

EVALUACION COMPARATIVA DE PREBIÓTICOS Y PROBIÓTICOS  
INCORPORADOS EN EL ALIMENTO COMERCIAL SOBRE EL CRECIMIENTO  
Y LA SOBREVIVENCIA DE UNA ESPECIE NATIVA, EL SÁBALO AMAZÓNICO  
(*Brycon melanopterus*) Y UNA ESPECIE FORÁNEA, TRUCHA ARCOIRIS  
(*Oncorhynchus mykiss*).

J Palacios Palacios<sup>1</sup>; Coral Santander<sup>2</sup>; A Zambrano Lucero<sup>3</sup>; J. López Macias<sup>4</sup>.

<sup>1,2,3</sup> Ingenieros en Producción Acuícola – Universidad de Nariño. <sup>4</sup>MVZ., Esp., M.Sc.,  
Ph.D (C)., Profesor titular.

Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola  
año II, vol. 2, 2007. ISSN 1909 - 8138

## 1. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería en Producción Acuícola ha alcanzado gran importancia dentro del sistema alimentario por la producción de bienes de gran calidad biológica desde el punto de vista nutricional y por ubicarse en áreas deprimidas o de mediano desarrollo, donde puede originar una serie de actividades conexas que estimulan una dinámica de crecimiento, lo cual se hace mucho más evidente si se tiene en cuenta que el sistema alimentario colombiano, presenta limitaciones estructurales y aún no ha desarrollado toda su capacidad. En el mundo, en los pasados diez años, la producción de alimentos procedentes de la acuicultura de aguas marinas y continentales ha crecido significativamente a una tasa del 9,2% anual, comparada con sólo el 1,4% de las capturas pesqueras y el 2,8% de los sistemas de producción de carne procedente de animales terrestres. La importancia de la acuicultura es cada vez más reconocida, sobre todo en el abastecimiento de pescado como alimento de consumo humano, debido a que proporciona más del 15% del suministro total de proteínas animales de alto valor biológico y bajo costo.

El departamento de Nariño, por ser fronterizo, andino, amazónico y pacífico, presenta condiciones excepcionales para el desarrollo de la acuicultura por su variedad de suelos, topografía, pisos térmicos cultivables y riqueza hídrica e ictiológica. Sin embargo, las especies ícticas nativas promisorias de cultivo han sido relegadas en lo referente a investigación científica aplicada, por la falta de recursos y desinterés de la mayoría de las instituciones públicas y privadas. La anterior situación ha estimulado la explotación acuícola de especies foráneas y/o introducidas, sin ningún tipo de adaptación a las características propias de los lagos intreandinos como es el caso de la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), la especie íctica más importantes de la acuicultura continental semiintensiva e intensiva del suroccidente colombiano con una producción calculada de 2000 toneladas por año (Rosado, 2003) participando el altiplano Nariñense en el mismo período con 900 ton/año. Sin embargo, los principales obstáculos para la expansión de esta actividad acuícola en la región son la ausencia de semillas certificadas, los altos costos de producción, la deficiente calidad de los balanceados comerciales y la alta mortalidad que se presenta durante el ciclo productivo específicamente en los cultivos establecidos en jaulas flotantes localizadas en el lago Guamuez, lo que se ha reflejado en serios problemas de manejo en las diferentes etapas de cultivo, poca rentabilidad y finalmente dificultades en el fomento. (López, 1997). Igualmente, las especies autóctonas han demostrado en diferentes estudios incrementos inferiores a un gramo diario, bajo rendimiento por hectárea y exigencia en cantidad y calidad de agua. Por esta

razón, el Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño ha desarrollado la línea de investigación multidisciplinaria e interinstitucional sobre especies ícticas nativas de las cuencas de los ríos Patía y Amazonas. En concordancia con esto celebramos los días 23, 24 y 25 de mayo de 2007 la cuarta edición de nuestro Seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola, con el objetivo emblemático “Por nuestras especies ícticas nativas”.

Por lo anteriormente expuesto, se justifica evaluar nuevas técnicas en organismos hidrobiológicos no sólo foráneos sino nativos como el sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*) especie íctica promisorias de la región amazónica, mediante la incorporación de prebióticos y probióticos en el alimento artificial con el fin de estimular el crecimiento y disminuir la mortalidad en condiciones de cautiverio. Según López (1997), estas son sustancias que promueven el crecimiento de la flora intestinal benéfica y al mismo tiempo controlan los organismos patógenos, optimizando la absorción de los nutrientes y la entrada de los mismos al sistema portal y el metabolismo hepático. Debido a estas circunstancias, los peces que consumen probióticos y prebióticos mejoran la conversión alimenticia, ganancias de peso, eficiencia proteica neta y por ende la capacidad para producir anticuerpos y así luchar contra las enfermedades y disminuir la mortalidad. Además, su empleo tiene beneficios sobre el ecosistema y la seguridad alimentaria del consumidor. En contraste, el uso indiscriminado de hormonas y antibióticos como promotores de crecimiento de los organismos tienen efectos adversos en las distintas cadenas tróficas y finalmente acumulación en el filete de pescado con graves perjuicios para la salud del consumidor.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar el efecto comparativo sobre el crecimiento y la sobrevivencia de prebióticos y probióticos adicionados al alimento artificial de una especie nativa el sábalo amazónico (*brycon melanopterus*) y una especie foránea, trucha arcoiris (*oncorhynchus mykiss*), durante distintas etapas de desarrollo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Cuantificar la tasa de crecimiento simple y las ganancias periódicas de peso de los diferentes tratamientos, correspondientes a los experimentos sobre sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*) y trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

Establecer la conversión alimenticia aparente durante el periodo experimental.

Calcular el porcentaje de mortalidad en los tratamientos experimentales.

Definir la relación beneficio costo de los tratamientos mediante el método de análisis parcial de costos.

## 3. MARCO TEÓRICO

### 3.1 GENERALIDADES DEL SÁBALO AMAZÓNICO (*Brycon melanopterus*, Cope 1872)

De acuerdo con Arias (2002) en Colombia, solamente tres especies del género *Brycon* (*B. siebenthalae*, *B. moorei* y *B. henni*) han sido objeto de diferentes trabajos sobre biología y cultivo. De las cuales, el yamú de la orinoquía (*B. siebenthalae*), es la especie

que más estudios recientes ha tenido sobre el comportamiento en ambientes naturales, desempeño reproductivo inducido y cultivo controlado. El género *Brycon* agrupa cerca de 67 especies ampliamente distribuidas en América Neotropical, desde el sur de México hasta Argentina y desde los ríos de la costa pacífica de Colombia, Ecuador y Perú hasta el Pantanal del bosque inundado de Brasil. Girón (2000), determina que el sábalo amazónico *B. melanopterus* se distribuye en los ríos de la cuenca Amazónica, llegando incluso a los afluentes del río Caquetá y Putumayo.

### 3.1.1 Clasificación taxonómica. Según Zuluaga y Correa (1999)

La clasificación del el sábalo amazónico es:

Reino: Animal

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Clase: Osteichthyes

Subclase: Actinopterygii

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Subfamilia: Bryconidae

Genero: *Brycon*

Nombre científico: *Brycon melanopterus* Cope, 1872.

Nombre vernacular: Sábalo amazónico (Colombia)

Castro (1997) menciona que el sábalo amazónico (*B. melanopterus*) es muy apetecido por los pescadores comerciales y deportivos de la zona alta del río Mocoa y hacen parte de la dieta de indígenas, campesinos y habitantes ribereños de la Amazonía Colombiana.

### 3.1.2 Características anatómicas y fisiológicas

Esta especie presenta cuerpo elongado y alto (altura 2,6 – 2,78 veces en la LS), medianamente comprimido con escamas pequeñas; cabeza corta (cuatro veces en la LS) con perfil cóncavo y ojos pequeños. La coloración general del sábalo amazónico (*B. melanopterus*) es plateada, con dorso oscuro, 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 más externos rojizos; aleta adiposa naranja; primeros radios de la aleta anal rojizos; aleta pélvica y pectorales rojizas y aleta dorsal amarillenta (Figura 1). Se caracteriza por presentar 10 a 11 radios blandos en la aleta dorsal, 15 a 16 radios blandos en la aleta pectoral, ocho radios blandos en la aleta pélvica, de 23 a 27 radios blandos en la aleta anal y 23 a 24 radios en la aleta caudal. Sus aletas son oscuras; la línea lateral se inicia en la parte media del opérculo y tiene de 64 a 67 escamas, 14 escamas arriba de la línea lateral y 12 debajo de la misma. La longitud de la cabeza se encuentra en una relación de 1,0:5,0 respecto a la longitud estándar y su profundidad esta en una proporción de 1,0:3,5 con relación a la misma.

Figura 1. Sábalo Amazónico



### 3.2 SISTEMA INMUNE

Según Cagigas y Gonzales (2002), el sistema de defensa del organismo, es el encargado de poner en marcha una serie mecanismos para hacer frente a la invasión masiva de sustancias extrañas (antígenos). El tipo de respuesta inmune depende la naturaleza del antígeno virus, bacterias, parásitos, hongos, pólenes, toxinas y determinadas proteínas alimentarias), así como de la vía de entrada al organismo (piel, sangre, mucos de tracto respiratorio, epitelio del tracto gastrointestinal). La primera línea de defensa previene de la mayor parte enfermedades infecciosas y está constituida por barreras físico químicas como son la piel y la capa mucosa. La inmunidad secretora mucosa es el proceso más conocido en defensa contra enteropatógenos. La Ig A en el lumen intestinal reacciona con los antígenos específicos previniendo su ataque a la superficie de la mucosa, este efecto protector depende de la capacidad de unión al antígeno y se ha llamado exclusión competitiva, que puede definirse como el establecimiento temprano de la flora intestinal del adulto para evitar la colonización de gérmenes perjudiciales.

De acuerdo con López (2005) diferentes estudios han evaluado el efecto de varias sustancias naturales como estimulantes del sistema inmunológico en mamíferos pero existe poca información sobre su utilización en dietas para peces. Sin embargo, el mismo autor sostiene que el  $\beta$  - Caroteno (Vitamina A), Alfa - Tocoferol (Vitamina E), Acido ascórbico (Vitamina C) y minerales como Selenio, Fe y Zinc han demostrado participar en muchos mecanismos fisiológicos de los peces y uno de los mas importantes se deriva de su actividad antioxidante y protectora de membranas celulares. Se ha comprobado que la actividad patológica de muchos microorganismos se debe a la acción destructora de los radicales libres sobre las membranas lipoproteicas de las células. Igualmente, los peces continentales son incapaces de sintetizar ácidos grasos indispensables de la serie Omega-3 (Serie del Linolénico). Estos ácidos grasos intervienen en muchas actividades fisiológicas y su ausencia en la alimentación

artificial, se traduce en incremento bajo de peso inadecuada conversión alimenticia y mayor susceptibilidad de los peces a adquirir enfermedades. Desafortunadamente, la incorporación de las sustancias antioxidantes mencionadas y de los ácidos grasos representa para las multinacionales de balanceado para peces, mayores costos de producción debido a la adición de harinas y aceites de pescado. Además, las vitaminas A y C son altamente termolábiles lo que significa que se destruyen durante los procesos térmicos normales que ocurren durante la elaboración de los concentrados por métodos de compresión o extrusión que son los más comunes en Colombia. Igualmente, la vitamina E, teniendo en cuenta su acción antioxidante y el nivel de lípidos existentes en los balanceados para peces, se reduce su concentración a medida que el período de almacenamiento es mayor.

Uno de los métodos más eficientes en la prevención de enfermedades acuícolas, es el aporte adecuado de nutrientes, para cubrir las necesidades de restitución, remodelación y acumulación de nuevos tejidos, lo mismo que la formación de anticuerpos, los cuales son de naturaleza fundamentalmente proteica; además, el suministro de todas las vitaminas liposolubles e hidrosolubles y el aporte de los macro y microminerales, según la especie íctica de cultivo y la etapa fisiológica, fase de desarrollo y características fisicoquímicas del agua (López, 1997). Por esta razón, Klesius, (1992) recomienda para mantener activas y estimuladas las defensas de los peces, la incorporación en alta dosis, al alimento artificial de inmunoestimulantes como son las vitaminas antioxidantes (A, E, C), los minerales Zn, Fe y Se; o la inclusión de sustancias naturales extraídas de las levaduras como el Glucán. Las citadas sustancias han sido evaluadas como inmunopotenciadores en distintas especies de peces, como salmónidos, ciprínidos y silúridos mediante inyecciones, baños de inmersión o en el alimento. Los principales trabajos que se encuentran reportados en la literatura al respecto son los realizados por Siwicki et al (1987), Nickl et al (1991), Chen y Ainsworth (1992), Anderson y Siwicki (1994), Siwicki et al (1994). Igualmente, Siwicki et al (1990) analizó el levamisole como inmunopotenciador. Sin embargo, Klesius, (1992) sostiene que por costos y facilidad de adicionar al alimento para peces, en condiciones de confinamiento, es factible utilizar megadosis de vitamina C, en su forma derivada de fosfato de ácido ascórbico, lo mismo que sustancias tipo prebiótico como los glucanos o la utilización de bacterias benéficas denominadas probióticos que actúan como inmunoestimulantes.

