. Profesor titular de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, 2007.

<sup>73</sup> GARCIA, Armando. Valor nutricional de los quistes de *Artemia* y su uso como fuente de proteína en dietas artificiales para larvas de peces. Avances en Nutrición Acuícola. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán. Mazatlán, México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). (2000). p. 290.

<sup>74</sup> ATENCIO, Op. cit., p. 614.

## 6.4 VARIABLES EVALUADAS

Para el análisis de las variables evaluadas se utilizó el software Statgraphics plus 5.1 y Microsoft Excel 2003. Según el análisis de varianza por lo menos una de las variables estudiadas, registró diferencias significativas con un 95% de confianza, lo que permite aceptar la hipótesis alternativa.

**6.4.1 Sobrevivencia del Sábalo Amazónico (*B. melanopterus*).** La prueba estadística de Brand y Snedecor con una confiabilidad 99 % (Anexo D) estableció resultados significativos de tal manera que el tratamiento con mayor sobrevivencia de las postlarvas fue el T2 con 48% seguido del T1, 22 % y T0, 13 % (Figura 30).

La mortalidad en este estudio se explica por el largo periodo de evaluación, el cual fue considerablemente mayor a los ensayos reportados. Se añade a la mortalidad la falta de sistema digital de control térmico, poca dureza de las aguas, influencia del periodo de lluvias, teniendo en cuenta que esta investigación se realizó en las condiciones naturales del medio; característica diferente a la observada en otros ensayos en condiciones ambientales artificiales y con un periodo de estudio más corto.

Atencio *et al*<sup>75</sup> quien evalúa la influencia de la primera alimentación en larvicultura y alevinaje de yamu (*Brycon amazonicus*) alimentando durante un día con nauplios de artemia, y una densidad de 50 pl/L obtuvo en T1,  $61,3 \pm 3,9$  % de sobrevivencia, siendo este valor superior al obtenido en esta investigación.

Sin embargo los resultados obtenidos en el presente estudio fueron superiores a los registrados por Sipaúba *et al*<sup>76</sup> en sus estudios relacionados con la influencia de la primera alimentación, sobrevivencia y desarrollo de larvas de matrinxã en (*B. cephalus*) confinados en acuarios, alimentadas en un tiempo de 11 días con densidad de 10 pl/L, quien reporta al T2 (zooplancton silvestre) con una sobrevivencia de  $29,2 \pm 17,3$  %. Kennedy *et al*<sup>77</sup> obtuvieron en el T2 con

---

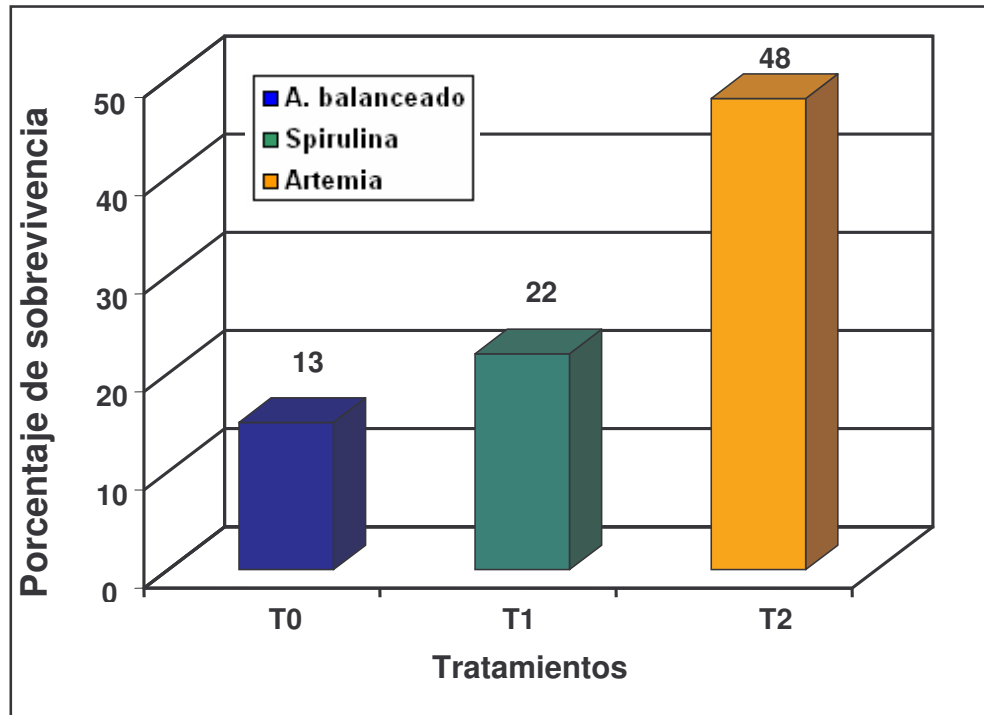
<sup>75</sup> ATENCIO, Victor *et. al.* Influência da primeira alimentação na larvicultura e alevinagem do yamú *Brycon siebenthalae* (Characidae). Centro de Investigación Piscícola, Universidad de Córdoba, Montería, Córdoba, Colombia. Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá, v. 25, no. 1, (2003). p. 64.

<sup>76</sup> SIPAÚBA, Lucia *et al.* Influência da primeira alimentação, formato do aquário na sobrevivência e no desenvolvimento de larvas de matrinxã *Brycon cephalus* (Osteichthyes, Characidae). Revista Brasileira de Zootecnia, São Paulo. Brasil: Centro de Aqüicultura Universidade Estadual Paulista - Caunesp, Via de Acesso Paulo Donato. Jaboticabal. (2006). Vol. 35, No. 2. p. 331.

<sup>77</sup> KENNEDY, Ronald *et al.* Larvicultura do Mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em Diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de vida. Revista Brasileira de Zootecnia, Santa Maria. Brasil: Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia. (2002). Vol. 31, No. 2. p. 563.

(zooplancton silvestre) un  $28,9 \pm 0,0$  % de sobrevivencia, en Mandi-amarelo (*Pimelodus maculatus*) alimentados con zooplancton silvestre en un periodo 5 días y con densidad de 15 pl/L

**Figura 30. Porcentaje de sobrevivencia de sábalo amazónico (*B. melanopterus*) en los distintos tratamientos.**



Los resultados analizados indican que es factible establecer nuevas alternativas de alimentación larvaria diferentes a las alimentadas con balanceado comercial, teniendo en cuenta que el alimento vivo simula mejor las condiciones naturales. Según López\* la proteína de los nauplios de artemia (*A. franciscana*) es de alto valor nutricional con respecto al contenido de aminoácidos y ácidos grasos omega 3 y omega 6 indispensables para la especie.

**6.4.2 Incremento de peso.** El peso inicial promedio de los tres tratamientos (tabla 8), no registró diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ( $p > 0,05$ ) (Anexo E); debido a que la distribución de los animales se hizo

---

\* COMUNICACIÓN PERSONAL del Dr. López Nelson Jorge. Profesor titular de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, 2007.



al azar disminuyendo el error experimental y asegurando condiciones homogéneas de las postlarvas entre los tratamientos.

