

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL EFECTO DE UN PROBIÓTICO
COMERCIAL Y UN INMUNOESTIMULANTE EN LA FASE DE LEVANTE
INTENSIVA DE TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS
FLOTANTES**

**IVÁN DARÍO CORAL SANTANDER
ANA LUCÍA ZAMBRANO LUCERO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2006**

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL EFECTO DE UN PROBIÓTICO
COMERCIAL Y UN INMUNOESTIMULANTE EN LA FASE DE LEVANTE
INTENSIVA DE TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN JAULAS
FLOTANTES**

**IVÁN DARÍO CORAL SANTANDER
ANA LUCÍA ZAMBRANO LUCERO**

**Trabajo de grado presentada 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 CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2006**

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

Artículo 1º del Acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE APROBACION

Los suscritos jurados de la tesis de grado "EVALUACION COMPARATIVA DEL EFECTO DE UN PROBIOTICO COMERCIAL Y UN INMUNOESTIMULANTE EN LA FASE DE LEVANTE INTENSIVA DE TRUCHA ARCOIRIS (Oncorhynchus Mykiss)", elaborada por los estudiantes Ivan Dario Coral Santander y Ana Lucia Zambrano Lucero, realizaron la sustentación publica el día 13 del presente. Obteniendo una calificación promedia de 95 puntos en la escala de 0 a 100, la anterior calificación es considerada como meritoria según la reglamentación vigente.

PILAR NARVÁEZ ERAZO
Jurado delegado

ARMANDO ARROYO OSORIO
Jurado

JORGE NELSON LÓPEZ MACIAS
Presidente

San Juan de Pasto, 13 de diciembre de 2006

DEDICO A:

Gracias al Todopoderoso por iluminarme y ser mi guía, darme la fe y la esperanza, al mismo tiempo la fortaleza y perseverancia de hacer éste sueño realidad.

Este triunfo se lo dedico a mis padres Carlos Bolívar y Ester María, a mis hermanos quienes con sus consejos, comprensión y apoyo incondicional han permitido que culmine otra de mis metas; también aquellas personas que de alguna manera ayudaron a formar la ilusión de ser profesional.

Ana Lucía Zambrano Lucero

“Daría todo lo que sé
Por la mitad que
desconozco”

DEDICO:

Esta meta culminada primero a Dios por la vida quien ha sido mi luz, mi guía y mi protección en el camino.

A mis padres Javier Eduardo y Ana Lucía a quienes les debo su infinita gratitud por su apoyo y bendición durante estos años, mi homenaje también a mis hermanos Diego Fernando y Javier Felipe; a mi familia Coral Santander por su respaldo y comprensión y a mis queridos compañeros.

Jván Darío Coral Santander

Lo más útil no es saber mucho sino
Como aplicas lo poco que sabes”
Thomas Fuller

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a:

| | |
|--------------------------------|---|
| Jorge Nelson López Macias | M.V.Z., Esp. M. Sc., Ph.D © Profesor Titular Departamento de Recursos Hidrobiológicos. Universidad de Nariño |
| Marco Antonio Imuez Figueroa | Zootecnista, Esp. en computación |
| Álvaro Javier Burgos Arcos | Zootecnista. M.Sc. © |
| Pilar Narvárez Erazo | Zootecnista |
| Armando Arroyo Osorio | Zootecnista |
| Luis Alberto Gordillo Cárdenas | Ingeniero en Producción Acuícola, Jefe área de Producción LEVAPAN S. A. |
| Carlos Solarte Portilla | Zootecnista., Ph.D |
| Luis Alfonso Solarte Portilla | Zootecnista. Secretario Facultad de Ciencias Pecuarias. |
| Sandra Espinoza Narvárez | Tec. Química, Ing. en Producción Acuícola. |
| Jaime Rodríguez Sánchez | Ing. en Producción Acuícola |
| Julbrainer Salas Benavides | Biólogo Enfoque Ecología. |
| José Balcazar Ortiz | Biólogo Universidad de Machala (Ecuador). |
| Piedad Mejía Santacruz | Secretaria del programa IPA. |
| Oscar Mejía Santacruz. | Economista |

José Franco Luna Cárdenas

Operario, Unidad Jaulas Flotantes
Universidad de Nariño

Juan Andrés Luna

Operario, Unidad Jaulas Flotantes
Universidad de Nariño.