### 3.3. PREBIÓTICOS

De acuerdo con Galán (2004), los prebióticos son polisacáridos generalmente de origen vegetal que estimulan el crecimiento y la actividad de especies bacterianas beneficiosas para organismo, potencian la absorción de sustancias nutritivas, mejoran las funciones de la flora intestinal, regulan sus funciones. Los prebióticos controlan además durante el tránsito intestinal la absorción de grasas presentan funciones microbicidas y anticancerígenos. También facilitan la absorción del calcio y otros minerales además de colaborar activamente en síntesis de vitaminas del complejo B y de la vitamina K.

Para Santomá (2006), entre los prebióticos más estudiados se encuentra la inulina y los fructooligosacáridos derivado de ésta, los oligosacáridos de la soja, lactulosa, rafinosa y estaquinoso. De acuerdo con Rosado (2003) y Ondaza (2003) determinan que los fructooligosacáridos que alcanzan el intestino, son fácilmente metabolizados por la microflora digestiva, dando lugar a una producción de ácidos orgánicos (ácidos grasos volátiles y ácido láctico), así como de gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>), los primeros son largamente absorbidos, permitiendo así al huésped, recuperar parte de la energía

química suministrada por los carbohidratos no digeribles. Los prebióticos comparados con los probióticos presentan ventajas distintas como estimulación in situ del crecimiento de ciertas bacterias residentes (endógenas y comensales) y activación del metabolismo bacteriano.

Según Rosado y Ondaza (2003), un ingrediente alimenticio considerado prebiótico debe cumplir con los siguientes criterios: No debe ser hidrolizado u absorbido en la parte superior del tracto gastrointestinal. Ser un sustrato selectivo tanto para una o varias bacterias comensales benéficas al intestino, que son estimuladas en su crecimiento y/o metabólicamente activadas. Alterar la flora a favor de una composición más saludable e inducir efectos sistémicos o lumbales que sean benéficos para la salud del huésped.

De acuerdo con Cruz y Mendoza (2000), los prebióticos más comunes son los oligosacáridos, los cuales modifican la cantidad o el tipo de microorganismos presentes en el tracto digestivo. Existen diferentes oligosacáridos como el Beta1,3; Beta 1,6 D-Glucán que poseen algunos modos y mecanismos de acción similares y otros diferenciales. Los más estudiados como mejoradores del funcionamiento digestivo y metabólico son los mananoligosacáridos, derivados de las paredes celulares de las levaduras. Así mismo, numerosas bacterias poseen en su superficie fimbrias (lecitinas portadoras de manosa), las cuales le permiten adherirse a las paredes intestinales. En contraste, los mananos dietéticos actúan aglutinándose sobre fimbrias bacterianas impidiendo su adhesión.

El 1.3 Betaglucán es un polímero de polisacárido extraído de la pared celular de varios organismos, especialmente de la levadura *Sacharomyces Cervisiae* y del hongo *Schizophyllum commune*. La acción inmunológica de esta sustancia se explica por la ligazón de un receptor de Glucán específico presente en la superficie de las células de diferentes animales. Este receptor, activa la fagocitosis por la vía alternativa del complemento, incrementa la capacidad neutrofílica y macrofágica de los leucocitos polimorfonucleados, estimula el metabolismo del ácido araquidónico endógeno e incrementa la producción de ciertas citocinas como el interferón (López, 2005).

Distintas investigaciones realizadas en peces y camarones por Yano et al. 1989, Robertsen et al. 1990, Chen y Ainsworth 1992, Ainsworth et al. 1994, Siwicki et al. 1994; han demostrado que esta sustancia actúa como estimulante del sistema inmunológico; mejora las condiciones generales de peces y crustáceos, captura y absorbe toxinas, fortalece las larvas, lo que permite tolerar en mejores condiciones, el estrés, causado por el transporte, siembra y transferencia. Incrementa la supervivencia desde el comienzo del ciclo, hasta la cosecha del camarón; favorece un crecimiento homogéneo y por ende, el mercadeo de los lotes y además, disminuye el periodo de cultivo. Las investigaciones de Molina et al. (2000) comprobaron que los oligosacáridos de la levadura, mejoran la actividad fagocítica de heterófilos y monocitos de peces; activan el sistema inmunológico humoral y el mediatizado por células como los linfocitos T. Otero et al. (2000) demostraron que los betaglucanos estimulan el sistema inmunológico de los camarones mediante la activación del sistema de la profeniloxidasas que es el responsable de encapsular los agentes patógenos.

Triviño (2001), evaluó el efecto del  $\beta$ -Glucán en camarones (*Litopenaeus vannamei*), levantados en cautiverio en la ensenada de Tumaco (Departamento de Nariño), afectados con el síndrome viral de la mancha blanca (WSSV). Los ejemplares fueron alimentados con dietas isonitrogenadas e isoenergéticas que contenían niveles del inmunoestimulante que fluctuaban entre 1.2 a 1.8/kg. de balanceado. El mencionado autor, demostró que el  $\beta$ -Glucán registró efectos positivos con relación a la sobrevivencia, incremento de peso, longitud y conversión alimenticia.

Ainsworth, et al (1996) evaluaron,  $\beta$  Glucán procedente de *Schizophyllum commune* para activar la respuesta inmune de bagre de canal (*I. punctatus*) y encontraron que los peces alimentados con dietas suplementadas con 0,1% de  $\beta$  - Glucán, tenían títulos de anticuerpos significativamente superiores para *E. ictaluri* que los peces alimentados con raciones tipo control o suplementadas con 1,0% de  $\beta$  - Glucán.

Yano, et al (1989), citado por López (2005) analizaron extractos de glucán procedentes de la levadura y plantas y los inyectaron en carpa, previamente infectada por *Edwardsiella tarda*. Los autores mencionados observaron que todos los peces testigo, murieron dentro de tres días siguientes, sin embargo, los peces que recibieron la inyección con los extractos fúngicos presentaron tasas de supervivencia de 60 a 90%. Los ejemplares, inyectados con glucán extraído de champiñones, obtuvieron supervivencias entre el 55 y el 90%. Estos autores también encontraron que los peces inyectados con glucán tenían actividades séricas de complemento superiores, que podrían ser correlacionadas con el grado de protección; concluyendo, que el  $\beta$ - Glucán puede ser útil cuando se usa conjuntamente con vacunas.

Chen y Dinsworth (1992), citado por López (2005), reportaron reducciones de mortalidad en bagre de canal infectado con *E.ictaluri*, con inyección intraperitoneal de  $\beta$ -1,3-glucán. Robertson, et al (1990) inyectó salmón del Atlántico (*Salmo salar*) con glucán y los peces mostraron disminución de la mortalidad cuando éstos se infectaron con *Vibrio anguillarum*, *V. salmonicidia* o *Yersinia ruckerii*. Así mismo, Jeney y Anderson (1993) demostraron, elevaciones en los mecanismos de defensa no específicos después que las truchas fueron inyectadas o bañadas en una solución de glucán o en diluciones que contenían este compuesto, combinado con un antígeno de la bacteria *Y. ruckerii*.

### 3.4. PROBIÓTICOS

Probiótico se deriva de dos vocablos, del latín –pro, que significa por o a favor de, y del griego –bios, que quiere decir vida, Cagigas y Gonzales (2002). De acuerdo con Cruz Mendoza (2000) los probióticos son bacterias benéficas que se adicionan en el alimento para competir por sustratos de origen alimentario o sitios de adhesión bacteriana a las paredes del tracto digestivo. Los animales acuáticos presentan poblaciones de microorganismos específicos que se encuentran formando parte de la microflora endógena bacteriana. Por tanto, son un fiel reflejo composición de las especies microbianas del agua. Así, cuando se presentan problemas patológicos por lo general se asocia con la desestabilización del ecosistema. Entre tanto Guevara (2001), los define como un suplemento alimenticio microbial vivo que contribuye a un equilibrio microbiano intestinal, que permite controlar microorganismos patógenos por medio de la estimulación del sistema inmune, mediante la acidificación del contenido intestinal , activando bacterias benéficas y levaduras que aportan vitaminas y enzimas bacterianas que colaboran en una mejor degradación del alimento consumido. Sinérgicamente actúan como promotores de crecimiento, debido a que su acción sobre el intestino favorece mayor absorción y utilización de nutrientes.

En acuicultura el concepto probiótico se define como un suplemento microbiano formado por un cultivo simple o mixto de microorganismos seleccionados que son adicionados con el propósito de manipular comunidades microbianas presentes en los sistemas de producción. Mientras que para Chabrillón (2004) y Moroñigo (2004) citando a Verschuere (2000), es un microorganismo vivo que tiene un efecto benéfico sobre el hospedador modificando la comunidad microbiana relacionada con él o con ambiente en el que éste se desarrolla, a través de una mejora del uso del alimento o de

su valor nutricional, y/o de respuesta del hospedador a las enfermedades, y/la calidad del ambiente. Reuters (2002) sostiene que los probióticos son microorganismos vivos que producen ácido láctico; el cual reduce el pH intestinal inhibiendo el desarrollo de microorganismos patógenos del intestino (*Escherichia coli* y *Salmonella enteritidis*), también producen metabolitos y antibióticos que dificultan el desarrollo de los microorganismos patógenos.

Para Galán (2004) se considera un alimento prebiótico, aquel que cumple los siguientes requisitos: Inocuo y de efectos benéficos y puede suministrarse solo o simultáneamente con antibióticos. Los microorganismos activos que lo componen deben sobrevivir al ambiente ácido del estómago, a la presencia de sales biliares y al proceso digestivo. Sus componentes deben ser capaces de colonizar el intestino y formar una barrera protectora contra bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Salmonella*, y *Staphylococcus*, entre otras. Ayudan a metabolizar los carbohidratos y a absorber las vitaminas en el tracto intestinal. Deben alterar, equilibrar y fortalecer la flora intestinal al mismo tiempo que estimula las defensas naturales del cuerpo. Colaboran en la metabolización de los carbohidratos y a absorber las vitaminas en el tracto intestinal. Deben alterar, equilibrar y fortalecer la flora intestinal al mismo tiempo que estimula las defensas naturales del cuerpo. Inducen efectos locales o sistémicos benéficos para la salud del huésped, más allá de los meramente nutritivos. Disminuyen y previene el riesgo de contraer enfermedades y mejoran el estado de salud.

Según López et al (2005), los organismos utilizados como probióticos para animales se clasifican en aerobios, anaerobios, bacterias productoras de ácido láctico y levaduras. Los géneros bacterianos más utilizados son los *Lactobacillus*, microorganismos procedentes de la fermentación la leche que se conocen como bacterias ácido lácticas, las cuales pueden ser homofermentativas: que producen de un 70-90% de ácido láctico como el *L. bulgaricus* y *L. acidophilus*. Heterofermentativas que generan alrededor de un 50% ácido láctico como el *L. casei*. Termófilas: crecen mejor en un rango temperatura de 40° a 44°C como el *S. thermophilus*. Mesófilas: en un rango térmico de 25° - 30C. *L. casei*. Aerobias facultativas: prefieren condiciones aerobias para su metabolismo como la mayoría de las bacterias ácidolácticas y anaerobias estrictas las cuales sobreviven solo en condiciones anaerobias como las bifidobacterias.

#### 4. ENSAYOS REALIZADOS

##### 4.1 EVALUACIÓN COMPARATIVA DE PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS EN EL SÁBALO AMAZÓNICO (*Brycon melanopterus*)

###### 4.1.1 Resumen

La presente investigación estudió durante 120 días el efecto de la inclusión de un probiótico y un prebiótico sobre el crecimiento y sobrevivencia del sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*), en las fases de levante y ceba en la estación Piscícola del Centro Experimental Amazónico (CEA), de Corpoamazonia ubicada en el municipio de Mocoa. El ensayo evaluó 558 ejemplares con peso inicial promedio de 63±11,21 g, longitud total promedio de 16±1,0 cm y edad de 75 días obtenidos mediante reproducción inducida, los cuales fueron sembrados a una densidad de 1,5 animal/m<sup>2</sup> distribuidos en un Diseño Irrestrictamente al Azar conformado por cuatro tratamientos y tres réplicas cada uno de la siguiente manera:

T0: Alimento concentrado comercial con 32% de proteína.