**Tabla 8. Peso inicial y final de los tres tratamientos.**

	T0	T1	T2
<b>Peso inicial mg</b>	1,6 ± 0,48	1,6 ± 0,48	1,6 ± 0,48
<b>Peso final mg</b>	4,2 ± 1,21	4,9 ± 1,04	7,0 ± 1,23

Los datos obtenidos con respecto al incremento de peso en los tratamientos durante un período de 15 días, establecen que el tratamiento que reporta mejor comportamiento de esta variable es el T2:  $5,4 \pm 1,2$  mg, seguido por T1:  $3,2 \pm 1,1$  mg y por último el T0:  $2,6 \pm 1,1$  mg (Figura 31).

El análisis de varianza (Anexo F), determinó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Por lo tanto el incremento de peso promedio del T2 fue diferente a los demás, debido al mayor valor biológico de la proteína, mejor perfil de aminoácidos, excelente interacción de nutrientes y altos coeficientes de digestibilidad de los distintos nutrientes de artemia en comparación con la spirulina y el concentrado comercial de 32% de proteína. López\*.

En investigaciones realizadas por Atencio *et al*<sup>78</sup>, se reportó con respecto al incremento de peso un valor de  $0,57 \pm 0,0$  mg, por otra parte Kennedy *et al*<sup>79</sup>, obtuvieron  $0,25 \pm 0,1$  mg, siendo estos resultados inferiores a los obtenidos en la presente investigación. Por otra parte Sipaúba *et al*<sup>80</sup>, registró  $35,61 \pm 2,5$  mg, dato superior al registrado en la presente.

---

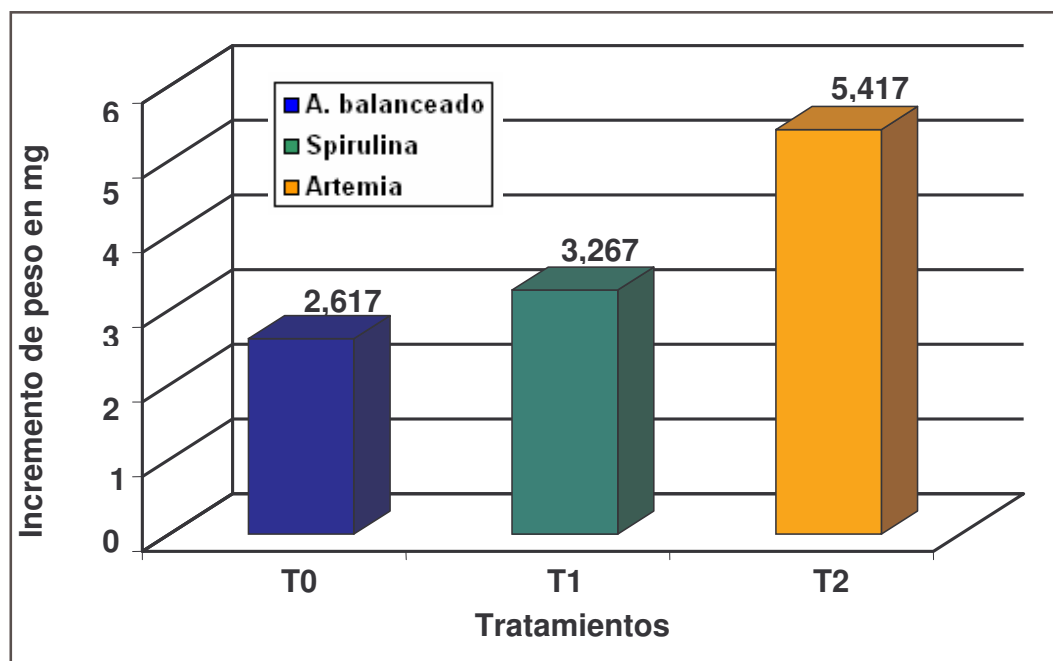
\* COMUNICACIÓN PERSONAL del Dr. López Nelson Jorge. Profesor titular de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, 2007.

<sup>78</sup> ATENCIO, Op. cit., p 64.

<sup>79</sup> KENNEDY, Op. cit., p. 563.

<sup>80</sup> SIPAÚBA, Op. cit., p. 331.

**Figura 31. Incremento promedio de peso (mg) de sábalo amazónico (*B. melanopterus*) durante el periodo experimental.**



**6.4.3 Incremento de longitud.** La longitud inicial promedio de los tres tratamientos (tabla 9), no registró diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ( $p > 0,05$ ) (Anexo H); se destaca que la distribución de los animales se hizo al azar disminuyendo el error experimental y asegurando condiciones uniformes de los peces entre los tratamientos.

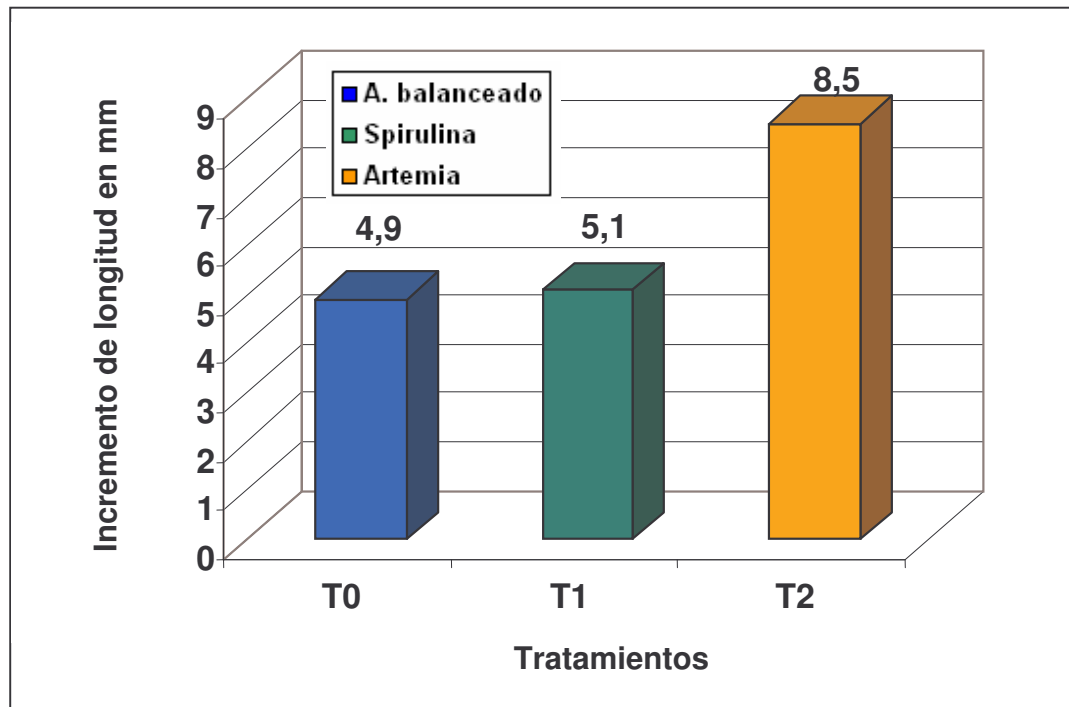
**Tabla 9. Longitud inicial y final de los tres tratamientos.**

	T0	T1	T2
<b>Longitud inicial mm</b>	5,3 ± 0,10	5,3 ± 0,10	5,3 ± 0,10
<b>Longitud final mm</b>	10,3 ± 0,21	10,4 ± 0,15	13,8 ± 0,27

Al efectuar el análisis de varianza (Anexo I), se establecieron diferencias estadísticas en la variable incremento de peso, (Figura 32) además la prueba de significancia de Tukey, ( $p < 0,05$ ) (Anexo F), estableció que el T2 con 10 nauplios de artemia, presentó el mejor resultado con un incremento de  $8,5 \pm 0,29$  mm, en comparación con el tratamiento testigo de  $4,9 \pm 0,2$  mm, y T1 con  $5,1 \pm 0,1$  mm

Atencio *et al*<sup>81</sup>, obtuvieron un registro de  $0,40 \pm 0,17$  mm, Sipaúba *et al*<sup>82</sup> de  $5,0 \pm 0,1$  mm siendo estos valores inferiores al T2 y semejantes al T1 y T0 obtenidos en está investigación.