Al Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en el desarrollo y culminación de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN | 19 |
| 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA | 20 |
| 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 21 |
| 3. OBJETIVOS | 22 |
| 3.1 OJETIVO GENERAL | 22 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 22 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 23 |
| 4.1 SISTEMA INMUNE | 23 |
| 4.2 PROBIÓTICOS | 24 |
| 4.2.1 Clasificación | 26 |
| 4.2.2 Mecanismo de acción de probióticos | 27 |
| 4.3 LEVADURAS | 29 |
| 4.3.1 Composición y algunas propiedades biofuncionales | 30 |
| 4.4 PREBIÓTICOS | 32 |
| 4.4.1 Betaglucano | 34 |
| 4.5 VÍAS DE ADMINISTRACIÓN, DOSIS UTILIZADA Y FORMAS DE INCORPORACIÓN | 35 |
| 4.6 USO DE PROBIÓTICOS EN ESPECIES ANIMALES | 36 |
| 4.7 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS A EVALUAR | 37 |
| 4.7.1 Propiedades del producto | 37 |

| | Pág. |
|--|------|
| 4.8 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LOS ORGANISMOS HIDROBIOLÓGICOS DE CULTIVO | 38 |
| 4.8.1 Digestión en el estómago | 39 |
| 4.8.2 Digestión en el intestino | 39 |
| 4.9 MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN | 40 |
| 4.10 CULTIVO DE PECES EN JAULAS FLOTANTES | 41 |
| 4.10.1 Cultivo de Trucha en jaulas flotantes bajo volumen alta densidad | 41 |
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO | 43 |
| 5.1 LOCALIZACIÓN | 43 |
| 5.2 PERÍODO DE ESTUDIO | 43 |
| 5.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS | 44 |
| 5.3.1 Materiales y Equipos | 44 |
| 5.4 MATERIAL BIOLÓGICO | 44 |
| 5.5 INSUMOS | 45 |
| 5.5.1 Probiótico Lacture® | 45 |
| 5.5.2 Inmunoestimulante Beta Glucán® | 45 |
| 5.5.3 Balanceado artificial para trucha | 45 |
| 5.6 PLAN DE MANEJO | 46 |
| 5.6.1 Adecuación de las Instalaciones | 46 |
| 5.6.2 Suministro del alimento | 46 |
| 5.6.3 Método de impregnación de los aditivos al alimento | 47 |
| 5.6.4 Muestreo | 48 |
| 5.6.5 Profilaxis | 49 |
| 5.6.7 Análisis bromatológico | 49 |

| | Pág. |
|---|------|
| | 49 |
| 5.7 TRATAMIENTOS | 49 |
| 5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL | 50 |
| 5.9 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS | 50 |
| 5.10 VARIABLES EVALUADAS | 50 |
| 5.10.1 Incremento de peso | 50 |
| 5.10.2 Conversión alimenticia aparente | 50 |
| 5.10.3 Porcentaje de mortalidad | 51 |
| 5.10.4 Análisis parcial de costos | 52 |
| 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 52 |
| 6.1 VARIABLES EVALUADAS | 52 |
| 6.1.1 Incremento de peso | 55 |
| 6.1.2 Consumo de alimento | 55 |
| 6.1.3 Análisis bromatológico | 56 |
| 6.1.4 Índice de conversión alimenticia aparente | 57 |
| 6.1.5 Porcentaje de mortalidad | 59 |
| 6.1.6 Análisis parcial de costos | 60 |
| 6.2 CALIDAD DEL AGUA | 62 |
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 62 |
| 7.1 CONCLUSIONES | 62 |
| 7.2 RECOMENDACIONES | 63 |
| BIBLIOGRAFÍA | 67 |
| ANEXOS | |

LISTA DE TABLAS

| | | Pág. | |
|-------|---|---|----|
| Tabla | 1 | Composición de la levadura fresca | 31 |
| Tabla | 2 | Características de una buena levadura | 32 |
| Tabla | 3 | Composición de un producto comercial tipo Lacture® por kilogramo | 37 |
| Tabla | 4 | Composición química de un inmunoestimulante comercial tipo B - Glucán® | 38 |
| Tabla | 5 | Resumen del peso promedio, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad de los distintos tratamientos experimentales | 52 |
| Tabla | 6 | Biomasa final en los diferentes tratamientos | 53 |
| Tabla | 7 | Conversión alimenticia aparente promedio por tratamiento por individuo | 56 |
| Tabla | 8 | Análisis parcial de costos de los distintos tratamientos experimentales | 59 |

LISTA DE FIGURAS

| | | Pág. |
|----------|---|------|
| Tabla 1 | Vista Lago Guamuez, Nariño | 43 |
| Tabla 2 | Instalaciones | 44 |
| Tabla 3 | Ejemplar de Trucha arcoiris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) | 45 |
| Tabla 4 | Almidón, Alimento concentrado, probiótico comercial <i>Lacture</i> [®] e inmunoestimulante Betaglucan [®] | 46 |
| Tabla 5 | Solución de almidón, incorporación de los aditivos por micro mezcla | 47 |
| Tabla 6 | Incorporación de la solución de almidón con los aditivos al alimento balanceado por el sistema de micro mezcla | 48 |
| Tabla 7 | Presentación alimento balanceado con los aditivos | 48 |
| Tabla 8 | Incremento promedio g/día en la evaluación comparativa de un probiótico comercial y un inmunoestimulante | 54 |
| Tabla 9 | Incremento promedio de peso (g) por tratamiento durante el período experimental | 54 |
| Tabla 10 | Conversión alimenticia aparente de los distintos tratamientos durante el período experimental | 57 |
| Tabla 11 | Porcentaje de mortalidad en los diferentes tratamientos durante el período experimental | 58 |
| Tabla 12 | Relación beneficio costo de los tratamientos experimentales | 60 |
| Tabla 13 | Parámetros físico químicos del agua promedio de los tratamientos experimentales | 61 |