T1: Alimento concentrado comercial adicionado con 2,0 g/Kg de probiótico.



T2: Alimento concentrado comercial suplementado con 2,0 g/Kg de prebiótico.

T3: Alimento concentrado comercial adicionado con 1,0 g/Kg de probiótico y 1,0 g/Kg de prebiótico.

El alimento se distribuyó tres veces al día a una tasa de alimentación de 6,0% del peso vivo, la cual se redujo gradualmente durante el trabajo de campo, hasta el 3%. Los promotores de crecimiento se adicionaron al concentrado comercial diariamente mediante el método de impregnación con almidón.

El incremento de peso mensual según el análisis de varianza reportó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ) y de acuerdo a la prueba de Tukey (95%) el T1 registró el mejor resultado con 88,52 g/mes en comparación al T2, T3 y T0 con 84,83 g/mes, 82,41 g/mes y 76,57 g/mes, respectivamente. Los resultados de conversión alimenticia aparente (T0, 1,99; T1, 1,57; T2, 1,6 y T3, 1,7) no fueron estadísticamente significativos según el análisis de varianza ( $p > 0,05$ ). La tasa de crecimiento simple fue en promedio de 54,31% para el T0, 63,46% para el T1, 63,49% para el T2 y 61,07% para el T3. El tratamiento T1 reportó una producción calculada por hectárea/año de 8.346,40 Kg, en comparación con los tratamientos T2 con 8.045,60 Kg, T3 con 7.867,60 Kg y T0 con 7.432,40 Kg.

Los parámetros físico-químicos: pH, temperatura, oxígeno disuelto, amonio, dureza, alcalinidad y dióxido de carbono, se mantuvieron dentro de los rangos recomendados para piscicultura continental. Sin embargo en el tercer mes de estudio se presentaron concentraciones de oxígeno por debajo del valor óptimo, afectando el crecimiento de los ejemplares en todos los tratamientos experimentales.

La sobrevivencia fue del 100% en los tratamientos que recibieron los promotores de crecimiento y del 76,75% en el tratamiento T0. Lo anterior demuestra el efecto positivo de estas sustancias al estimular el sistema inmunológico para responder a patologías de diverso origen y variable intensidad que se presentaron durante el cultivo. La relación beneficio costo del T0 fue 1,21, el T1 1,37, el T2 1,34 y el T3 1,30, lo cual significa que los cuatro tratamientos son económicamente viables. Sin embargo los que tenían los promotores de crecimiento fueron mejores desde el punto de vista económico.

#### 4.1.2 Abstrac

The present research analyzed during 120 days the effect of the inclusion of a probiotic and a prebiotic over the growth and survival rate during the phases of alevine and juvenile of Sábalo Amazónico (*Brycon melanopterus*). The work was developed at The Fishculture Station of Amazon Experimental Center (CEA), of Corpoamazonia located in the city of Mocoa. A total of five hundred fifty eight fish were studied. The average initial weight of each fish was of  $63 \pm 11,21$  g, a total length of  $16 \pm 1,0$  cm and 75 days of age. Those fish were obtained by induced reproduction. They were stocked to a density of 1,5 fish / m<sup>2</sup> an Irrestricted random design was used; which was made by four treatments and three replication per treatment distributed in the following way:

T0: Commercial feed with 32% of protein.

T1: Commercial feed added with 2,0 g/Kg of probiotic.

T2: Commercial feed with 2,0 g/Kg of prebiotic.

T3: Commercial feed added with 1,0 g/Kg of probiotic and 1,0 g/Kg of prebiotic.

The feed was distributed three times daily to a rate of feeding of 6,0% of the alive weight, which decreased gradually during the field work, until 3%. The promoters of growth were added daily to the commercial concentrate by means of the method of impregnation with starch.

The increment of monthly weight, reported significant differences among the treatments according to analysis of variance ( $p < 0,05$ ) and Tukey test at 95%. The T1 registered the best result with 88,52 g/month in relation to the treatments T2, T3 and T0 with 84,83 g, 82,41 g y 76,57 g, respectively. The feed conversion was not different between treatments. The results for the T0 were of 1,99, for the T1 1,57, for the T2 1,6 and for the T3 1,7. The rate of simple growth was of 54,31% for the T0, 63,46% for the T1, 63,49% for the T2 and 61,07% for the T3.

The calculated total production per hectare/year was 8.346,40 Kg for the treatment T1, in comparison with the treatments T2 with 8.045,60 Kg, T3 with 7.867,60 Kg and T0 with 7.432,40 Kg.

Physical chemical parameters such as: pH, temperature, dissolved oxygen, ammonium, hardness, alkalinity and carbon dioxide, were inside the ranges recommended for continental fish farming. However in the third month of study the oxygen concentrations were below the appropriate value, affecting the growth of the fish in all the experimental treatments.

The survival rate was of 100% in the treatments with promoters of growth and of 76,75% in the treatment T0, this demonstrates the positive effect, when these substances are added to the commercial feed because they strength the immune system of the fish challenged whit different pathologies during the research. The cost-benefit relationship shows that all treatments were feasible from the economic standpoint of view (T0, 1,21; T1, 1,37; T2, 1,34; T3, 1,30); however the treatments with promoters of growth were the best according to the rentability.

#### 4.1.3 Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Estación Piscícola del Centro Experimental Amazónico CEA, de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur la Amazonía – CORPOAMAZONÍA (Figura 2); a una altura de 453 msnm, precipitación de 4932,8 mm, temperatura media ambiental de 24 °C, humedad relativa del 87,91% en un bosque muy húmedo tropical. Se evaluaron 558 ejemplares de sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*) con un peso inicial promedio de  $63 \pm 11,21$  g, longitud total de  $16 \pm 1,0$  cm y una edad de 75 días, provenientes de la Estación Piscícola del CEA.

El trabajo de campo se desarrolló en un estanque excavado en tierra de 385,44 m<sup>2</sup> con una profundidad promedio de la columna de agua de 1,0 m, talud con pendientes de 2,0:1,0 y el fondo con una inclinación del 5,0%. El estanque fue dividido en 12 compartimentos, mediante malla polisombra, la cual se aseguró sobre el suelo con piedras y ganchos de varilla de tres cuartos de pulgada (Figura 2). De esta manera, a cada tratamiento le correspondieron tres réplicas con dimensiones aproximadas de 7,4 m X 4,26 m. Para facilitar la alimentación y las labores de muestreo en las replicas localizadas en el centro del estanque se construyó un puente en madera. La entrada de agua se realizó mediante dos aspersores que la distribuyeron homogéneamente en cada unidad experimental, contrarrestando las pérdidas por evaporación y filtración. El desagüe se efectuó con un tubo de PVC de cuatro pulgadas anclado a un codo fijo.

Figura 2. Estanques experimentales



El ensayo en sus diferentes fases, se desarrolló durante 270 días que comprendieron selección de reproductores, maduración y reproducción inducida, levante y evaluación de los animales objeto de estudio durante la larvicultura y el alevinaje, estandarización de las condiciones experimentales (adaptación de los ejemplares al consumo de alimento con probiótico y prebiótico) y evaluación comparativa de los promotores de crecimiento durante las fases de levante y ceba.

#### 4.1.3.1 Plan de manejo

El estanque se lavó con el fin de retirar el lodo y la materia orgánica depositada en el fondo. Se dejó secar al sol por ocho días, se encaló con cal dolomita en proporción de 25 g/m<sup>2</sup> y se abonó utilizando 250 g/m<sup>2</sup> de gallinaza y 10 g/m<sup>2</sup> del fertilizante triple 15. Los ejemplares fueron sometidos a baños de inmersión con una solución de 30 ppm de azul de metileno y 5,0 g/L de sal común industrial, en baldes plásticos de 60 L por un lapso de 10 minutos cada 30 días. La profilaxis se realizó simultáneamente con un sistema de aireación constituido por un Blower de 2500 cm<sup>3</sup>/min que suministró constantemente el oxígeno necesario para prevenir cualquier problema de anoxia en los animales. El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos, se llevó a cabo mediante un kit comercial de análisis de agua. Los muestreos se efectuaron cada 15 días durante 24 horas con intervalos de seis horas, para determinar temperatura, oxígeno disuelto, pH, amonio, dureza, alcalinidad y dióxido de carbono. Los muestreos se efectuaron cada 30 días en horas de la mañana. Para este fin, se capturó mediante redes de arrastre, el 20% del total de ejemplares y se trasladaron a un recipiente plástico con 60 L de agua y 100 ppm de Quinaldina, con el propósito de reducir la cascada fisiológica del estrés y facilitar la manipulación, debido a su temperamento nervioso. El peso de los animales se determinó con la balanza gramera.

#### 4.1.3.2 Alimento y alimentación

Siguiendo las recomendaciones de López (2005) para lograr una impregnación y distribución homogénea del prebiótico y probiótico en un kilogramo de alimento se pesaron diariamente 5,0 g de almidón y se disolvieron en 100 ml de agua. Esta solución se calentó hasta el punto de ebullición, manteniendo constante agitación para evitar la formación de grumos; luego se dejó enfriar a temperatura ambiente y se incorporaron por micromezclas 2,0 g del estimulante de crecimiento correspondiente. Se empleó una bandeja y una cuchara plástica para revolver el concentrado mientras se adicionaba el

promotor de crecimiento mediante el sistema de micromezclas. El alimento preparado se secó a la sombra durante cuatro horas antes de suministrarlo a los ejemplares. Los ejemplares se alimentaron seis días a la semana, tres veces por día, a las 9:00 am, 1:00 pm y 4:00 pm. La tasa de alimentación inicial entre el día uno al 30 del levante fue del 6,0% del peso vivo total; 5,0% del día 31 al 60; 4,0% del día 61 al 90 y 3,0% del día 91 al 120 del experimento.

#### 4.1.3.3 Tratamientos

Los animales se distribuyeron al azar en cuatro tratamientos, cada tratamiento conformado por tres réplicas para un total de 12 unidades experimentales, en la siguiente forma:

T0: Alimento Concentrado comercial con 32% de proteína.

T1: Alimento comercial adicionado con 2,0 g/Kg del probiótico a base de *S. cerevisiae*, *L. acidophilus*, *S. faecium*, *B. subtilis* y enzimas.

T2: Concentrado comercial con 2,0 g/Kg del prebiótico constituido por  $\beta$  1,3-  $\beta$  1,6 D-Glucano proveniente de la levadura de cerveza autolizada.

T3: Alimento comercial adicionado con 1,0 g/Kg de probiótico y 1,0 g/Kg de prebiótico.

#### 4.1.3.4 Diseño experimental

Para este ensayo se utilizó un Diseño Irrestrictamente al Azar (DIA), conformado por cuatro tratamientos y tres réplicas por tratamiento, distribuidos en un total de 12 unidades experimentales cada unidad con 30 ejemplares, según el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + e_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = respuesta de la  $i$  - ésima unidad experimental que recibe el  $j$  - ésimo tratamiento.

$\mu$  = media

$T_j$  = efecto del  $j$  - ésimo tratamiento.

$j$  = tratamiento 0, 1, 2 y 3.

$i$  = réplicas 1,2 y 3

$e_{ij}$  = error experimental asociado a la  $i$  - ésima unidad experimental sometida al  $j$ -ésimo tratamiento.

Con el software estadístico Statgrphics plus 5.1, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA), para detectar diferencias estadísticas significativas y se realizó una prueba múltiple de Tukey al 95% de confiabilidad, para las variables que registraron significancia entre tratamientos y de esta manera establecer los mejores tratamientos.

#### 4.1.3.5 Formulación de hipótesis

En el presente trabajo se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

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

$$H_0 = \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

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

$$H_1 = \mu_j = \mu_{j'}, j \neq j'$$

#### 4.1.3.6 Variables evaluadas

Se analizaron el Incremento periódico de peso, tasa de crecimiento simple, conversión alimenticia aparente y mortalidad.