**Figura 32. Incremento de longitud (mm) promedio de sábalo amazónico (*B. melanopterus*) en los distintos tratamientos.**



## 6.5 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS EVALUADAS

Los estudios realizados en laboratorio de bromatología demostraron que las características nutritivas de las tres dietas (Anexo A, B, C) corresponden efectivamente a lo ofrecido por las empresas comercializadoras de estos productos, además al comparar la composición nutricional de los tratamientos evaluados, el T2 presentó el más alto aporte proteico y lipídico.

<sup>81</sup> ATENCIO, Op. cit., p. 64.

<sup>82</sup> SIPAÚBA, Op. cit., p. 331.

## 6.6 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA

Con el fin de lograr un mejor rendimiento y descartar posible bio-acumulación de residuos contaminantes derivados de los tratamientos, se tomaron muestras de los parámetros físico-químicos, los cuales se monitorearon cada 5 días para cada replica con los siguientes valores promedio:

**Tabla 10. Parámetros físicos-químicos promedio de los tratamientos en un periodo 15 días de estudio.**

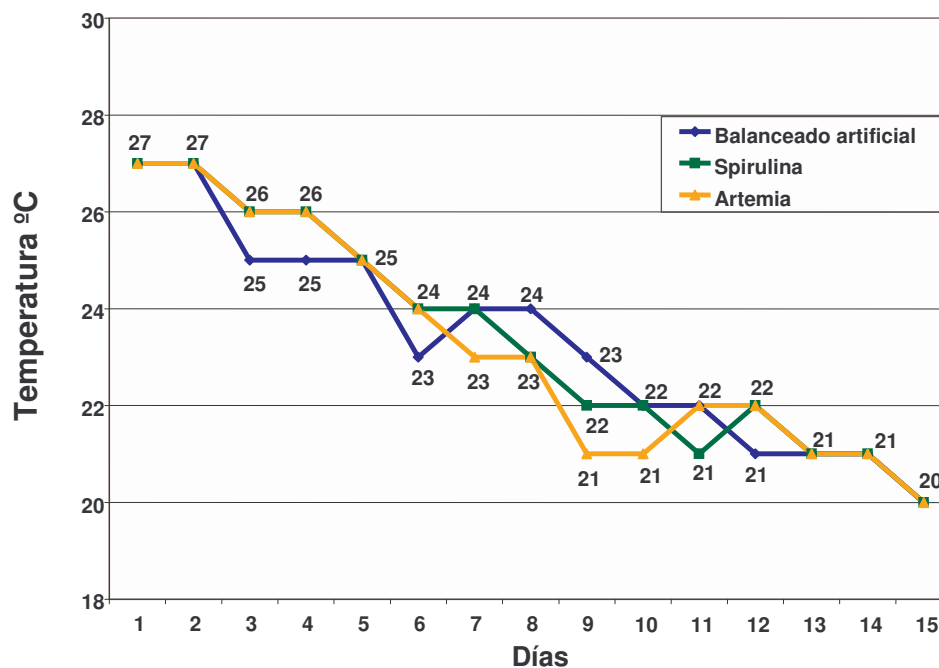
Tratamientos	Temperatura (°C)	Oxigeno mg/l	pH	CO <sub>2</sub> mg/l
T0	23,3 ± 2,1	6,17 ± 0,2	6,8 ± 0,2	2,0 ± 0,0
T1	23,4 ± 2,3	6,12 ± 0,2	6,7 ± 0,2	1.9 ± 0,0
T2	23,2 ± 2,4	6,27 ± 0,0	7,0 ± 0,4	2,0 ± 0,0

**6.6.1 Temperaturas.** Se registraron temperaturas que oscilaron desde 20 – 27°C (figura 33) durante el periodo de estudio con un promedio de 23°C (Tabla 10). Las cuales son relativamente bajas comparadas con las reportadas por Atencio<sup>83</sup> y Kennedy<sup>84</sup>, quienes registraron temperaturas medias de 27,9 y 29,6 °C respectivamente, lo cual se explica debido a que la investigación se realizó de una manera natural sin alterar la temperatura del agua (Anexo K). Las fluctuaciones se presentaron por falta de un sistema de control térmico en la estación.

<sup>83</sup> ATENCIO, Op. cit., p. 64.

<sup>84</sup> KENNEDY, Op. cit., p. 563.

**Figura 33. Registro térmico de los diferentes tratamientos durante el periodo experimental.**

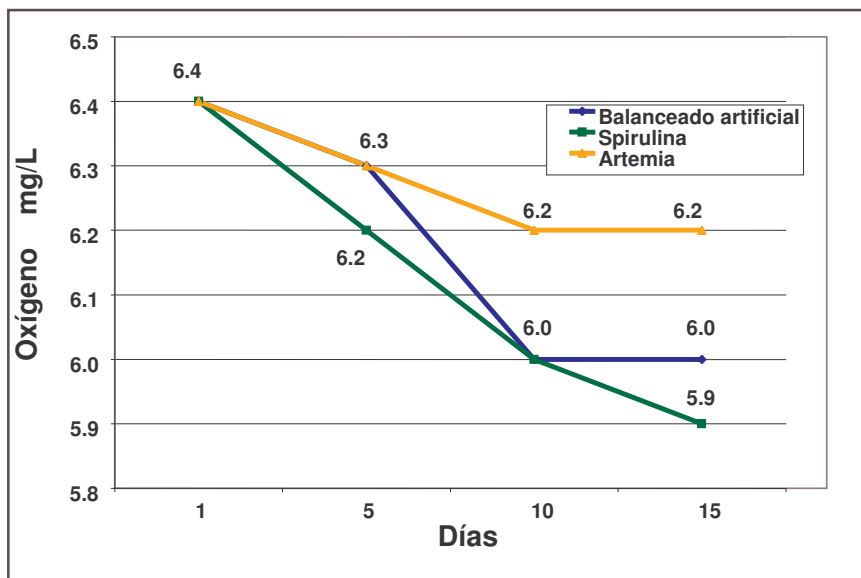


**6.6.2 Oxígeno disuelto.** Los valores de oxígeno disuelto (Figura 34) se mantuvieron entre 5,9 - 6,4 mg/L siendo estos valores inferiores a los obtenidos por Atencio<sup>85</sup>, Kennedy<sup>86</sup> quienes reportaron valores de 6,5 a 8,0 mg/L (Anexo K).