LISTA DE ANEXOS

| | | Pág. | |
|-------|---|---|----|
| Anexo | A | Protocolo de Weende adaptado por el laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño. | 66 |
| Anexo | B | Análisis de varianza para el peso inicial en los tratamientos. | 70 |
| Anexo | C | Análisis de Varianza para el incremento de peso en los tratamientos. | 71 |
| Anexo | D | Prueba de comparación múltiple Tukey 95% de confianza para incremento de peso. | 71 |
| Anexo | E | Análisis Bromatológico del concentrado comercial con 43% de proteína. | 72 |
| Anexo | F | Análisis Bromatológico del concentrado comercial con 43% de Proteína con los aditivos. | 72 |
| Anexo | G | Análisis de Varianza para índice de conversión alimenticia aparente en los tratamientos. | 73 |
| Anexo | H | Prueba de comparación múltiple Tukey 95% de confianza para índice de conversión alimenticia aparente. | 73 |
| Anexo | I | Análisis de varianza para porcentaje de mortalidad en los tratamientos. | 73 |
| Anexo | J | Parámetros físico químicos del agua datos mensuales promedio de los tratamientos experimentales. | 74 |
| Anexo | K | Análisis de varianza de los Parámetros físico químicos del agua. Temperatura , Oxígeno y pH. | 75 |

GLOSARIO

ALIMENTOS FUNCIONALES: Son los que además de suministrar los nutrientes recomendados para funciones de renovación afectan benéficamente a una o varias funciones del organismo proporcionando un mejor estado de salud y reduciendo riesgo de enfermedad.

BACTERIAS LÁCTICAS: Grupo amplio de microorganismos aerobios que poseen la habilidad de transformar azúcar en ácido láctico como el principal producto del metabolismo.

BETAGLUCÁN: Es un oligosacárido compuesto por unidades de mananos y fructanos que modifica la cantidad y el tipo de flora presentes en el tracto gastrointestinal.

BIFIDOBACTERIAS: Son bacterias anaeróbicas que utilizan una vía metabólica alterna para la degradación de la lactosa en ácido láctico y ácido acético.

EXCLUSIÓN COMPETITIVA: Es el establecimiento temprano de la flora intestinal benéfica del adulto para prevenir la colonización de gérmenes entero patógenos.

***Lactobacillus acidophylus*:** Microorganismos del tracto intestinal que además de sintetizar vitaminas del complejo B (B6, B12, Ácido fólico, riboflavina, niacina, biotina y ácido pantoténico), mejoran la absorción de calcio, producen enzimas como la lactasa, antibióticos naturales que ayudan en el control de bacterias patógenas intestinales e incrementan la digestibilidad.

LEVADURAS: Están constituidas por un gran número de microorganismos unicelulares vivos pertenecientes al grupo de los hongos y algunos como *Sachoromyces cereviseae* y *Phaffiarhodozyma* presentan efecto prebiótico e inmunoestimulante.

PREBIÓTICOS: Son hidratos de carbono de baja digestibilidad que afectan benéficamente al huésped al estimular selectivamente el crecimiento in situ de ciertas bacterias residentes (endógenas y comensales) y fortalecen el sistema inmunológico del hospedador.

PROBIÓTICOS: Son cepas de microorganismos vivos que tienen un efecto positivo sobre el huésped al modificar la microflora intestinal, favoreciendo el crecimiento de organismos benéficos o saprofitos, mejoran la absorción de nutrientes y actúan como potenciadores de la respuesta inmune.

SISTEMA INMUNE: Es el sistema de defensa del cuerpo encargado de generar respuestas físicas y/o químicas necesarias para hacer frente a los microorganismos patógenos invasores.

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 la fase experimental. Se comparó el efecto de un probiótico comercial y el inmunoestimulante β - 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 el 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 tratamiento 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 e inmunoestimulantes 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 probióticos en la dieta es una nueva alternativa de la Acuicultura para incrementar la producción de carne, disminuir la mortalidad durante el cultivo y por ende mejorar la rentabilidad de las explotaciones intensivas de organismos hidrobiológicos.

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. mikkys*) in the research station of Intiyaco located at the Guamues lake, daring a period of 5 months.

It was studied 4224 alevines kaunloop variety the fish hat-an average weight of 40 g distributed in an irrestrict random design made up by four treatments and three replications pertreatment in the following way: T0, 0% additive, T1, 2% commercial probiotic, T2, 2% inmunoestimulant y T3, 1% de commercial probiotic plus and 1% inmunoestimulant.