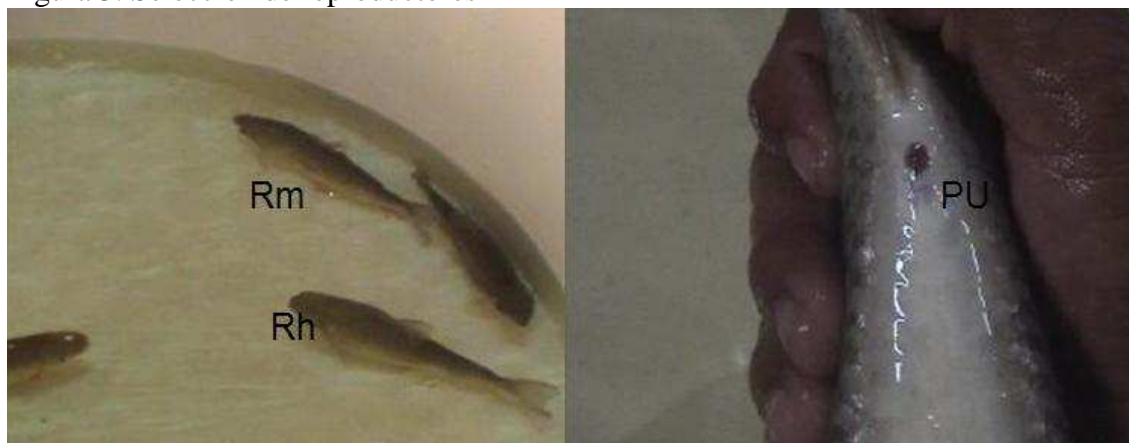
#### 4.1.4 Presentación y discusión de resultados

##### 4.1.4.1 Reproducción inducida del sábalo amazónico (*B. melanopterus*) en la estación piscícola del Centro Experimental Amazónico, CEA

###### 4.1.4.1.1 Selección y evaluación de reproductores

Se seleccionaron tres machos y dos hembras que presentaron signos de madurez tales como: papila urogenital protuberante, abdomen ligeramente abultado y flácido y expulsión de semen en el caso de los machos (Figura 3). Se transportaron en bolsas plásticas a tanques circulares de 7,0 m<sup>3</sup>. Para confirmar el grado de madurez sexual de las hembras se hizo una biopsia ovárica y se tomó una muestra de los ovocitos que se fijaron en solución Serra durante tres minutos y posteriormente se sumergieron en solución aclaradora que permitió observar la migración de los núcleos. Después de este diagnóstico se escogieron dos machos y una hembra. La hembra seleccionada pesó 2,7 Kg con una longitud total de 45 cm y los machos pesaron 3,0 Kg y 2,75 Kg y midieron 50 cm y 49 cm, respectivamente.

Figura 3. Selección de reproductores



Rm: Reproductor macho, Rh: Reproductor hembra, PU: Papila Urogenital

###### 4.1.4.1.2 Inducción hormonal

Los ejemplares machos se separaron de la hembra en tanques circulares de 1,0 m<sup>3</sup> y se anestesiaron con 2,0 ml de Quinaldina disuelta en 350 L de agua para facilitar la aplicación de la hormona (el intervalo de aplicación entre las dosis fue de 12 horas). En la primera dosis se aplicó a la hembra vía intraperitoneal 0,6 mg/Kg y a los dos machos 0,4 mg/Kg de EPC (Extracto Pituitario de Carpa). En la segunda dosis, también por vía intraperitoneal, se le administró a la hembra 6,0 mg/Kg y a los machos 5,0 mg/Kg de EPC (Figura 4).

Figura 4. Aplicación intraperitoneal de la hormona



#### 4.1.4.1.3 Desove artificial

Se presentó cinco horas después de haber aplicado la última dosis, aproximadamente a las 164 horas grado a una temperatura promedio de 27,5 °C. Los productos sexuales extraídos se recogieron en un recipiente plástico seco y se mezclaron durante 5 minutos con una pluma (Figura 5). Al cabo de este tiempo se adicionó agua limpia y se continuó mezclando hasta que los huevos se hidrataron.

Figura 5. Obtención de los productos sexuales



#### 4.1.4.1.4 Incubación

Se recolectaron 359.800 huevos hidratados y fertilizados, los cuales se trasladaron a incubadoras Woynarovich de 200 L, con un flujo continuo de agua de 10 LPM. La eclosión se presentó 12 horas después de la fertilización y 30 horas más tarde las larvas reabsorbieron el saco vitelino (Tabla 1). En este momento se presentaron las primeras manifestaciones de canibalismo.

Tabla 1. Resultados de la reproducción inducida del sábalo amazónico (*B. melanopterus*).



Huevos obtenidos		Huevos fertilizados		Larvas obtenidas		Sobrevivencia Final	
G	Número	%	Número	%	Número	%	Número
257	359.800	50	179.900	45	161.910	42,75	153.805

Girón (2000), al evaluar en hembras de sábalo amazónico una dosis inicial de 0,6 mg/Kg de peso vivo de EPC y una final de 6,0 mg/Kg y en machos 400 UI/Kg de HCG en la primera dosis y 1,0 mg/Kg de EPC en la segunda, obtuvo un porcentaje superior de fertilidad (75%) al registrado en este ensayo debido a que los ejemplares no se anestesiaron, lo cual favoreció la respuesta natural de la acción generada por la aplicación de las hormonas y por ende mayor capacidad reproductiva de los productos sexuales al momento de la fecundación. Sin embargo, el porcentaje estimado de sobrevivencia hasta la fase de postlarva fue superior al reportado por el mismo autor, por que se sembraron en estanques excavados previamente preparados, una vez se presentaron las primeras manifestaciones de canibalismo en las incubadoras.

#### 4.1.4.2 Desarrollo postlarvario del sábalo amazónico (*B. melanopterus*)

Las postlarvas del sábalo amazónico se sembraron a una densidad de 180 anim/ m<sup>2</sup> en un estanque preparado con 25 g/m<sup>2</sup> de cal dolomita, 200 g/m<sup>2</sup> de gallinaza, 10 g/m<sup>2</sup> de triple 15 y 10 g/m<sup>2</sup> de superfosfato amoniacal. Se capturaron entre una a tres postlarvas cada 24 horas. En las figuras 6 - 16 se describen los cambios morfológicos y las características de la productividad primaria en el estanque.

Figura 6. Postlarvas de un día sábalo amazónico (*B. melanopterus*).

##### Cambios morfológicos

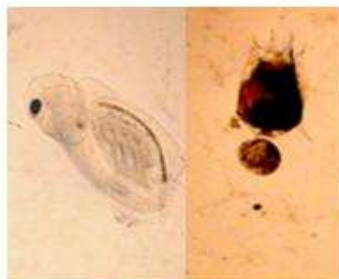


Peso: 5,0 mg. Talla: 0,5 cm. Presencia de dientes caniniformes



A los largo del tracto digestivo se distinguen Abundantes algas lisadas.

##### Productividad Primaria

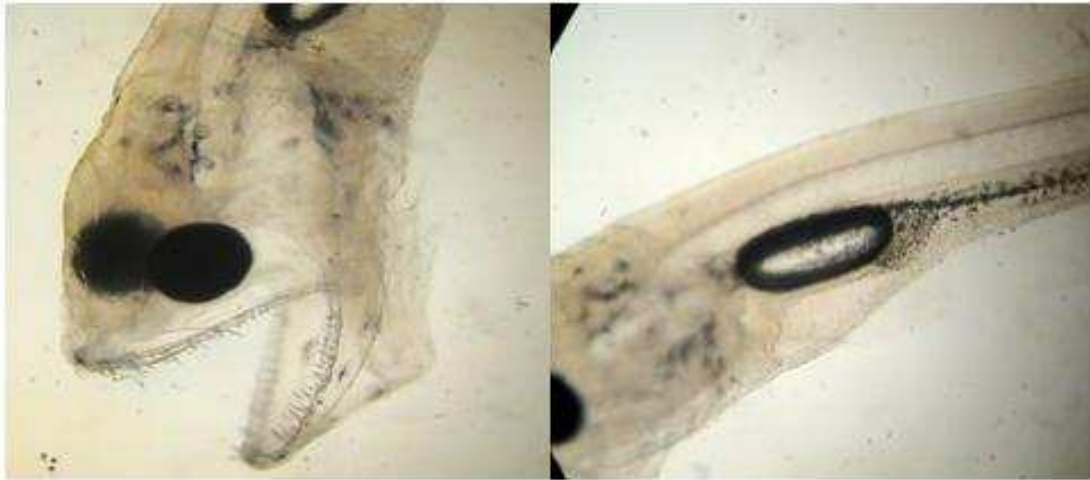


En el agua de cultivo abundan rotíferos y cladóceros

Fuente: Esta investigación

Figura 7. Postlarvas de dos días sábalo amazónico (*B. melanopterus*).

### Cambios morfológicos



Peso: 5,0 mg, Talla: 0,6 cm. Presencia de cromatóforos en la aleta caudal y la cabeza.

La vejiga hidrostática empieza a llenarse de aire. La cavidad estomacal e intestinal comienzan a definirse. El contenido del TGI es similar al día anterior

### Productividad Primaria



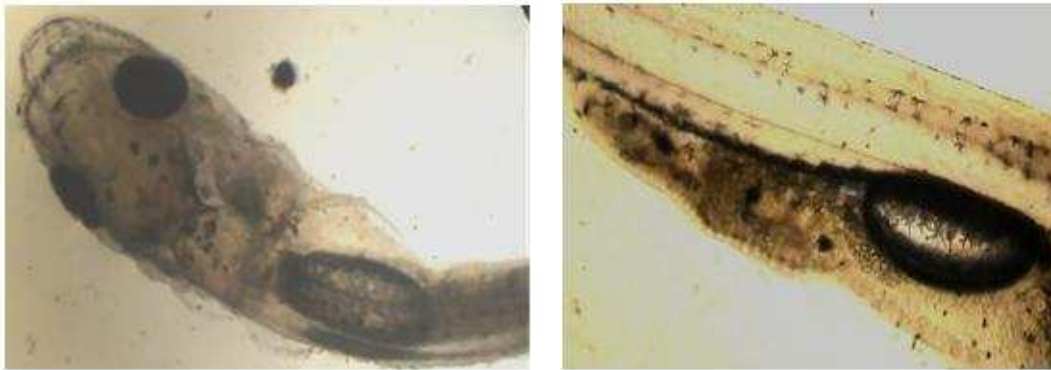
Abundan cladóceros y nauplios de copéodos.

Fuente: Esta investigación

Figura 8. Postlarvas de tres días sábalo amazónico (*B. melanopterus*).

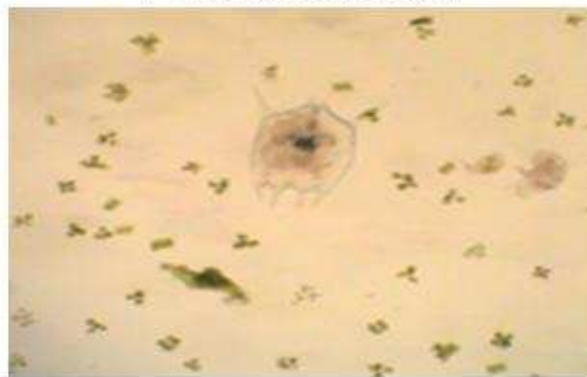


### Cambios morfológicos



Peso: 4,0 mg, Talla: 1,0 cm. Contenido estomacal abundante y Cromatóforos numerosos y de intensa coloración. Aletas pectorales definidas. Se inicia el suministro diario de 3,0 g/cm<sup>2</sup> de alimento concentrado con 32% de proteína.

### Productividad Primaria

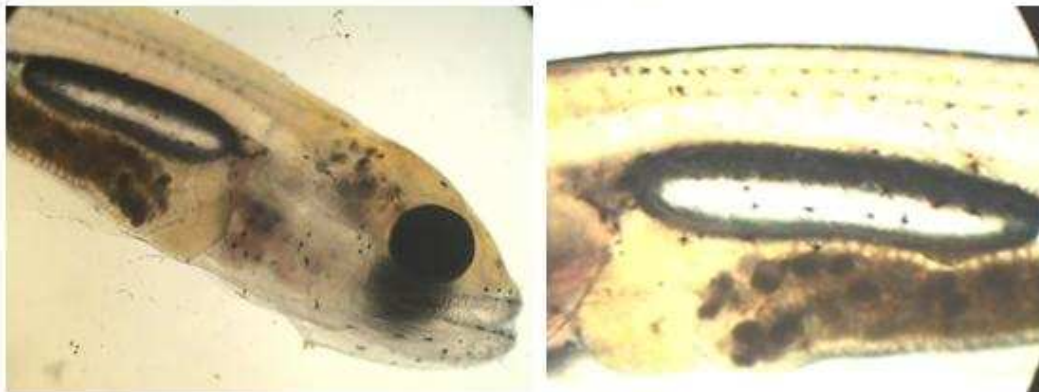


Es creciente la cantidad de cladóceros, copépodos, rotíferos y algas en el agua

Fuente: Esta investigación

Figura 9. Postlarvas de cuatro días sábalo amazónico (*B. melanopterus*).