<sup>85</sup> ATENCIO, Op. cit., p. 64.

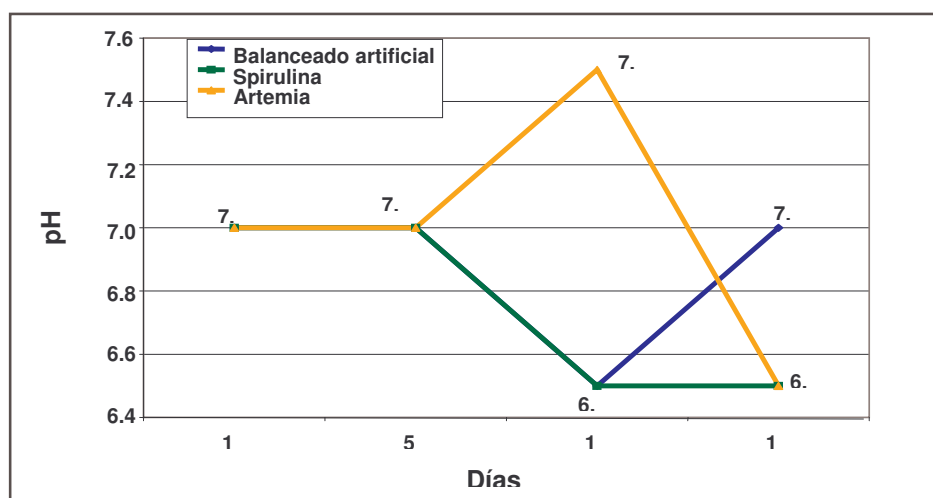
<sup>86</sup> KENNEDY, Op. cit., p. 563.

**Figura 34. Monitoreo de oxígeno disuelto de los diferentes tratamientos durante el periodo experimental.**



**6.6.3 Potencial de Hidrogenación (pH).** El registro de pH de los tres tratamientos se encontró entre 5,9 – 6,4 los cuáles son semejantes (Figura 35) a los obtenidos por Kennedy y Sipaúba quienes reportan un valor de 6,5 – 7,3. Los valores de pH de esta investigación son apropiados para el crecimiento del sábalo (Anexo K).

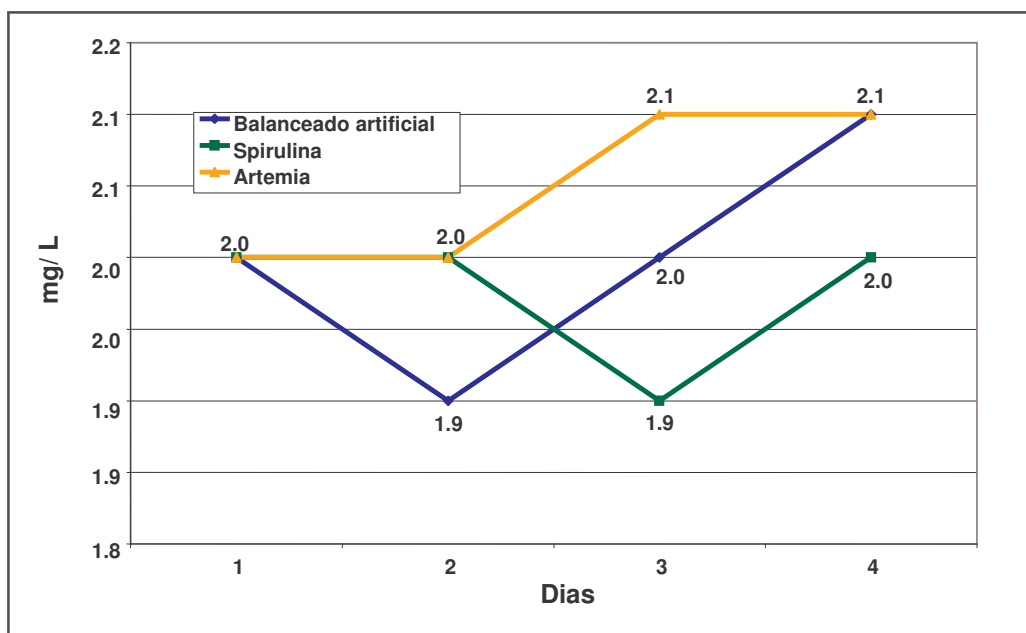
**Figura 35. Registro potencial de hidrogeno (pH) de los diferentes tratamientos durante el periodo experimental.**



**6.6.4 Dióxido de carbono.** Los valores de dióxido de carbono variaron entre 1,9 – 2,1 (Figura 36) los cuales están dentro del rango evaluado para esta especie, Kennedy y Sipaúba no reportan estos valores (Anexo K).

Arias<sup>87</sup>, recomienda para el cultivo de especies de la familia bryconidae concentraciones inferiores a 20 mg/L, por lo tanto los valores reportados en esta investigación se encuentran dentro del rango para la larvicultura del sábalo.

**Figura 36. Registro de CO<sub>2</sub> de los diferentes tratamientos durante el periodo experimental.**



**6.6.5 Amonio.** La concentración de amonio y nitritos en la investigación fue de cero. Los valores encontrados en la investigación se explican por el control del suministro de alimento, adecuados labores de limpieza y monitoreos de los parámetros físico -químicos que refleja estos valores. Arias<sup>88</sup> establece para el cultivo de especies de género brycon que el amonio debe estar por debajo de 0,01 mg/L por lo tanto el valor registrado en este estudio es adecuado para el cultivo de sábalo

<sup>87</sup> ARIAS, José. Biología reproductiva del yamú (*Brycon siebenthalae*) (pises: Charácidae) en cautiverio. Trabajo de grado (Doctor en ciencias). Sanatiago de Cali: universidad del valle, facultad de ciencias, 2002. p. 15.

<sup>88</sup> ARIAS, Op. cit., p. 15.

**6.6.6 Alcalinidad y Dureza.** Los valores de alcalinidad y dureza fueron de 14,25 ± 0,5 ppm, estos son bajos y califican el agua como muy blanda lo cual es normal si se considera que la toma de agua se encuentra ubicada en pie de monte amazónico López\*.

## 6.7 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

**6.7.1 Determinación de la relación beneficio costo.** Con base en los costos parciales incurridos durante el período experimental para cada tratamiento se estableció la relación beneficio costo, rentabilidad y el mejor tratamiento desde el punto de vista económico (Tabla 11 y 12).

En el análisis realizado tuvo en cuenta el precio de los animales cuando estos ya habían reabsorbido el saco vitelino y se encontraban en la fase de postlarva y a su vez alimentados por un periodo de 15 días.

**Tabla 11. Análisis parcial de costos de la producción de postlarvas (*B. malanopterus*), alimentadas con concentrado comercial, spirulina y artemia.**

RUBRO	T0		T1		T2				
	VLR UNIT \$	CANT	VLR TOTAL \$	VLR UNIT \$	CANT	VLR TOTAL \$	VLR UNIT \$	CANT	VLR TOTAL \$
Alimento	1.400,00	225 g	315,00	238.143,00	7,5 g	3.572,00	166.257,00	5,1g	1.995,00
Larvas	3	1.200,00	3.600,00	3	1.200,00	3.600,00	3	1.200,00	3.600,00
M. Obra	24.040,00	1 Ope/	24.040,00	24.040,00	1 Ope/	24.040,00	24.040,00	1 Ope/	24.040,00
<b>Total</b>			27.955,00			31.212,00			29.635,00

\* COMUNICACIÓN PERSONAL del Dr. López Nelson Jorge. Profesor titular de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, 2007.