The results showed that the treatment T3 feed with the mixture of probiotic and immunostimulant registered the best increment of weight, feed conversion rata, of survival and highest benefit – cost relationship compared to the witness treatment (T0). Furthermore the T3 treatment showed statisfic differences in relation T0 treatments T1 and T2, howar those treatments were similar between thenselues 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 troat improve the increment periodic of weight, feed conversion, rate of survival and benefict – cost relationship. For thes reason this technique is a new way for obtaining belter economic results in intensive aquaculture in tropical countries.

INTRODUCCIÓN

La Acuicultura en Colombia es uno de los renglones de mayor crecimiento del sector agropecuario en la última década, debido a las condiciones ideales del país, desde el punto de vista climático, topográfico, hidrológico, edafológico, diversidad hidrobiológica, localización geográfica en la zona tropical y costas sobre dos océanos. Además, la producción de organismos hidrobiológicos en condiciones de cautiverio, es uno de los sistemas más eficientes para aumentar la disponibilidad de proteína de excelente calidad, generar riquezas adicionales y divisas para el país y mejorar la calidad socioeconómica de los habitantes.

Las especies ícticas cultivadas en sistemas intensivos y semiintensivos presentan requerimientos altos de proteína, que son satisfechos mediante dietas artificiales balanceadas, siendo el costo del alimento un limitante para el desarrollo y expansión de la acuicultura, al representar hasta el 70% de los costos directos de producción. En consecuencia y con el propósito de disminuir el costo de las dietas, optimizar la conversión alimenticia, ganancia de peso y rentabilidad económica, se han implementado y evaluado en la última década distintas técnicas, como la incorporación en el alimento de probióticos, distintos inmunoestimulantes como los β -Glucáns que disminuyen la incidencia de enfermedades y tienen efectos positivos sobre el incremento periódico de peso, debido a que mantienen un óptimo balance de la flora intestinal. Las denominadas sustancias inmunopotenciadoras anteriormente descritas, se encargan de activar por distintas vías inmunológicas, a las células fagocitarias.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación evaluó comparativamente el efecto de un probiótico comercial y un inmunoestimulante incorporados en dietas artificiales balanceadas para trucha arcoiris (*O. mykiss*), levantada de manera intensiva en jaulas flotantes, determinando su incidencia sobre las ganancias periódicas de peso, conversión alimenticia, tasa de sobrevivencia y relación beneficio costo.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En las explotaciones acuícolas, como en el cultivo de la trucha arcoiris (*O. mykiss*), el valor de la alimentación representa los mayores costos directos de producción, por lo tanto toda técnica dirigida a mejorar la eficiencia alimenticia, incidirá directamente sobre los márgenes de rentabilidad del cultivo.

El uso de probióticos e inmunoestimulantes en el alimento se convierten en una alternativa viable y económica debido a que diferentes ensayos realizados en Latinoamérica y en el mundo han demostrado su efecto benéfico sobre la menor incidencia de patologías, los incrementos periódicos de peso, tasas de sobrevivencia y la rentabilidad del cultivo, debido a que un ejemplar en buenas condiciones de salud puede dedicar toda la energía de los alimentos a funciones de remodelación y acumulación de tejidos y menos a la producción de anticuerpos.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El uso de probióticos comerciales e inmunoestimulantes en el alimento, durante la etapa de levante de trucha arcoiris (*O. mykiss*) inciden positivamente en el incremento de peso, la conversión alimenticia y tasa de sobrevivencia?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluación comparativa del efecto de un probiótico comercial y un inmunoestimulante en el levante intensivo de trucha arcoiris (*O. mykiss*) en jaulas flotantes.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1 Determinar los incrementos periódicos de peso y la conversión alimenticia de los distintos tratamientos experimentales.

3.2.2 Cuantificar el porcentaje de mortalidad durante el período de cultivo, de los diferentes tratamientos.

3.2.3 Realizar un análisis parcial de costos para establecer la relación beneficio / costo de cada tratamiento.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 SISTEMA INMUNE

Según Cagigas y Gonzales¹, el sistema de defensa del organismo, es el encargado de poner en marcha una serie de mecanismos para hacer frente a la invasión masiva de sustancias extrañas (antígenos). El tipo de respuesta inmune depende de 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 de enfermedades infecciosas y está constituida por barreras físico químicas como son la piel y la capa mucosa. La inmunidad secretora de la mucosa es el proceso más conocido en la defensa contra entero patógeno. 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 patógenos.

Al respecto, Lara, Escobar y Novoa² citando a Nurmi & Rantala, realizaron estudios de exclusión competitiva y observaron variaciones de la flora intestinal ocasionada por factores de estrés como temperatura, densidad de población, alimentación artificial y manejo, lo cual se refleja en pérdidas de apetito, enfermedades y bajo crecimiento. Para contrarrestar estos efectos se suministra a los animales en etapas iniciales de crecimiento; por agua, aspersion o alimentos, cepas de cultivos puros de bacterias seleccionadas llamados probióticos.