Cambios morfológicos



Peso: 6,0 mg, Talla: 1,1 cm.

La vejiga hidrostática adquiere características más definidas y el contenido del tracto gastrointestinal además de ser abundante, presenta partículas de mayor tamaño.

Productividad Primaria

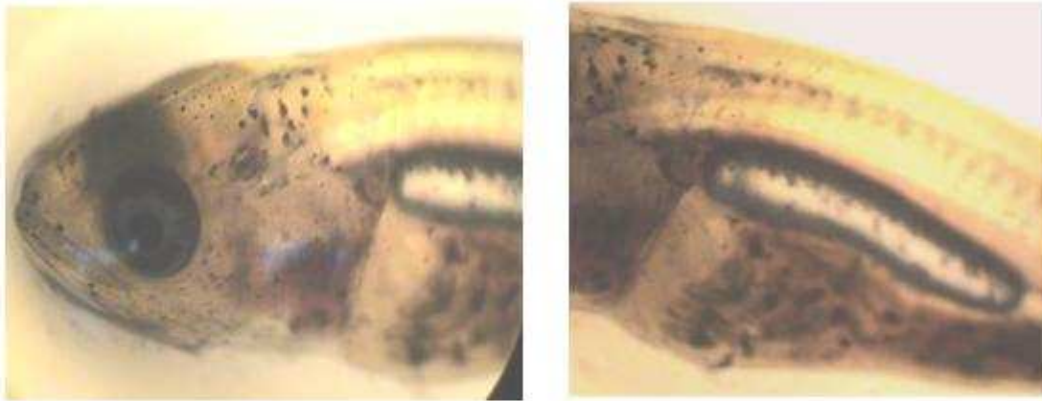


Se observan quironómidos, numerosos rotíferos con sacos ovígeros, copépodos, cladóceros y diversidad de algas

Fuente: Esta investigación

Figura 10. Postlarvas de cinco días sábalo amazónico (*B. melanopterus*).

### Cambios morfológicos



Peso: 11 mg, Talla: 1,2 cm. Los ojos presentan cornea y cristalino bien definidos. Se distinguen las estructuras branquiales debido a la pigmentación de la sangre.

El tamaño de la cavidad estomacal es superior a la vejiga hidrostática y se aprecia como un órgano bien definido. La vejiga hidrostática se extiende hacia la zona caudal.

### Productividad Primaria



Desciende la concentración de algas y rotíferos, pero abundan cladóceros y Copépodos.

Fuente: Esta investigación

Figura 11. Postlarvas de seis días sábalo amazónico (*B. melanopterus*).



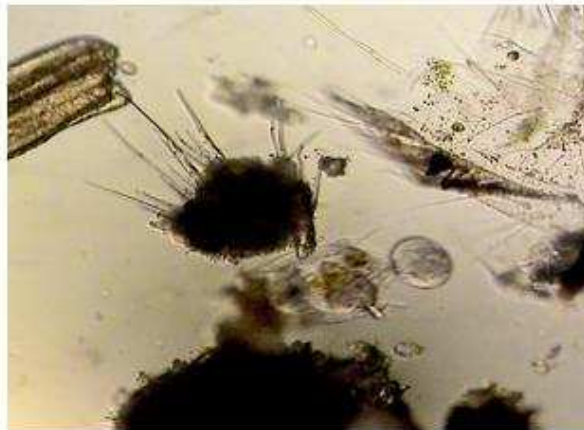
### Cambios morfológicos



Peso: 25 mg, Talla: 1,4 cm. los cardúmenes se localizan en las orillas del estanque. Se aprecian con claridad sus aletas y se define su coloración.

Presentan un TGI bien conformado. En el contenido estomacal se aprecian patas de cladóceros y copépodos.

### Productividad Primaria



Se emplean 25 g/m<sup>2</sup> de fertilizante orgánico (bovinaza), para incrementar la concentración de la productividad primaria.

Fuente: Esta investigación

Figura 12. Postlarvas de siete días sábalo amazónico (*B. melanopterus*).

### Cambios morfológicos



Peso: 87 mg, Talla 1,6 cm. Ha perdido parcialmente su transparencia. Se aprecia el ocelo en la base de la aleta caudal.

Presenta un estomago e intestino bien definidos. El contenido estomacal es dominado por cladóceros.

### Productividad Primaria



Se incrementa la productividad natural del estanque, especialmente fitoplancton.

Fuente: Esta investigación

Figura 13. Postlarvas de ocho días sábalo amazónico (*B. melanopterus*).

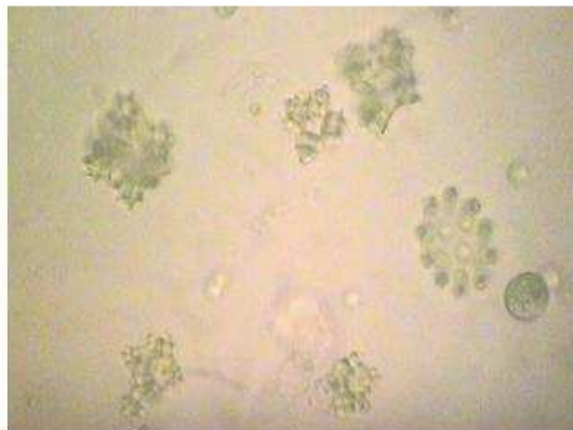
### Cambios morfológicos



Peso: 181 mg, Talla: 2,2 cm. Presenta todas las características externas de un pez adulto, excepto por la falta de escamas. Se movilizan en cardúmenes por todo el cuerpo de agua.

En el contenido estomacal Predominan cladóceros.

### Productividad Primaria



La población de rotíferos y copépodos decrece y se incrementa la concentración de fitoplancton.

Fuente: Esta investigación

Figura 14. Postlarvas de nueve días sábalo amazónico (*B. melanopterus*).



### Cambios morfológicos



Peso: 275 mg, Talla: 2,8 cm. Su coloración es más definida, pero aun no se distinguen escamas. En el contenido estomacal se observan presas de mayor tamaño (Probablemente quironómidos) y abundantes cladóceros.

### Productividad Primaria



Numerosos cladóceros y copépodos. Proliferación de algas diatomeas. No se aprecia la presencia de rotíferos.

Fuente: Esta investigación

Figura 15. Postlarvas de diez días sábalo amazónico (*B. melanopterus*).

### Cambios morfológicos



Peso: 351 mg, Talla: 3,1 cm. Se distingue el estómago y el intestino totalmente llenos, manifestando la voracidad de la especie en esta etapa de crecimiento. El número y coloración de los cromatóforos se intensifica en las aletas.

El contenido estomacal continúa dominado por la presencia de cladóceros.

### Productividad primaria



Se mantiene la productividad natural del estanque, a excepción de los rotíferos y copépodos que ya no se detectan en las muestras de agua analizadas.

Fuente: Esta investigación

Figura 16. Postlarvas de once días sábalo amazónico (*B. melanopterus*).



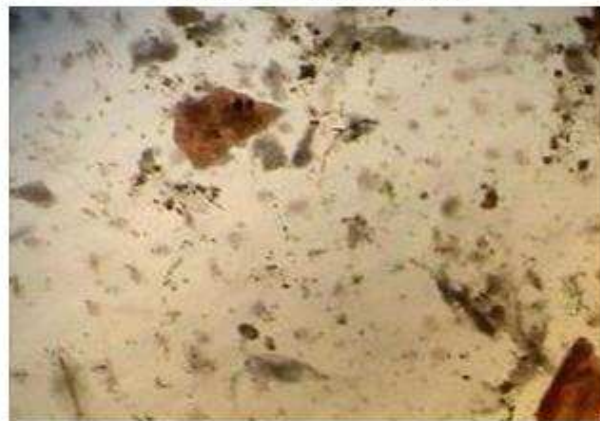
### Cambios morfológicos



Peso: 732 mg, Talla: 4,3 cm.  
Presencia de escamas en la región lateral, caudal y abdominal.

Estomago bien definido. La longitud del intestino es casi igual al tamaño de su cuerpo. En el contenido estomacal predomina alimento concentrado, aunque también se encuentran restos de cladóceros.

### Productividad Primaria



En la muestra de agua analizada se mantiene la concentración de fitoplancton. La población de cladóceros empieza a disminuir. Abundan nauplios de copéodos.

#### 4.1.4.3 Variables evaluadas

Según el análisis de varianza se detectó que por lo menos una de las variables estudiadas, registró diferencias significativas con un 95% de confianza, lo cual permite aceptar la hipótesis alternativa.

##### 4.1.4.3.1 Incremento de peso

El peso inicial promedio de los cuatro tratamientos (Tabla 2) a la siembra no registró diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ( $p > 0,05$ ); debido a que la distribución de los ejemplares se hizo al azar disminuyendo de esta manera el error experimental y asegurando uniformidad de los peces entre los tratamientos. El coeficiente de variación en el transcurso del experimento fue inferior a 20, valor recomendado por Acuña y Guevara (2005), quienes afirman que coeficientes superiores a 30 demuestran escasez de alimento y espacio suficiente para el crecimiento normal de los peces.

Tabla 2. Peso inicial y final de los cuatro tratamientos.

	T0	T1	T2	T3
Peso inicial promedio g.	65,33 ± 10,48	63,22 ± 11,38	62,98 ± 10,52	63,76 ± 9,87
Peso final promedio g.	371,62 ± 41,69 <sup>b</sup>	417,32 ± 25,78 <sup>a</sup>	402,28 ± 38,78 <sup>bc</sup>	393,38 ± 31,52 <sup>bd</sup>
Coeficiente de variación peso inicial.	15,95	18,78	16,65	15,63
Coeficiente de variación peso final.	11,21	6,19	9,59	7,97

El incremento de peso mensual y diario promedio y la ganancia de peso al final del estudio en las diferentes réplicas y tratamientos se registran en las Tablas 3 y 4. El análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) demuestra que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Además la prueba de significancia de Tukey, ( $p < 0,05$ ) estableció que el tratamiento T1 donde se adicionó 2,0 g/Kg de probiótico al concentrado comercial con 32% de proteína, presentó el mejor resultado con un incremento de 88,52 g/mes, en comparación con el tratamiento testigo de 76,57 g/mes, el tratamiento T2 con 84,83 g/mes y el tratamiento T3 con 82,41 g/mes. Lo anterior está de acuerdo con las investigaciones realizadas por Lara et al (2002) y Guevara (2002) y Mateus (2001), quienes concluyen que la adición de probióticos en las dietas mejoran el crecimiento de especies ícticas tropicales.

El incremento de peso se beneficia por el suministro continuo de *Bacillus* y la levadura *S. cerevisiae* contenidas en el probiótico evaluado, demostrando la capacidad de esta sustancia de resistir la acción enzimática y mecánica del tracto gastrointestinal, lo que le permite colonizar el intestino y ejercer el efecto benéfico mediante la producción de nutrientes indispensables para la nutrición y el crecimiento de los ejemplares.

Tabla 3. Resultados promedio del incremento de peso mensual de los distintos tratamientos.