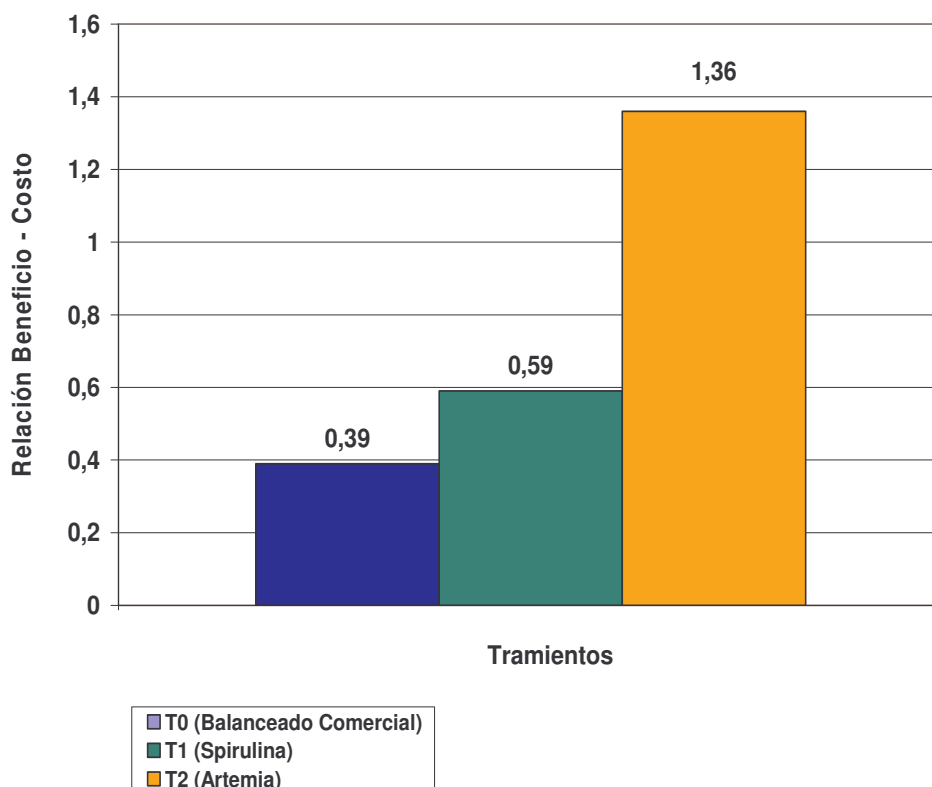


**Tabla 12. Costos e ingresos de producción durante el período experimental.**

TTO	Costo total	Sobrevivencia	Precio unit \$	Ing. Bruto	Ing. Neto	Ben/ Costo
T0	27.955,00	156	70	10.920,00	-17.035,00	0,39
T1	31.212,00	264	70	18.480,00	-12.732,00	0,59
T2	29.635,00	576	70	40.320,00	10.685,00	1.36

La relación benéfico costo para el T0 fue de 0.39 el T1 de 0.59, y el T2 de 1.36 teniendo en cuenta que la relación benéfico costo para T0 y T1 es inferior a 1 y económicamente no viable. El mejor tratamiento desde el punto de vista económico es el T2 lo anterior se explica por la mayor sobrevivencia y mejor incremento de peso observados en el tratamiento.

**Figura 37. Relación beneficio – costo en los distintos tratamientos.**



Estos valores demuestran, que los costos de producción mas bajos se deben a la alimentación que para T1 fue de 11,44% para el T2 de 6,73% y el T0 de 1,12%. El valor de las larvas para el T0 fue de 12,87%, para el T2 de 12,14% y para el T1 de 11,53%. La diferencia del porcentaje entre los tratamientos se debe a los rubros de alimentos y larvas, sin embargo el costo de la mano de obra es menor a mayor practicidad en la elaboración de las dietas, de tal manera que para T1 representó el 77,02%, para el T2 el 81,12% y para el T0 de 85,99% (Tabla 13) teniendo en cuenta que estos valores son altos debido a una unidad experimental baja, por lo tanto a una mayor población se optimizaría aun más la mano de obra, demostrando perspectivas favorables para la inclusión de alimentos de tipo planctónico en la producción de semilla de (*Brycon melanopterus*). Esto demuestra la viabilidad en la especie estudiada.

**Tabla 13. Discriminación porcentual de los costos de producción para cada tratamiento durante 15 días.**

COSTOS	TRATAMIENTOS		
	T0 %	T1 %	T2 %
Alimento	1,12	11,44	6,73
Larvas	12,87	11,53	12,14
M. Obra	85,99	77,02	81,12
<b>Total</b>	100	100	100

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

- El suministro de 10 nauplios de artemia por postlarva de sábalo amazónico durante 5 comidas diarias con un intervalo de tres horas genera los mejores porcentajes de sobrevivencia, incrementos de peso y relación beneficio costo; lo anterior se explica por el mayor valor biológico de la proteína mejor, perfil de aminoácidos, interacción de nutrientes y digestibilidad.
- El levante de postlarvas de sábalo amazónico (*B. melanopterus*) con concentrado comercial de 32% de proteína o spirulina no es viable debido a los bajos rendimientos y alta mortalidad. Lo anterior se fundamenta debido a que estos alimentos no proporcionan los nutrientes necesarios para los procesos de mantenimiento, remodelación y acumulación de tejidos.
- Se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,05$ ) en las variables incremento de peso, incremento de longitud. La prueba de tukey (95%) estableció que el mejor tratamiento fue el T3 lo anterior demuestra que el alimento vivo es mejor desde del punto de vista nutricional y como fuente de enzimas con relación al concentrado en el levante de postlarvas de sábalo amazónico.
- La relación beneficio costo de los tratamientos demostró la viabilidad económica de utilizar nauplios de artemia, como primera alimentación de postlarvas de sábalo amazónico (*B. melanopterus*).

## 7.2 RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones relacionadas con la alimentación primaria de postlarvas de sábalo amazónico con otros tipos de alimento vivo.
- Desarrollar líneas de investigación en especies ícticas nativas promisorias amazónicas y de la costa pacífica, para conformar paquetes tecnológicos en las primeras etapas de alimentación.
- Evaluar el efecto de alimentos encapsulados como primera alimentación de sábalo amazónico (*B. melanopterus*).
- Desarrollar ensayos en sitios donde se pueda controlar la temperatura de agua.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATENCIO, Víctor. Producción de alevinos de especies nativas. Revista MVZ, Montería, Colombia: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Ciencias Acuícolas. Centro de Investigación Piscícola (CINPIC), Vol. 14, No. 2 (2001). p. 13

ATENCIO, Víctor. FARID, Ricardo y ARISTIZABAL, Regino. Desarrollo y larvario de Dorada (*Brycon sinuensis*). Montería. Colombia: Centro de investigación piscícola (CINPIC), Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad MVZ. Universidad de Córdoba, 2006. p. 613 - 614.