Para Chabrillón y Moriño³, en acuicultura los microorganismos presentes en la micro biota intestinal interactúan de forma constante con el ambiente y el alimento suministrado, los cuales tiene una influencia mucho mayor sobre la salud de los peces, que en el caso de los animales homeotérmicos terrestres.

De acuerdo con Balcazar⁴:

¹ CAGIGAS, Ada y GONZÁLES PERÉZ Troadio. Probióticos y Salud. Monografias.com. Madrid, España. 1997. Disponible en Internet, URL: <<http://www.monografias.com/trabajos10/provi/provi.shtml>>

² LARA Maurilio, ESCOBAR Laura y NOVOA Olvera. Avances en la Utilización de probióticos como promotores de crecimiento en Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*)". Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Centro de Investigación y Estudios Avanzados IPN. Mérida. Yucatán. México. 2003. Disponible en Internet, URL: <<http://molvera@kind.mda.cinvestav.mx>>

³ CHABRILLÓN, Mariana y MOROÑIGO, Miguel. Pueden comer los peces yogur. Uma.es. 2004. Disponible en Internet, URL: <<http://www.uma.es/publicaciones/encuentros>>

En el impacto sobre la flora endógena, los probióticos deben tener una fácil colonización que permita desplazar a otras. Uno de los factores más importantes es que no matan a otras bacterias; pero compiten con ellas, inhibiendo su desarrollo y contribuyendo al equilibrio biológico.

4.2 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 Gonzales⁵. De acuerdo con Cruz y Mendoza⁶ los probióticos son bacterias benéficas que se adicionan en el alimento para que compitan 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 lo tanto, demuestran un fiel reflejo de la 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 Guevara⁷, 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 y aportando bacterias benéficas además de las 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 una mayor absorción y utilización de nutrientes.

De acuerdo con Balcazar⁸, 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 las comunidades microbianas presentes en los sistemas de producción

⁴ BALCAZAR, José. Uso de Probióticos en acuicultura. I Congreso Internacional Virtual de Acuicultura. Universidad de Machala. Ecuador. 2002. Disponible en Internet, URL: <<http://www.CIVA2002.org>>.

⁵ CAGIGAS, Ada y GONZÁLES Troadio. Op. cit. p. 8.

⁶ CRUZ, Elizabeth y MENDOZA Roberto, Principios de Nutrición . Madrid, España. 2000. Disponible en Internet, URL: <http://www.principios de nutrición.com.ar>.

⁷ GUEVARA, Javier. et.al. Evaluación de la utilización de Probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la Mojarra Roja (*Oreochromis spp*) . Memorias. 2001. Disponible en Internet, URL: <http://www.iiat.org.pe/publicaciones/CDs/MENORIAS_VALIDAS/pdfs/Guevara.pdf>

⁸ BALCAZAR, Jose. Op. cit. p.1

Mientras que para Chabrilón y Moriñigo⁹ citando a Verschuere, es un microorganismo vivo que tiene un efecto benéfico sobre el hospedador modificando la comunidad microbiana relacionada con él o con el ambiente en el que éste se desarrolla, a través de una mejora del uso del alimento o de su valor nutricional, y/o de la respuesta del hospedador a las enfermedades, y/o la calidad del ambiente.

Reuters¹⁰ sostiene que los probióticos son microorganismos vivos que producen ácido láctico; el ácido láctico reduce el pH intestinal inhibiendo el desarrollo de microorganismos patógenos del intestino (*Echerichia coli* y *Salmonella enteritidis*), también producen metabolitos y antibióticos que dificultan el desarrollo de los microorganismos patógenos.

De acuerdo con Piñeros citado por Arcos y Chávez¹¹ Los probióticos están constituidos por cultivos de bacterias vivas específicas especialmente *Lactobacillus* con alta viabilidad y capacidad de multiplicarse e implantarse. Intervienen en la digestión a través de la producción de enzimas tales como amilasa, proteasas, celulasas, u betagluconasas, además aportan minerales como fosfatos, potasio, bicarbonato y sodio entre otros.

Para Galán¹² se considera un alimento probiótico 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 *Staphilococcus*, entre otras.

⁹ CHABRILLÓN Mariana y MORIÑIGO Miguel. Op. cit. p.2.

¹⁰ REUTERS, Healt. The Probiotics and Nutrition. International. Washington. Estados Unidos. 2002. Disponible en Internet, URL: <http://WWW.fishfar/surveyreports/ien/html>

¹¹ ARCOS, Oswaldo y Chávez. Evaluación de un probiótico y/o un promotor de crecimiento en la fase de preiniciación de lechones. Pasto, 1994. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, p 4.

¹² GALÁN, Varda. Prebióticos y Probióticos: Bacterias Saludables. DSalud. 2004. Disponible en Internet, URL: http://www.dsalud.com/alimentacion_numero57.htm.

- 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.
- 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.

4.2.1 Clasificación Según Sampaio citado por Pereira¹³, los organismos utilizados como probióticos para animales se clasifican en cuatro grupos: Aerobios, Anaerobios, Bacterias productoras de ácido láctico y Levaduras, los géneros bacterianos más utilizados son los *Lactobacillus* y Bífido bacterias, microorganismos procedentes de la fermentación de la leche que se conocen como bacterias ácido lácticas.