Tratamiento	T0	T1	T2	T3
Replica	IP	IP	IP	IP
1	75,55	88,58	85,45	80,09
2	81,83	87,80	80,73	88,45
3	72,34	89,20	88,30	78,68
Promedio	76,57 <sup>b</sup>	88,52 <sup>a</sup>	84,83 <sup>bc</sup>	82,41 <sup>bd</sup>

Existen diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ )

Tabla 4. Incremento total de peso de los ejemplares de Sábalo Amazónico (*B. melanopterus*)

Tratamiento	Incremento g/mes	Incremento g/día	Ganancia de peso (g)
T0	76,57 <sup>b</sup>	2,55	306,29
T1	88,52 <sup>a</sup>	2,95	354,09
T2	84,83 <sup>bc</sup>	2,83	339,3
T3	82,41 <sup>bd</sup>	2,75	329,62

El incremento promedio mensual por individuo reportó diferencias estadísticas significativas. Estos resultados son similares a los obtenidos por Guevara (2002) y Mateus (2001) en juveniles de tilapia roja (*O. spp*), quienes reportan incrementos de peso mensual de 9,24, 13,58 y 15,46 g/mes, estadísticamente superiores en los tratamientos que recibieron respectivamente 2,0, 4,0 y 6,0 g, del probiótico conformado por la mezcla bacteriana de *Lactobacillus* y *Bacillus* y una levadura *Saccharomyces*. De igual modo Lara et al (2002), obtienen diferencias estadísticas en la variable ganancia de peso mensual en alevinos de tilapia nilótica (*O. niloticus*), que consumieron balanceado con 40% de proteína, 0,1% del probiótico (16,77 g/mes) a base de *L. acidophilus* y *S. faecium*, respecto al tratamiento donde se incorporó 0,1% de antibiótico (13,35 g/mes) y al tratamiento testigo sin probiótico (14 g/mes). Los mismos autores comparan el efecto sobre la ganancia de peso individual en alevinos de tilapia nilótica (*O. niloticus*) de dos probióticos, uno bacteriano constituido por *L. acidophilus* y *S. faecium* y otro a base de *S. cerevisiae*, con un grupo control sin probióticos. Al cabo de 63 días de ensayo los grupos tratados con los probióticos bacterianos y la levadura, generaron diferencias estadísticas significativas al producir un efecto 68,27% (3,8 g/día) y 74,54% (4,74 g/día) superior al tratamiento control (1,21 g/día), respectivamente.

El efecto positivo probiótico sobre el incremento de peso obtenido en esta investigación, es semejante al evaluado por Venkat (2005) et al en postlarvas de camarón de agua dulce (*M. rosenbergii*) al ser alimentados con nauplios de artemia impregnados con bacterias probióticas *L. acidophilus* y *L. sporogenes* y al estimado por Rengpipat et al (2006), al suministrar el probiótico *Bacillus* S11 bioencapsulado en nauplios de artemia salina a postlarvas de camarón marino *P. monodon*. Igualmente los datos del T1 concuerdan con lo reportado por Pérez (2004) en alevinos de cachama blanca (*P. brachypomus*), en alevinos de tilapia nilótica (*O. niloticus*) y al de Kumari (2006) y Sahoo (2006) en el catfish asiático (*C. batrachus*).

Con relación a los incrementos diarios de peso, se establece los mejores resultados para el T1 (2,95), seguido en su orden por el T2 (2,83), T3 (2,75) y T0 (2,55). Estos valores son superiores en un 177% a lo mínimo establecido por López (1997) para una especie íctica susceptible de cultivarse en condiciones de cautiverio que debe ser de al menos de 1,0 g/día.

#### 4.1.4.3.2 Producción proyectada por hectárea/año

La producción total estimada por hectárea/año para los cuatro tratamientos (Tabla 5) demostró que el T1 generó el más alto rendimiento productivo, obteniéndose 8.346,40 Kg/Ha/año, superando al T2 en 3,60%, al T3 en 5,74% y al T0 en 10,95%. Los resultados calculados en esta investigación son superiores al reportado por la Unidad Regional de Planificación Agropecuaria (URPA, 2005) en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) de 4.800 Kg/Ha/año, a una densidad de siembra de 2,0 anim/m<sup>2</sup>, cultivada en la zona del piedemonte amazónico del departamento del Putumayo.



Tabla 5. Producción proyectada por hectárea/año.

Tratamientos	Biomasa final en Kg	Producción en Kg/Ha
0	48,68	7.432,40
1	56,34	8.346,40
2	54,31	8.045,60
3	53,89	7.867,60

#### 4.1.4.3.3 Conversión alimenticia aparente

La conversión alimenticia aparente promedio durante los cuatro meses de cultivo para el tratamiento testigo fue de 1,99, para el tratamiento T1 de 1,57, para el tratamiento T2 de 1,60 y para el tratamiento T3 de 1,70 (Tabla 6). Los resultados obtenidos para esta variable no presentaron diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ( $p > 0,05$ ) Por tanto, la inclusión del probiótico, prebiótico y la mezcla de los dos en la dieta no afectan la conversión alimenticia aparente. Cabe aclarar que la adición de los promotores de crecimiento en el alimento no generó diferencias estadísticas en el contenido nutricional, debido a que todos los tratamientos fueron aproximadamente isonitrogenados e isoenergéticos. Respecto al contenido de proteína de las dietas experimentales, Vásquez establece que un nivel de 32% es adecuado para un óptimo crecimiento de especies del género *Brycon* en la etapa de levante, cultivadas en condiciones de cautiverio.

Tabla 6. Resultados promedio de las variables Conversión alimenticia aparente y Tasa de crecimiento simple de los diferentes tratamientos.

Replica	Tratamiento T0		T1		T2		T3	
	CAA	TCS	CAA	TCS	CAA	TCS	CAA	TCS
1	2,46	58,98	1,57	65,24	1,59	63,1	1,68	61,15
2	1,7	56,74	1,64	62,4	1,78	62,38	1,64	60,74
3	1,79	47,21	1,51	62,74	1,44	65	1,78	61,33
Promedio	1,99	54,31	1,57	63,46	1,6	63,49	1,7	61,07

CAA: Conversión alimenticia aparente TCS: Tasa de crecimiento simple

Lara et al (2002), no registran diferencias estadísticas significativas en la variable conversión alimenticia al adicionar a la dieta para alevinos de tilapia nilótica (*O. niloticus*) 0,1% del probiótico constituido por *L. acidophilus* y *S. faecium*. Igualmente no detectan diferencias Freccia et al (2002) y Lara et al (2002), al suministrar el probiótico compuesto por *S. cerevisiae* a alevinos de tilapia nilótica (*O. niloticus*) y Pérez (2004) y Triviño (2001) al emplear prebióticos en postlarvas de *P. vannamei*.

#### 4.1.4.3.4 Tasa de crecimiento simple

La Tasa promedio de crecimiento simple (Tabla 7) para los juveniles de sábalo amazónico, fue 54,31% para el tratamiento testigo T0, de 63,36% para el T1, de 63,49% para el T2 y de 61,07% para el T3. La diferencia proporcional entre los tratamientos indica que el tratamiento 1,2 y 3 obtienen respectivamente 16,66%, 16,90% y 12,45% más que el tratamiento testigo. Esto refleja que los promotores de crecimiento empleados, bien sean solos o combinados mejoran el aprovechamiento del alimento y la

biodisponibilidad de nutrientes para el crecimiento, lo cual implica obtener animales con pesos más adecuados en un menor periodo de cultivo.

Tabla 7. Tasa de crecimiento simple promedio de los cuatro tratamientos

Tratamiento	Tasa de crecimiento simple %
T0	54,31
T1	63,36
T2	63,49
T3	61,07

#### 4.1.4.3.5 Mortalidad

Al final de la investigación se registró una mortalidad del 13,25% en el tratamiento testigo, probablemente ocasionada por patologías de tipo parasitario (Ectoparásito protozoario característico de la zona en periodos de alta pluviosidad), en contraste a los tratamientos con probióticos, prebióticos y a la mezcla de estas sustancias que registraron sobrevivencias del 100%. Además, la apariencia de los ejemplares fue más sana y reportaban actitud voraz al momento de recibir el alimento. Esto concuerda con lo establecido por Guevara (2002) y Mateus (2001), quienes describen un comportamiento similar al suministrar probióticos a juveniles de tilapia roja (*O. spp.*).

Lo anterior demuestra que estas sustancias además de mejorar la nutrición y mitigar efectos generados por el estrés, estimulan el sistema inmunológico, lo cual confirió a los ejemplares de sábalo amazónico mayor resistencia para responder a patologías de diverso origen e intensidad variable que se presentaron durante el cultivo.

Los valores reportados por Guevara (2002) y Mateus (2001), son similares a los obtenidos en esta investigación, quienes calcularon una sobrevivencia del 12% en el tratamiento testigo y del 100% con los tratamientos que recibieron 2,0, 4,0 y 6,0 g/kg del probiótico a base de *Lactobacillus*, *Bacillus* y *Saccharomyces*.

#### 4.1.5 Conclusiones

El ensayo reportó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) en la variable incremento de peso. La prueba de Tukey (95%) demostró que el mejor tratamiento es el T1 con 2,0 g/Kg de probiótico a base de *L. acidophilus*, *S. faecium*, *B. subtilis* y la levadura *S. cerevisiae*, en el alimento concentrado con 32% de proteína.

La sobrevivencia de los ejemplares que recibieron en la dieta probiótico, prebiótico y la mezcla de los dos fue del 100%, a diferencia del tratamiento testigo que registró una mortalidad del 13,25%, justificando su efecto al conferir mayor resistencia para responder a las patologías de diverso origen e intensidad variable que se detectaron durante el cultivo.

El análisis económico determinó que el cultivo del sábalo amazónico reporta mayor rentabilidad en los tratamientos que recibieron los estimulantes de crecimiento, especialmente el T1 con la más alta relación beneficio costo respecto al tratamiento testigo T0.

El contenido estomacal de postlarvas de sábalo amazónico (*B. melanopterus*) cultivadas en un estanque excavado, demostró que a partir de los seis días de edad el alimento dominante son microcrustáceos (cladóceros y copépodos) y después de los 11 días predomina el consumo de alimento concentrado. La sobrevivencia de postlarvas de

sábalo amazónico (*B. melanopterus*) se afecta por el marcado canibalismo que se presenta 30 horas posteclosión a una temperatura promedio de 27°C, razón por la cual deben trasladarse inmediatamente a un estanque excavado previamente preparado.

## 4.2 EVALUACIÓN COMPARATIVA DE PROBIÓTICOS Y PREBIÓTICOS EN TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*)

### 4.2.1 Resumen

El presente estudio se realizó en la Estación de Jaulas Flotantes Intiyaco de la Universidad de Nariño, ubicada en el corregimiento del Encano, durante un período de dos meses como etapa de acostumbramiento y cinco meses en fase experimental. Se comparó el efecto de un probiótico comercial y el prebiótico  $\beta$ - glucano incorporados en el balanceado comercial, en diferentes proporciones frente al testigo que carecía de aditivos en la fase de levante de Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), con fin de evaluar el efecto sobre la ganancia de peso. Se estudiaron 4224 alevines solo hembras, variedad kamloop con un peso promedio inicial de 40 gramos distribuidos en un diseño completamente al azar en cuatro tratamientos con tres réplicas cada uno, conformados de la siguiente manera: T0, 0% aditivo, T1, 2% probiótico comercial, T2, 2% inmunoestimulante y T3, 1% de probiótico comercial y 1% inmunoestimulante.

Los resultados demostraron que las truchas del tratamiento T3 alimentados con la mezcla de probióticos y prebiótico presentaron los mejores incrementos de peso, conversión alimenticia, sobrevivencia y relación beneficio costo frente al testigo. El tratamiento T3 presentó diferencias estadísticas con respecto a los otros tratamientos, Sin embargo, los tratamientos T1 y T2 fueron similares estadísticamente entre si, pero registraron diferencias con respecto al T0.

Lo anteriormente expuesto, demuestra que la inclusión de prebióticos y probióticos en la dieta es una nueva alternativa de la Acuicultura para incrementar la producción de trucha disminuir la mortalidad durante el cultivo y por ende mejorar rentabilidad de las explotaciones intensivas organismos hidrobiológicos.

### 4.2.2 Abstract

The purpose of this research was to evaluate the comparative effect of a commercial probiotic effect and a immunostimulant in the intensive culture of rainbow trout (*O. mykiss*) in the research station of Intiyaco located at the Guamuez lake, during a period of 5 months.

It was studied 4224 alevines kamloop variety the fish had an average weight of 40 g distributed in an unrestricted random design made up by four treatments and three replications per treatment in the following way: t0, 0% additive, t1, 2% commercial probiotic, t2, 2% prebiotic t3, 1% de commercial probiotic plus and 1% of prebiotic.

The results showed that the treatment t3 feed with the mixture of probiotic and immunostimulant registered the best increment of weight, feed conversion rate, of survival and highest benefit – cost relationship compared to the witness treatment (t0). Furthermore the t3 treatment showed statistic differences in relation t0 treatments t1 and t2, however those treatments were similar between themselves but different in relation to witness treatment.

In conclusion the results of this research proved that the inclusion of probiotics and immunostimulants in the diet of cultured trout improve the increment periodic of weight, feed conversion, rate of survival and benefit – cost relationship. For these reasons this

technique is a new way for obtaining better economic results in intensive aquaculture in tropical countries.

#### 4.2.3 Materiales y métodos

El presente trabajo se desarrolló en el período comprendido entre el 25 de febrero y 20 de julio de 2004, en la Estación de Jaulas Flotantes “Intiyaco”, de la Universidad Nariño. La estación está ubicada en la vereda El Puerto, sobre el Lago Guamuez (Figura 17), corregimiento del Encano, municipio de Pasto, Colombia, a una altura de 2840 msnm. 13°C de temperatura, con una extensión de 4240 Has.