ATENCIO, Víctor. ZANIBONI, Evoy. El Canibalismo en la larvicultura de Peces. Revista MVZ, Montería, Colombia: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Ciencias Acuícolas. Centro de Investigación Piscícola (CINPIC), Vol. 17, No. 1 (2004). P. 10 -11 - 12

ATENCIO, Victor. ZANIBONI, Evoy. PARDO, Sandra y ARIAS, Alfredo. Influência da primeira alimentação na larvicultura e alevinagem do yamú *Brycon siebenthalae* (Characidae). Centro de Investigación Piscícola, Universidad de Córdoba, Montería, Córdoba, Colombia. Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá, Vol. 25, no. 1, (2003). p. 64.

ARGUMEDO, Eric, Y ROJAS, Hector. Manual de piscicultura con especies nativas. Florencia, Colombia: Asociación de Acuicultores del Caqueta. (ACUICA). 2000: p. 27- 39 - 41- 43 - 45 - 46 – 60

ARIAS, Alfredo. Estado actual del conocimiento del yamú *Brycon amazonicus*, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Medellín, Colombia, Instituto de Acuicultura de los llanos, universidad de los llanos, Vol. 19, No. 2 (2006). p. 125

BERNALES, Jorge. Piscicultura con especies nativas amazónicas. Lima, Perú: Tratado de cooperación amazónica (TCA). p. 24 - 39

BARNABÉ, G. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Zaragoza, España: Acribia, 519. 1996. p. 32.

BOTERO, Mónica. Grupo de piscicultura, Comportamiento de los Peces en la Búsqueda y la Captura del Alimento. Grupo de Piscicultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2003. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias Vol: 2004 -2005. p. 63 - 64 - 65 - 66 - 67 - 68 - 69 - 70 - 71 - 72.

CASTRO, E. Peces del Río Putumayo, Putumayo – Colombia: Corporación autónoma regional del putumayo. 1994. p. 46.- 174.

CEBALLOS, Jaime, VILLARREAL, Humberto. GARCIA, Tsai. CIVERA, Roberto y GAXIOLA, Gabriela. Empleo del polvo de la spirulina platensis en la alimentación de zoeas y mysis de *litopenaeus scmitti* (Perez-Farfante y Kensley, 1997). Avances en nutrición acuícola VII, Sonora, México: Memorias del VII simposium internacional de nutrición acuícola, 2004. p. 617.

CHAPARRO, Nicolás. Reproducción artificial y manipulación genética en peces. Barranquilla, Colombia: Mejoras. 1994. p. 54 – 55

Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia – CORPOAMAZONIA. Centro Experimental Amazónico. Centros Experimentales [online]. (Putumayo – Colombia), 2002. citado 1 febrero de 2006. Disponible en Internet: <http://www.corpoamazonia.gov.co/ce Mocoa.htm>.

DE LA CRUZ, Job. Producción de quistes de *artemia franciscana* (Kellog, 1906) bajo condiciones controladas y determinación de su calidad con fines acuícolas. Facultad de ciencias marinas. Universidad de Colima, Colima, México. 1999. p. 5.

GARCIA, Armando. Valor nutricional de los quistes de Artemia y su uso como fuente de proteína en dietas artificiales para larvas de peces. Avances en Nutrición Acuícola. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22 Noviembre, 2000. Mérida, Yucatán. Mazatlán, México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). (2000). p. 290.

GALLARDO, Patricia. Alimentación planctónica de larvas de camarón blanco (*Pennaeus vannanei*). Trabajo de grado de (Ingeniería Producción Acuicola), Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de ingeniería en producción acuícola. 1994. p. 62 - 120

GIRÓN, Herien y CEBALLOS, Leonel. Experiencias en reproducción inducida de especies ícticas nativas promisorias (*Prochilodus nigricans*, *Brycon melanopterus* y *Schizodo fasciatus*) en el Centro Experimental Amazónico CEA Mocoa, Putumayo, Colombia: Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia - (CORPOAMAZONIA). 2000. p. 6 -11.

GUERRA, Humberto. REBAZA, Mariano y ALCÁNTARA, Fernando. Cultivo y procesamiento de peces nativos. Iquitos, Colombia: Instituto de investigaciones de la amazonia Peruana. Programa de ecosistemas acuáticos (PEA), (2000). P. 16.

HARVEY, Brian y HOAR, William. Teoría y práctica de la reproducción inducida en los peces. Ottawa, Canadá: Centro internacional de investigaciones para el desarrollo (CIID). 1980. P. 36.

KENNEDY, Ronald y ZANIBONI, Evoy. Larvicultura do Mandi-amarelo *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Siluriformes: Pimelodidae) em Diferentes densidades de estocagem nos primeiros dias de vida. Revista Brasileira de Zootecnia, Santa Maria. Brasil: Estação de Piscicultura de São Carlos (EPISCar), (2002). Vol.31, No. 2. p. 563

KOOI BW, HANEGRAAF PPF. Bi-trophic food Caín dynamics with multiple Component Populations. Bull Mathenatic Biol.2001. 371. p. 99.

LARA, Ramon. CASTRO, Thalia. CASTRO, Jorge. CASTRO, Germán. MALPICA, Aida y GARCÍA, Verónica. La importancia de Spirulina en la alimentación acuícola. Laboratorio de Producción de Alimento Vivo. México DF. México. p. 13

LIMA, Flavio y FROESE, Rainer. Catalog of fishes. Eschmeyer. California. Academy of sciences. FISHBASE: *Brycon melanopterus*, (online) (Citado el 5 Febrero, 2006). Disponible en Internet, URL: [www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm](http://www.fishbase.org/Summary/SpeciesSummary.cfm).

LÓPEZ, Jorge Nelson. Nutrición Acuícola. Fisiología digestiva de los organismos hidrobiológicos de cultivo. Pasto, Nariño – Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias.1997. p. 90 - 211.

ORTEGA, Alba y RODRÍGUEZ, Carlos. Evaluación comparativa del efecto del extracto pituitario de carpa (EPC) y gonadotropina corionica humana (HCG) en la reproducción del bagre del Patía (*Rhamdia quelen*) en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado de (Ingeniería Producción Acuícola), Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, Programa de Ingeniería Producción Acuícola. 2004. p. 72.

PALACIOS, Pedro. Evaluación comparativa de dos estimulantes de crecimiento tipo probiótico y prebiótico en el levante y ceba del Sábalo Amazónico, (*Brycon melanopterus* Cope 1872), en el Centro Experimental Trabajo de grado de (Ingeniería en Producción Acuícola), Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. 2007. p. 36 - 88 - 93 – 120

RUALES, Carlos. Efectos de la primera alimentación. Maestría en Acuicultura, Universidad de los Llanos. Instituto de Acuicultura de los Llanos. IALL. Villavicencio Meta.2006. p.3

SALCEDO, Francisco y ZAMORA, Rodrigo. Rendimiento en Talla y Peso del Sábalo (*Brycon hillyard*), Nativo del Río Patía Alimentado en Cautiverio a Base de Concentrado Comercial con el 45 % de proteína. Trabajo de grado (Ingeniería en Producción Acuícola). Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. 1998. p. 60

SIPAÚBA, Lucia. MATTOS, Marcelo. CAMPOS, Robson. Influência do formato do aquário na sobrevivência e no desenvolvimento de larvas de matrinxã *Brycon cephalus* (Osteichthyes, Characidae). \_Revista Brasileira de Zootecnia, São Paulo. Brasil: Centro de Aqüicultura Universidade Estadual Paulista - Caunesp, Via de Acesso Paulo Donato. Jaboticabal. (2006). Vol. 35, No. 2. p. 331

SIPAÚBA, Lúcia. Produção de Plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para Alimentação de Organismos Acuáticos. Rimas. São Carlos, Brasil: Rimas. 2003. p. 42.