Cobo¹⁴ clasifica estas bacterias teniendo en cuenta su fisiología y habilidad en producir ácido láctico.

Homofermentativas: Producen de un 70-90% de ácido láctico. *L.bulgaricus*, *L. acidophilus*.

Heterofermentativas: Producen alrededor de un 50% de ácido láctico. *L. casei*.

Termofílicas: Crecen mejor en un rango de temperatura de 40° a 44°C. *L. bulgaricus*, *S.termophilus*.

Mesofílicas: Crecen en un rango térmico de 25° - 30°C. *L casei*.

Anaerobias facultativas: Prefieren condiciones aerobias para su metabolismo (la mayoría de las bacterias ácido lácticas).

Anaerobias estrictas: Sobreviven solo en condiciones anaerobias (Bífido bacterias).

De acuerdo con Carpenter citado por Pereira¹⁵ la familia *Lactobacillae*, está integrada por bacilos y cocos que se dividen en el plano único formando cadenas; producen en forma típica ácido láctico, producto secundario de la fermentación de

¹³ PEREIRA, Rosa. et.al. Efecto del *Lactobacillus acidophilus* 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 de Ciencias Pecuarias. p 8.

¹⁴ COBO, José. Probióticos. Revista Salud Pública. Respyn. 2001. Disponible en Internet, UR: <[http://www.van/mx/publicaciones/respyn/i/3/ensayos/ensayos probi'ticos.html](http://www.van/mx/publicaciones/respyn/i/3/ensayos/ensayos%20probi%20ticos.html)>.

¹⁵PEREIRA, Rosa. Op. cit., p.17.

los azúcares. Se necesitan carbohidratos y otras sustancias de enriquecimiento para el desarrollo adecuado de muchas especies de *Lactobacillus*; el pH, óptimo para su crecimiento es de 5 a 7, pero soportan rangos de 4 a 8 y logran sobrevivir a un pH de 3 a 9. La fuente original de bacterias lácteas es el suelo y se encuentran ampliamente distribuidos en productos vegetales junto con otros muchos tipos de microorganismos del suelo, los *Lactobacillus* según los productos de fermentación de azúcares se dividen en dos grupos:

- Los homosfermentativos constituyen el mayor grupo y convierten casi completamente el azúcar fermentado en ácido láctico.
- El heterofermentativo está constituido por formas que producen cantidades importantes de otros productos de fermentación, incluyendo bióxido de carbono, etanol, y ácido acético.

The Society of Feed Technologists Pig and Poultry, citada por Miranda¹⁶ reporta:

Una lista de gérmenes que actúan como probióticos tales como, distintos tipos de bacterias *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*, Bífido bacterias, como también las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y algunos complementos alimenticios específicos o funcionales llamados prebióticos, alimentos no digeribles que afectan benéficamente al huésped al estimular selectivamente el crecimiento y (o) la actividad de una o varias bacterias.

4.2.2 Mecanismo de acción de probióticos Rosmini y Col¹⁷ citando a Vitiñi, comprobaron que algunos *Lactobacillus* tienen la capacidad de aumentar el número de células inmunes productoras de IgA asociadas al intestino así como el número de macrófagos, neutrofilos y eosinófilos relacionados con una respuesta inmune inflamatoria. Así mismo Stern y Storn citados por Pereira¹⁸ coinciden en que los probióticos del género de *Lactobacillus* se suministran vía oral debido a que tienen la capacidad de alcanzar y colonizar el intestino delgado sin disminuir su viabilidad.

¹⁶ MIRANDA, Luis. et.al. El uso de levadura como probiótico para cerdos. México, 1989. Universidad Autónoma de Chapingo, Facultad de Zootecnia. p. 31.

¹⁷ Rosmini y Col. Producción de probióticos para animales de abasto: Importancia del uso de la microbiota intestinal indígena. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 2000. Disponible en Internet URL: <<http://www.inudes.com.mx/antiores/Nov.2000htm/cinves.htm>>

¹⁸ PEREIRA, Rosa. et. al. Op. cit., p. 18

Para Galán ¹⁹, el *Lactobacillus acidophilus* es uno de los probióticos más populares y además de sus beneficios al tracto intestinal, se anota: producción de vitaminas del complejo B, (B6 – B12, ácido fólico, riboflavina, niacina, biotina y ácido pantoténico), mejora la absorción del calcio, produce enzimas como la lactasa, que ayuda a la digestión de la proteína de la leche (lactosa) y a mejorar los síntomas del síndrome de intestino irritable, igualmente antibióticos naturales que ayudan en el control de bacterias patógenas intestinales, contribuye en la digestión de los alimentos y al control de la candidiasis intestinal.