Figura 17. Vista lago Guamuez, Nariño.



El trabajo de investigación se llevó a cabo durante un período aproximado de 5 meses experimentales, con 21 evaluaciones muestrales hasta que los ejemplares lograran un peso promedio de 200gr. Previos a la iniciación del ensayo y con el propósito de adaptar los ejemplares a las prácticas de manejo, alimentación, y muestreo y al mismo tiempo uniformizar tallas y pesos los alevinos se levantaron hasta alcanzar un peso promedio en la población de 40g; período en el cual inició el trabajo de campo.

Para el desarrollo del ensayo se utilizaron 12 jaulas flotantes de 10m<sup>3</sup> (Figura 18), según la fase de desarrollo y los ejemplares cultivados. Cada una de las jaulas consistían en una bolsa de malla multifilamento con un ojo ¼ a ½ pulgada, de 2m de largo; 2m ancho; 2.5m profundidad, recubierta por malla poli sombra. Las jaulas se construyeron en marcos de varilla de acero inoxidable, muelles madera, flotadores conformados por 40 canecas plásticas de 55 galones y se fijaron al lago, mediante cuatro lastres concreto 30 kg, amarrados en cuatro sitios distintos de los muelles.

Figura 18. Instalaciones



Se evaluaron 5000 ejemplares de trucha arcoiris (*O. mykiss*), variedad kamloop, con peso promedio de 1g y 3 cm talla. Se sometieron a un período de adaptación a las condiciones de alimentación, manejo experimental y medio ambiente de 60 días hasta alcanzar un peso promedio de 40g, en el cual se reportó una mortalidad del 8,5%. En este momento, se sembraron los peces de manera totalmente aleatoria, en un Diseño Completamente al Azar en las diferentes jaulas experimentales, a una proporción de 352 animales por jaula, a una densidad de siembra de 35,2 animales/m<sup>3</sup> para un total de 4224 ejemplares, según los diferentes tratamientos evaluados.

#### 4.2.3.1 Insumos

4.2.3.1.1 Probiótico comercial que se presenta en empaques de 1kg, de la empresa ecuatoriana Ínter Consorcio S.A. – División Acuicultura

4.2.3.1.2 Prebiótico comercial tipo B-Glucán, que se presenta en empaques de 1kg, de la empresa colombiana Levapan

#### 4.2.3.1.3 Balanceado artificial para trucha

Se utilizaron dos fórmulas comerciales para las fases de iniciación y levante de trucha arcoiris (*O. mykiss*). En la fase de iniciación, se suministró alimento comercial peletizado en gránulos de 3,5mm diámetro, con el 48% de proteína y en el levante un balanceado con peletes de 6mm de diámetro y 43% proteína.

#### 4.2.3.2 Plan de manejo

##### 4.2.3.2.1 Adecuación de las instalaciones

A partir del 25 de febrero hasta el 20 de julio se inició la evaluación de campo en las jaulas experimentales anteriormente descritas, teniendo en cuenta todas las normas técnicas de manejo, alimentación, muestreo, sanidad, aclimatación y adaptación a las condiciones de investigación, de acuerdo con lo propuesto por López (1997). Antes de iniciar el experimento, se verificó el estado en que se encontraban las jaulas flotantes para realizar los correctivos necesarios en mallas, muelles, pasillos, tambores, etc. Después se cepillaban y lavaban las mallas una vez por semana, con un jabón comercial



líquido yodado como medida profiláctica con el fin de evitar la proliferación de bacterias y algas.

#### 4.2.3.2.2 Suministro del alimento

La alimentación fue suministrada teniendo en cuenta la biomasa total, el porcentaje de la ración y la temperatura del agua, según tabla propuesta por NRC y adaptada por López (1997) para el lago Guamuez de acuerdo a la talla y edad de los peces. Para ello, se utilizaron los pesos promedios reportados cada uno de los muestreos, con fin de calcular el peso total de población ajustar la cantidad de cada ración, la que se distribuyó de tres a cinco comidas, mediante sistema al voleo.

#### 4.2.3.2.3 Método de impregnación de los aditivos al alimento

Al alimento comercial, se le adicionó el probiótico comercial Lacture® y el inmunoestimulante B-Glucán®, mediante método de impregnación expuesto por López (1997) y Espinosa (2005).

#### 4.2.3.3 Muestreos

Se efectuaron muestreos semanalmente colectando al azar, mediante una nasa los ejemplares de cada jaula, hasta completar el 20% de la población existente en ese momento; los animales se transferían a canecas 55 galones, y se pesaban lotes 50 a 60 truchas, en baldes de 10 galones, previamente tarados, consignando esta información los respectivos registros. Cabe aclarar que al final del ensayo (julio 20 de 2004) se pesaron los animales de cada jaula como sucedió en la siembra.

Durante el experimento se realizaron un total de 21 muestreos, con base en los datos obtenidos en los mismos, se calculó el peso promedio individual, teniendo en cuenta número de ejemplares muertos en la semana anteriormente al muestreo, se determinó el peso total de la población y las demás variables estudiadas (ganancia individual, ganancia de biomasa total por jaula, consumo de alimento por día, comida por semana y se establecía la conversión alimenticia). Igualmente se efectuó revisión del estado sanitario de los animales existentes en cada jaula. El conteo de peces muertos por jaula y tratamiento, se verificaba diariamente y en el momento suministrar el alimento, haciendo las respectivas anotaciones los registros.

#### 4.2.3.4 Tratamientos

Se evaluaron 4224 ejemplares de trucha arcoiris (*O. Mykiss*), con un peso promedio de 40g distribuidos en cuatro tratamientos y tres réplicas por tratamiento. De tal manera que cada réplica estaba constituida por 352 animales de la siguiente forma: T0 = Alimento comercial de 43% de proteína T1 Probiótico proporción de 2g / Kg de concentrado de 43% proteína. T2 = Prebiótico comercial a razón de 2g / Kg de concentrado de 43% proteína balanceado proteína. T3 Probiótico comercial e inmunoestimulante a razón cada uno de 1g / kg de alimento artificial de 43% de proteína.

#### 4.2.3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), para determinar la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, se realizó una prueba de “T” de student con  $p < 0.05$ , aplicando una prueba de “F” para establecer igualdad de varianzas, para cada una de las variables objeto del estudio.

#### 4.2.4 Presentacion y discusion de resultados

##### 4.2.4.1 Variables evaluadas

Según el análisis de varianza, se encontró que por lo menos una de las variables registró diferencias significativas con un 95% de confianza, lo cual permite aceptar la hipótesis alterna (Tabla 8).

Tabla 8 Resumen del peso promedio, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad de los distintos tratamientos experimentales.

<b>Variabes</b>	<b>Incremento De peso (g)</b>	<b>Indice deconversión Alimenticia</b>	<b>Porcentaje de Mortalidad (%)</b>
<b>Tratamiento</b>			
T0	8.08	1.88	3.31
T1	9.92	1.69	2.65
T2	10.33	1.68	2.56
T3	11.66	1.60	2.46

##### 4.2.4.1.1 Incremento de Peso

El peso inicial de siembra de los ejemplares no mostró diferencias significativas, de acuerdo al análisis de varianza ( $p > 0.05$ ) (Tabla 8), lo que indica que los peces los distintos tratamientos eran similares en peso y no existía en este aspecto fuente variación. Sin embargo, los incrementos de peso, establecieron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Al aplicar la prueba significancia de Tukey ( $p < 0,05$ ), se detectó que el tratamiento tres que contenía probiótico e inmunoestimulante presentó mejor resultado, con un incremento peso superior en 85.17% con relación al control. Igualmente el T1 registró aumento de peso de 83.12% y el T2 83.61%, los citados tratamientos registraron diferencias estadísticas significativas con el T3 y T0 80.08%; pero no entre ellos. Así mismo los resultados demuestran que el peso total acumulado y los incrementos de peso del T3 obtuvieron los mejores resultados en comparación con demás tratamientos.

Según López (1997) el crecimiento ocurre cuando los procesos anabólicos exceden a los procesos catabólicos y a los de restauración, remodelación y mantenimiento de los tejidos, además la eficiencia y la retención de nitrógeno y acumulación de nuevos tejidos están relacionados con la calidad y consumo del alimento de cada tratamiento. Se puede inferir que el  $\beta$ -Glucán es un inmunopotenciador que actúa como prebiótico y su mezcla con otros probióticos estimula la proliferación y adherencia de las bacterias benéficas sobre el epitelio intestinal. Lo anterior coincide con lo expuesto por Lara (2003), quien realizó estudios comparativos del efecto de un probiótico comercial a base de *Lactobacillus acidophilus* frente al antibiótico tetraciclina como promotores

crecimiento de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), determinando mejores incrementos periódicos de peso cuando las dietas contenían probióticos.

#### 4.2.4.1.2 Índice de conversión alimenticia aparente

El análisis de varianza, determina que las conversiones alimenticias aparentes durante la fase experimental (Tabla 9) presentaron diferencias estadísticas significativas  $p < 0.05$ , La prueba de significancia de Tukey demuestra diferencias significativas entre el T3 con 1.60, el T2 con 1.68 y T1 con 1.69 frente al tratamiento testigo T0 con 1.88. Sin embargo, los tres tratamientos con aditivos no registraron diferencias estadísticas significativas. Lo anterior corrobora el estudio de López et al (2005) quien al evaluar inmunoestimulantes en las fases de levante y ceba de trucha arcoiris comprobó que tanto el inmunoestimulante como el probiótico estimulan la proliferación y adherencia intestinal de las bacterias benéficas, mejorando la absorción y utilización de los diferentes componentes nutricionales de las dietas, Lo anterior se explica porque los procesos anabólicos de proteínas son mayores en animales jóvenes pero en animales adultos los procesos catabólicos son más intensos.

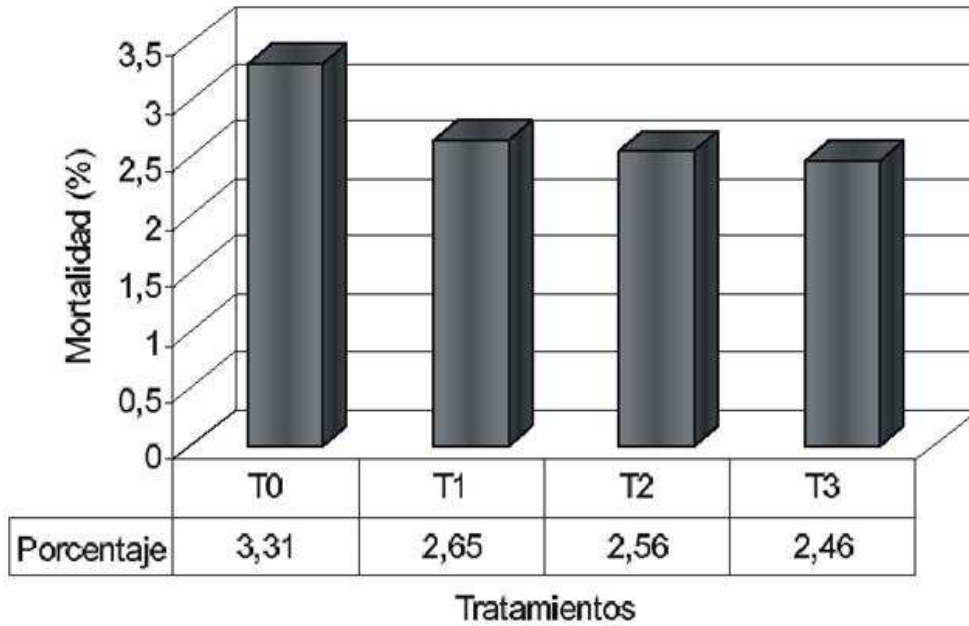
Tabla 9 Conversión alimenticia aparente promedio por Tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>Alimento suministrado g</b>	<b>Incremento de peso g</b>	<b>Conversión alimenticia aparente</b>
T0	303.93	161,6	1,88
T1	335.95	198,55	1,69
T2	347.10	206,66	1,68
T3	373.67	233,23	1,60

#### 4.2.4.1.3 Mortalidad

Teniendo en cuenta que todos los ejemplares de los diferentes tratamientos aceptaron adecuadamente las dietas y consumieron el alimento de manera similar, en consecuencia la mortalidad se debió a diferentes agentes patológicos. Los resultados (Figura 19), demuestran que las menores mortalidades se presentaron en los tratamientos con aditivos, los cuales reportaron además los mejores incrementos de peso, en contraste el tratamiento testigo que registró la menor sobrevivencia. Según lo demostrado por López (2005), quien determinó que el  $\beta$ -Glucán actúa como inmunoestimulante al incrementar la capacidad fagocitaria de las células de defensa. Igualmente, Lara et al (2003), en su estudio reportó la menor mortalidad en los tratamientos con probióticos y antibióticos, las cuales fueron estadísticamente diferentes comparadas con el control.