SNEDECOR George, GOSSET, William, COLHRAN, Diseños experimentales. México Df, México: Editorial. Continental, 1977. p. 300.

WOYNAROVICH, Andras Y WOYNAROVICH, Elek. Reproducción artificial de las especies *Colossoma* y *Piaractus*. Lima, Perú: Fondepes, 1998. p. 40

WOYNAROVICH, E. y L. HORVÁTH, 1981 Propagación artificial de peces de aguas templadas. FAO, Doc.Téc.Pesca, (201) p.187-188.

ZANUY, Silvia y CARRILLO, Manuel. Reproducción en acuicultura. Madrid, España. 1987. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta. 321. p. 3 - 7 - 19 - 20 - 29



# **ANEXOS**

**Anexo A. Análisis bromatológico del Tratamiento T0 balanceado comercial.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
SECCIÓN DE LABORATORIOS  
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA**

<b>ANÁLISIS</b>	<b>Balanceado comercial con 32% de proteína</b>	
	<b>% B.P.S</b>	<b>% B.S</b>
<b>Humedad</b>	10.54	-----
<b>Materia seca</b>	89.46	-----
<b>Ceniza</b>	9.67	10.81
<b>Extracto etéreo</b>	4.27	4.77
<b>Fibra cruda</b>	4.12	4.60
<b>Proteína</b>	32.11	35.89
<b>E.N.N</b>	39.30	43.93
<b>Calcio</b>	1.61	1.79
<b>Fósforo</b>	1.74	1.95
<b>Energía bruta (Kcal/100g )</b>	412	461

**Anexo B. Análisis bromatológico del tratamiento T1 *Spirulina (S. platensis)*.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
SECCIÓN DE LABORATORIOS  
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA**

<b>ANÁLISIS</b>	<b><i>Spirulina Sp</i></b>	
	<b>% B.P.S</b>	<b>% B.S</b>
<b>Humedad</b>	6.86	-----
<b>Materia seca</b>	93.14	-----
<b>Ceniza</b>	12.35	13.26
<b>Extracto etéreo</b>	1.29	1.38
<b>Fibra cruda</b>	12.63	13.56
<b>Proteína</b>	48.63	52.21
<b>E.N.N</b>	18.25	19.59
<b>Calcio</b>	0.42	0.45
<b>Fósforo</b>	1.16	1.24
<b>Energía (Kcal/100g )</b>	436	468

**Observaciones: Calculo de Energía Bruta para muestra 1 por formula**

**GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ  
Tec. Quím. Lab. Bromatología**

**Anexo C. Análisis bromatológico del tratamiento T2 Nauplios de Artemia (*A. franciscana*).**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
SECCIÓN DE LABORATORIOS  
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA**

<b>ANÁLISIS</b>	<b>2. Nauplios Artemia</b>	
	<b>% B.H</b>	<b>% B.S</b>
<b>Humedad</b>	81.02	-----
<b>Materia seca</b>	18.98	-----
<b>Ceniza</b>	1.21	6.38
<b>Extracto etéreo</b>	3.24	17.09
<b>Fibra cruda</b>	1.44	7.61
<b>Proteína</b>	11.61	61.19
<b>E.N.N</b>	1.47	7.73
<b>Calcio</b>	0.02	0.09
<b>Fósforo</b>	0.26	1.38
<b>Energía (Kcal/100g )</b>	87	460

**Observaciones: Cálculo de Energía Bruta para muestra 1 por formula  
GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ  
Tec. Quím. Lab. Bromatología**

**Anexo D Resumen Estadístico para la variable sobrevivencia Brand y Snedecor.**

<b>Réplicas</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>Total</b>
<b>Vivos</b>	156	269	576	1.001
<b>Muertos</b>	1044	931	624	2.599
<b>Total</b>	1.200	1.200	1.200	3.600
<b>Pi</b>	0.13	0.22	0.48	<b>p= 0.276</b>

$$q = 1-p$$

$$q = 1- 0.276$$

$$q =0.723$$

$$\chi^2_c = \frac{(156 * 0.13) + (269 * 0.22) + (576 * 0.48) - (0.276 * 1.001) * 0.723}{(0.276 * 0.72)}$$

Donde si  $\chi^2_c \geq \chi^2_t$  : **Rechazo la Ho**;  $\chi^2_t$ , con 1º de libertad con 99%

$$\chi^2_c = 288.231$$

$$\chi^2_t = (T - 1) * \alpha (1\%)$$

$$\chi^2_t = 2, 1$$

$\chi^2_c \geq \chi^2_t = 9.21$  se rechaza la Ho por lo tanto es Altamente significativo

**Anexo E. Análisis de varianza peso inicial mg.**

<b>Fuente</b>	<b>Sumas de cuad.</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Cociente-F</b>	<b>P-Valor</b>
<b>Entre grupos</b>	0,0	2	0,0	0,00	1,0000
<b>Intra grupos</b>	40,95	177	0,231356		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>40,95</b>	<b>179</b>			

**Anexo F. Análisis de varianza para incremento de peso mg.**

<b>Fuente</b>	<b>Sumas de cuad.</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Cociente-F</b>	<b>P-Valor</b>
<b>Entre grupos</b>	257,7	2	128,85	90,32	0,0000
<b>Intra grupos</b>	252,5	177	1,42655		
<hr/>					
<b>Total (Corr.)</b>	510,2	179			

**Anexo G. Prueba de Tukey para el incremento de peso.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Frec.</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
1	60	2,61667	X
2	60	3,26667	X
3	60	5,41667	X
<b>Contraste</b>	<b>Diferencias</b>		<b>+/- Límites</b>
1 - 2	*-0,65		0,515413
1 - 3	*-2,8		0,515413
2 - 3	*-2,15		0,515413

- **indica una diferencia significativa.**



**Anexo H. Análisis de varianza de longitud inicial mm.**

---

<b>Fuente</b>	<b>Sumas de cuad.</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Cociente-F</b>	<b>P-Valor</b>
<b>Entre grupos</b>	0,0	2	0,0	0,00	1,0000
<b>Intra grupos</b>	1,9575	177	0,0110593		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>1,9575</b>	<b>179</b>			

---

**Anexo I. Análisis de varianza para incremento de longitud mm.**

---

<b>Fuente</b>	<b>Sumas de cuad.</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Cociente-F</b>	<b>P-Valor</b>
<b>Entre grupos</b>	488,105	2	244,053	4337,01	0,0000
<b>Intra grupos</b>	9,96017	177	0,0562721		