Según Cobo²⁰, las Bífido bacterias son unas bacterias lácticas anaerobias, que utilizan una vía metabólica específica para la degradación de la lactosa produciendo a la vez ácido láctico y ácido acético. Actualmente existen 29 especies descritas, y las más frecuentes son *B. bifidum*, *B. longum*, *B. lactis*, *B. breve*, entre otras.

Santomá²¹, hace referencia que existen alrededor de 30 especies de Bífido bacterias, las mismas inhiben el crecimiento de bacterias patógenas mediante la reducción del pH del tubo digestivo y la producción de ciertos metabolitos bactericidas. Actúan estimulando al sistema inmune mediante la producción de citoquinas, proliferación de monocitos, fagocitosis por macrófagos, inmunidad celular y modulación de la autoinmunidad.

Chabrillón y Moriñigo²² determinan como mecanismos de acción de probióticos en Acuicultura.

- Supresión de poblaciones bacterianas viables a través de una exclusión competitiva por la producción de compuestos antimicrobianos, como sustancias inhibitoras para los patógenos tales como bacteriocinas, ácidos orgánicos, peróxido de hidrógeno y la producción de xideroforos. También la competición por los nutrientes o lugares de adhesión en el intestino o en otra superficie mucosa formando un mecanismo antagónico frente a los patógenos.
- Estimulación de la inmunidad por el incremento de los niveles de anticuerpos o actividad de los macrófagos. Se ha demostrado que ciertos microorganismos marinos y otros aislados a partir de peces cultivados, producen unas proporciones relativamente altas de ácidos grasos poliinsaturados (HUFA), que son necesarios para el desarrollo de éstos organismos, especialmente en los

¹⁹ GALÁN, Varda. Op. cit. p. 20.

²⁰ COBO, José. Op. cit. p. 2.

²¹ SANTOMÁ, Gerardo. Estimuladores de la inmunidad. Madrid, España. 2002. Disponible en Internet, URL : <http://www.dietas.com/internacont.sap?id-cat=848id=10337.htm/>.

²² CHABRILLÓN Mariana y MORIÑIGO Miguel. Op. cit. P. 3.

primeros estadios de vida por ser competentes esenciales de las membranas celulares, además de modular el transporte de membrana, funciones receptora, actividades enzimáticas y compuestos altamente bioactivos como las prostaglandinas, que son importantes moduladores de la función inmune celular.

4.3 LEVADURAS

Según Tissone y Cerdán²³, se llama levadura al organismo vivo que produce enzimas, como la maltasa, la invertasa y la zimasa, las cuales provocan cambios bioquímicos importantes en productos orgánicos naturales como la transformación de azúcares en alcohol y CO₂ en un proceso de fermentación. De acuerdo con Bokgolaget²⁴, levadura es todo hongo de forma ovoidea, con predominio de una fase unicelular en su ciclo de vida, incluyendo a aquellos hongos unicelulares de la clase Basidiomycetes y Deuteromycetes. A veces suelen estar unidos entre sí formando cadenas y producen enzimas para descomponer diversos sustratos, principalmente azúcares.

Pattacini y Soria²⁵ determinan las levaduras como organismos anaeróbicos facultativos, que significa que pueden vivir sin oxígeno. Cuando hay oxígeno lo utilizan para la respiración, es decir para oxidar la glucosa completamente y así obtener ATP. En condiciones de anaerobiosis las cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y otras especies de levaduras transforman la glucosa en ácido pirúvico siguiendo la secuencia de reacciones de la glicólisis.

Para Leouiz²⁶, la temperatura óptima de vida de las levaduras es entre 26° y 30 °C, baja su actividad entre los 3° y 5 °C, muere a los 50°C y se debe conservar en frío a una temperatura de 2° a 5 °C hasta su uso, sin romper la cadena de frío para conservar su calidad. Si se disuelve la levadura en agua tibia aumenta su actividad; pero si el agua es muy caliente la levadura se quema y pierde su actividad.

²⁴ TISSONE, Mariano Y CERDÁN Marcelo. La Levadura. Madrid. 2001. Disponible en Internet, URL: <<http://www.panaderia.com/informes/levadura.html>>.

²⁴,BOKGOLAGET, Exakt. Wikipedia. La Enciclopedia Libre. México. 2002. Disponible en Internet, URL: <<http://es.wikipedia.org/wiki/levadura>>.

²⁵ PATTACINI, Analía y SORIA, Laura. Fermentación alcohólica. Arrakis. España. 2003. Disponible en Internet, URL: <http://www.arrakis.es/~rfluengo/fermentacion.html>

²⁶ LEOUIZ, A. Ingredientes para Panadería. Distribuciones Collico S.A.. Santiago de Chile. 2001. Disponible en Internet, URL: <http://www.collico.cl/infotips.st>

Según Cartwright citado por Londoño²⁷, las levaduras activas por poseer una pared con fuertes propiedades absorbentes, actúan como amortiguadoras del pH y son una fuente concentrada de nutrientes absorbidos, además la presencia de estas levaduras vivas y su multiplicación, pueden llevar una baja concentración de oxígeno en el intestino, favoreciendo el crecimiento de las bacterias anaerobias. Además Markmann²⁸, la describe como un complemento rico en proteínas y vitaminas del grupo B ideal para suplementar dietas deficientes, siendo de fácil digestibilidad y rápida absorción por el organismo.