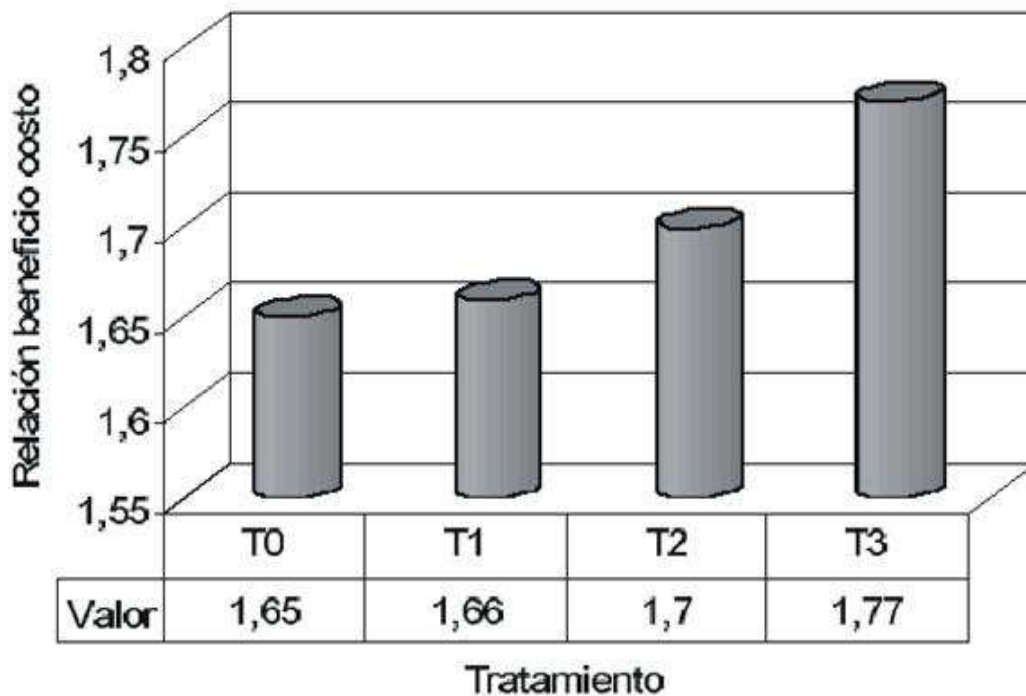
Figura 19. Porcentaje de Mortalidad en los diferentes tratamientos durante el período experimental.



#### 4.2.4.1.4 Análisis parcial de costos

Se consideraron costos variables representados por alevinos, alimento artificial, probióticos y mano de obra. Según los cálculos realizados y teniendo en cuenta la interpretación de la relación beneficio/costo los tratamientos con y/o prebióticos y probióticos reportaron mejores relaciones beneficio/costo que el tratamiento testigo siendo el mejor el T3 lo cual es de gran importancia económica porque mejora la rentabilidad en cultivos intensivos y superintensivos de trucha arcoiris (Figura 20). Resultados que demuestran el efecto del B-Glucán, en el consumo de alimento, conversión alimenticia y en mejores tasas de sobrevivencia.

Figura 20. Relación Beneficio Costo de los tratamientos experimentales



#### 4.2.5 Conclusiones

La inclusión de 2% de probióticos y prebióticos en dietas de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) durante la fase de levante mejora los incrementos periódicos peso, consumo alimento, conversión alimenticia y sobrevivencia.

El tratamiento tres que contenía probiótico comercial e inmunoestimulante presentó mejores resultados, de acuerdo al incremento de peso, conversión alimenticia, tasa de sobrevivencia y relación beneficio costo.

La utilización de probióticos e inmunoestimulantes determinó ser una alternativa viable y económica para mejorar la rentabilidad de los cultivos intensivos de trucha arcoiris.

#### 4.2.6 Recomendaciones generales

Evaluar métodos industriales para incorporar prebióticos y probióticos en los alimentos comerciales para especies ícticas nativas y foráneas manejadas en condiciones de cautiverio.

Incorporar microorganismos probióticos al alimento vivo y suministrarlo como primera alimentación de postlarvas de especies ícticas nativas como alternativa para disminuir los elevados porcentajes de mortalidad que se presentan debido al marcado canibalismo durante esta fase.

Promover y fomentar la producción intensiva y permanente de alevinos para impulsar el cultivo del sábalo amazónico (*B. melanopterus*), como alternativa de desarrollo socioeconómico para la sustitución de cultivos ilícitos en la cuenca amazónica.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA, S y GUEVARA, M. Evaluación de dos dietas comerciales sobre el crecimiento del híbrido de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. [on line]. Venezuela: Zootecnia Trop, 2002. 1 p. (citado el 23 de mayo de 2005). Disponible en internet: <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/ztzoo/zt2004/texto/asilva.htm>
- ÁLVAREZ DE LEON. Anatomía e histología básica del yamú *Brycon sp.* Villavicencio. Trabajo de grado (Médico Veterinario Zootecnista). Universidad de los Llanos. Facultad de Ciencias Pecuarias. 1991. 96 p.
- ARCOS, Oswaldo. Evaluación de un probiotico y/o un promotor de crecimiento en la fase de preiniciación lechones. Pasto, 1994, P.60 Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.
- ARIAS, José. Biología reproductiva del yamú *Brycon siebenthalae* (Pisces: Characidae) en cautiverio. Trabajo de Grado (Doctor en Ciencias). Santiago de Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, 2002. 116 p.
- BALCAZAR, José. Uso de Probióticos en acuicultura. I Congreso Internacional Virtual de Acuicultura. Universidad de Machala. Ecuador.2002. Disponible en Internet, URL: .
- CAGIGAS, Ada y GONZALES, Troadio. Probióticos y Salud. Monografías.com. Madrid, España. 1997. Disponible en Internet, URL:
- CASTRO, Darío. Peces del Río Putumayo: Una aproximación de los recursos ictiológicos del Río Putumayo. Mocoa, Putumayo: Corporación Para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía, 1997. 83 p.
- CHABRILLÓN, Mariana y MOROÑIGO, Miguel. Pueden comer los peces yogur. Uma.es. 2004. Disponible en Internet, URL:

COBO, José. Probióticos. Revista Salud Pública. Respyn. 2001. Disponible en Internet, URL:

CRUZ, Elizabeth y MENDOZA Roberto, Principios de Nutrición. Madrid, España. 2000. Disponible en Internet, URL:<http://www.principiosnutrición.com.ar>.

GALÁN, Varda. Prebióticos y Probióticos: Bacterias Saludables. DSalud. 2004. Disponible en Internet, URL: [http://www.dsalud.com/alimentacion\\_numero57.htm](http://www.dsalud.com/alimentacion_numero57.htm)

GIRON, Herien. Experiencias en reproducción inducida de especies ícticas nativas promisorias (*Prochilodus nigricans*, *Brycon melanopterus* y *Schizodon fasciatus*) en el Centro Experimental Amazónico (CEA). Mocoa, Putumayo: Corporación Para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía, 2000. 25 p.

GUEVARA, J y MATEUS, R. Evaluación de la utilización de probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis* sp). Trabajo de grado (Zootecnista). Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. 2001. 80 p.

IRIANTO, A and AUSTIN, B. Probiotics in aquaculture. [on line]. Indonesia: Blackwell Science Ltd, 2002. 633 - 342 pp. (Citado el 14 de mayo 2006). Disponible en internet: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-2761.2002.00422.x>

KUMARI, J and SAHOO, P. Dietary  $\beta$ -1,3 glucan potentiates innate immunity and disease resistance of Asian catfish, *Clarias batrachus*. [on line]. China: Blackwell Science Ltd, 2006. 1 p. (citado el 3 de junio de 2006). Disponible en internet: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2761.2006.00691.x?prevSearch=allfield%3A%28sahoo%29>

LARA, Maurilio; ESCOBAR, Laura y OLVERA, Miguel. Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). En: Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Cancún, Quintana Roo, México. 2002. p. 330.

LÓPEZ, Jorge. Nutrición Acuícola. Fisiología digestiva de los organismos hidrobiológicos de cultivo. Pasto: Colombia: Universidad Nariño, 1997. P. 211

LÓPEZ, Jorge. Et.al. Evaluación de inmunoestimulantes en las fases de levante y ceba de trucha arcoiris (*O. mykiss*) cultivada en jaulas flotantes en el Lago Guamuéz. Vicerrectoría de Investigaciones Postgrados y Relaciones Internacionales. Sistema Investigaciones. Pasto. Colombia. 2005. p. 6

PEREIRA, Rosa. et.al. Efecto del *Lactobacillus acidophylus* y la levadura de cerveza *Saccharomyces cerevisiae* como probióticos en la alimentación de pavos durante la fase de cría. Pasto. 1997. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad Ciencias Pecuarias. p 8.

PÉREZ, Robinson. Efecto de la inclusión de probióticos y prebióticos en dietas para la fase de alevinaje de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*). Trabajo de grado (Zootecnista). Santa Fe de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2004. 90 p.

REUTERS, Healt. The Probiotics and Nutrition. International. Washington. Estados Unidos. 2002. Disponible en Internet, URL: <http://WWW.fishfar/surveyreports/ien/html>

ROSADO LORIA, Jorge y ONDARZA BENÉITEZ, Mauricio. Prebióticos y probióticos: efectos e implicaciones en la fisiología de la nutrición. Nutran el portal de la alimentación. 2003. Disponible en Internet, URL: .

SANTOMÁ, Gerardo. Estimuladores de la inmunidad. Avances en nutrición y alimentación animal. [on line]. España: Fedna, 2001. 28 p. (citado el 15 de mayo de 2006). Disponible en internet: <http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/98CAPVII.pdf>.

SMITH, Valerie; BROWN, Janet y HAUTON, Chris. Immunostimulation in crustaceans: does it really protect against infection?. [on line]. Escocia: Science Direct, 2002. 71 – 90 pp. (citado 3 de junio de 2006). Disponible en internet: <http://www.sciencedirect.com/science?>

TOVAR, D; ZAMBONINO, J; CAHU, C; GATESOUBE, F y VÁZQUEZ-JUÁREZ, R. Efecto de la administración de levaduras en el proceso de maduración del tracto digestivo de peces. En: Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mérida, Yucatán. México. 2000, p. 34.

TRIVIÑO, ALBA. Evaluación del efecto del  $\beta$  glucan de *Saccharomyces cerevisiae* en camarones *Litopenaeus vannamei* afectados por el síndrome viral de la mancha blanca (WSSV) bajo condiciones de laboratorio en la ensenada de Tumaco. Trabajo de grado. (Ingeniero en Producción Acuícola). Nariño. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. 2001. 95 p.

UNIDAD REGIONAL DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA (URPA). Evaluación agropecuaria del Departamento del Putumayo. Mocoa: Secretaría de Agricultura del Putumayo, 2005. 45 p.

VENDEMIATTI, Jussiara; BELÉM, Andréa y EURICO, José. Mananoligossacarídeos alimentares (MOS) como agentes profiláticos das infecções por Edwardsiella tarda em Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). En: II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. España. Disponible en internet: <http://www.civa2003.org>, p. 132.

VENKAT, Himabindu; SHAU, Narottam y JAIN, Kamal. Effect of feeding lactobacillus-based probiotics on the gut microflora, growth and survival of postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii*. [on line]. India: Blackwell Science Ltd, 2004. 501–507 pp. (Citado el 1 de octubre de 2005). Disponible en internet: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2109.2004.01045.x>

VERSCHUERE, Laurent; ROMBAUT, Geert; SORGELOOS, Patrick and VERSTRAETE, Willy. Probiotic bacteria as biological Control agents in aquaculture. En: Microbiology and Molecular Biology Review. Bélgica: American Society for Microbiology, Vol. 64, No. 4 (Dic, 2000). 655 – 671

ZULUAGA, Anabella y CORREA, Sandra. Identificación taxonómica de cinco especies ícticas de la región del putumayo. Santiago de Cali. Convenio SENA-SECAB-CORPOAMAZONÍA. 1999. 15 p.