---

<b>Total (Corr.)</b>	498,065	179			
----------------------	---------	-----	--	--	--

**Anexo J. Prueba de Tukey para el incremento de longitud.**

---

<b>Tratamientos</b>	<b>Frec.</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
0	60	4,98833	X
1	60	5,16167	X
2	60	8,565	X

---

<b>Contraste</b>	<b>Diferencias</b>	<b>+/- Límites</b>
0 - 1	*-0,173333	0,102367
0 - 2	*-3,57667	0,102367
1 - 2	*-3,40333	0,102367

---

**\* indica una diferencia significativa.**

**Anexo K. Análisis de varianza para los parámetros físico – químicos.**

**Temperatura**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,133333	2	0,0666667	0,01	0,9877 <sup>NS</sup>
Intra grupos	225,867	42	5,37778		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>226,0</b>	<b>44</b>			

**Oxígeno**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0466667	2	0,0233333	0,69	0,5243 <sup>NS</sup>
Intra grupos	0,3025	9	0,0336111		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>0,349167</b>	<b>11</b>			

**Potencial de hidrogeno**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,125	2	0,0625	0,60	0,5694 <sup>NS</sup>
Intra grupos	0,9375	9	0,104167		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>1,0625</b>	<b>11</b>			

**Dióxido de carbono**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0116667	2	0,00583333	1,40	0,2955 <sup>NS</sup>
Intra grupos	0,0375	9	0,00416667		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>0,0491667</b>	<b>11</b>			

<sup>NS</sup> No presenta diferencia estadística significativa ( $p \leq 0,05$ ).

Gl. = grados de libertad.

P-V = valor de probabilidad de F.

**Anexo L. Datos de registro de postlarvas de *Brycon melanopterus*.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Muestra</b>	<b>Peso Final</b>	<b>L</b>
0	1	1	6	10,7
0	1	2	6	10,7
0	1	3	5	10,7
0	1	4	3	10,2
0	1	5	3	10,0
0	1	6	5	10,5
0	1	7	6	10,5
0	1	8	4	10,2
0	1	9	5	10,4
0	1	10	5	10,3
0	1	11	6	10,7
0	1	12	4	10,3
0	1	13	5	10,3
0	1	14	5	10,3
0	1	15	4	10,3
0	1	16	3	10,2
0	1	17	6	10,4
0	1	18	3	10,2
0	1	19	4	10,3
0	1	20	4	10,3
0	2	1	2	9,7
0	2	2	3	10,0
0	2	3	6	10,5
0	2	4	2	9,7
0	2	5	5	10,5
0	2	6	6	10,7
0	2	7	3	10,0
0	2	8	5	10,5
0	2	9	3	10,2
0	2	10	3	10,0
0	2	11	6	10,7
0	2	12	5	10,5
0	2	13	3	10,2
0	2	14	3	10,0
0	2	15	4	10,3
0	2	16	3	10,2
0	2	17	2	10,0
0	2	18	4	10,5
0	2	19	4	10,3
0	2	20	4	10,3

Tratamiento	Repetición	Muestra	P	L
0	3	2	5	10,3
0	3	3	4	10,3
0	3	4	5	10,3
0	3	5	4	10,2
0	3	6	5	10,4
0	3	7	6	10,5
0	3	8	4	10,4
0	3	9	4	10,3
0	3	10	3	10,2
0	3	11	4	10,3
0	3	12	3	10,2
0	3	13	3	10,3
0	3	14	6	10,4
0	3	15	3	10,2
0	3	16	4	10,3
0	3	17	3	10,3
0	3	18	6	10,3
0	3	19	6	10,5
0	3	20	6	10,5
1	1	1	4	10,3
1	1	2	5	10,5
1	1	3	7	10,7
1	1	4	6	10,7
1	1	5	5	10,5
1	1	6	4	10,3
1	1	7	4	10,3
1	1	8	6	10,5
1	1	9	5	10,4
1	1	10	4	10,3
1	1	11	5	10,5
1	1	12	6	10,7
1	1	13	4	10,3
1	1	14	5	10,7
1	1	15	4	10,5
1	1	16	3	10,2
1	1	17	4	10,2
1	1	18	4	10,5
1	1	19	6	10,7
1	1	20	4	10,3
1	2	1	4	10,2
1	2	2	5	10,5
1	2	3	4	10,3
1	2	4	6	10,7

Tratamiento	Repetición	Muestra	P	L
1	2	6	7	10,7
1	2	7	5	10,5
1	2	8	4	10,5
1	2	9	4	10,5
1	2	10	4	10,5
1	2	11	7	10,7
1	2	12	6	10,5
1	2	13	5	10,7
1	2	14	4	10,3
1	2	15	3	10,3
1	2	16	4	10,3
1	2	17	6	10,7
1	2	18	4	10,3
1	2	19	6	10,7
1	2	20	5	10,3
1	3	1	7	10,8
1	3	2	4	10,3
1	3	3	5	10,3
1	3	4	4	10,3
1	3	5	3	10,3
1	3	6	7	10,8
1	3	7	5	10,5
1	3	8	6	10,7
1	3	9	5	10,5
1	3	10	5	10,3
1	3	11	4	10,3
1	3	12	6	10,5
1	3	13	5	10,5
1	3	14	5	10,7
1	3	15	5	10,3
1	3	16	4	10,5
1	3	17	5	10,7
1	3	18	5	10,5
1	3	19	6	10,5
1	3	20	5	10,7
2	1	1	8	14,1
2	1	2	7	14,0
2	1	3	7	14,0
2	1	4	8	14,1
2	1	5	9	14,3
2	1	6	8	13,1
2	1	7	6	13,0
2	1	8	7	13,3

Tratamiento	Repetición	Muestra	P	L
2	1	10	6	14,1
2	1	11	8	13,8
2	1	12	7	13,8
2	1	13	9	14,0
2	1	14	6	14,0
2	1	15	7	14,0
2	1	16	8	14,0
2	1	17	6	13,6
2	1	18	9	14,1
2	1	19	8	13,8
2	1	20	7	13,8
2	2	1	7	14,0
2	2	2	8	14,1
2	2	3	7	14,0
2	2	4	6	13,8
2	2	5	7	14,0
2	2	6	9	14,1
2	2	7	6	13,6
2	2	8	6	13,8
2	2	9	7	14,0
2	2	10	5	13,6
2	2	11	6	13,8
2	2	12	5	13,6
2	2	13	8	14,0
2	2	14	7	14,0
2	2	15	6	13,8
2	2	16	6	13,6
2	2	17	8	14,0
2	2	18	8	14,0
2	2	19	5	13,3
2	2	20	7	13,3
2	3	1	7	14,0
2	3	2	8	14,1
2	3	3	9	14,2
2	3	4	7	14,0
2	3	5	5	13,8
2	3	6	5	13,8
2	3	7	7	14,0
2	3	8	9	14,3
2	3	9	6	14,0
2	3	10	8	14,1
2	3	11	8	14,1
2	3	12	9	14,3



2	3	13	7	14,0
2	3	14	6	13,8
2	3	15	4	13,6
2	3	16	6	13,8
2	3	17	7	14,0
2	3	18	6	14,0
2	3	19	8	14,1
2	3	20	9	14,1

---