4.3.1 composición y algunas propiedades biofuncionales. En cuanto a la composición Markman²⁹ las describe de la siguiente manera:

- **Proteínas.** El contenido de proteínas de la levadura es el elemento nutricional más importante y se las ha llamado proteínas unicelulares. Tal vez el nombre más apropiado sería biomasa microbiana. Al ingerir las proteínas de la levadura se liberan a nivel intestinal las envolturas celulares por acción de las enzimas digestivas, siendo hidrolizadas a aminoácidos, que luego son reconstituidos para formar enzimas y otros compuestos nitrogenados necesarios para la vida.

Se observa que las levaduras contienen todos los aminoácidos considerados esenciales por la OMS y la FAO. Las proteínas de la levadura presentan elevado contenido de lisina, de ahí su utilidad para combinarla con las proteínas de los cereales que generalmente carecen de ella; además poseen niveles altos de isoleucina y treonina pero bajos niveles en metionina y cisteína, aminoácidos azufrados que se encuentran en mayor cantidad en las proteínas de origen animal. Del total de las proteínas debe tenerse en cuenta que el 6-8% se haya compuesto por ácidos nucleicos.

- **Vitaminas** Las levaduras contienen importante cantidad de vitaminas hidrosolubles del complejo B, fuente indispensable para el hombre pues muchas veces deben ser incorporadas para lograr el normal desarrollo de las funciones celulares durante el crecimiento y la reproducción. El complejo B incluye a las vitaminas B1-B2-B6, niacina ácido fólico, biotina y pantotenato. Sus funciones son las de participar en reacciones enzimáticas como coenzimas (B1, B6, niacina, biotina, ácido fólico y pantotenato); en la síntesis de ácidos nucleicos (biotina y

²⁷ LONDOÑO., Luis. Prebióticos y Modificadores de PH. En: Revista Nacional de Zootecnia. Colombia. Vo. 6, No. 36. abril 989. p. 26

²⁸ MARKMANN, Carlos. La levadura de cerveza: Un producto Natural. Revista Sexo vida. mayo. 2000. Disponible en Internet, URL:<http://www.sexovida.com/publicaciones/articulos/levadura.htm>

²⁹ *Ibíd.* P. 8

ácido fólico) y como activadores de funciones de la respiración celular (B2 y niacina).

- **Minerales Y Oligoelementos** Predominan en la levadura de cerveza los fosfatos y el potasio. El contenido en elementos bioquímicos importantes como azufre, magnesio, y calcio es relativamente alto. Recientes estudios han demostrado que la suplementación con levadura seca, subsana total o parcialmente las deficiencias de hierro, cobre, zinc, cromo, selenio y molibdeno que a veces presentan ciertas dietas.

- **Lípidos** El contenido en lípidos de las levaduras puede variar entre 4% y 7% en base seca según las condiciones de propagación impuestas y las especies o cepas utilizadas; por ejemplo *Saccharomyces cerevisiae* empleada en la producción de levadura alimenticia contiene un porcentaje elevado de ácidos grasos insaturados que ayudan a controlar el colesterol (-LDL colesterol-). El nivel de ácidos oleico y linoleico es importante desde el punto de vista nutricional dado a que mantiene el buen funcionamiento de las arterias. Además la levadura posee también esteroides de distintos tipos moleculares y compuestos como la lecitina.

- **Carbohidratos** La cantidad total de carbohidratos fluctúa del 30% al 35% de materia seca, son principalmente carbohidratos de reserva tales como glicógeno y trealosa. El material estructural de la pared celular son polímeros de glucosa y manosa (Glucanos y mananos) muy poco asimilables por el hombre.

- **Fibras** La levadura de cerveza es rica en fibra dietaria siendo su valor de alrededor del 18% de la materia seca. (Tabla 1), igualmente su calidad depende de las características físicas de ésta materia prima. (Tabla 2)

Tabla No. 1 Composición de la levadura fresca

| Componentes | Porcentaje |
|-----------------------|------------|
| Agua | 70% |
| Materias nitrogenadas | 13.5% |
| Materias celulósicas | 1.5% |
| Azúcar | 12% |
| Materias minerales | 2.0% |
| Vitaminas | B,PP,E |

Tissone Op. cit

Tabla No. 2 **Características de una buena levadura**

| Condición | Aceptación | Rechazo |
|-------------|-----------------------------|--|
| Color | Crema claro o blanco | No debe ser rojizo |
| Olor | Inodora | No debe desprender olor desagradable o acético |
| Gusto | Sabor agradable | No sabor ácido |
| Textura | Consistencia firme plástica | No debe ser blanda ni pegajosa |
| Utilización | Diluirse sin formar granos | Debe desmigarse fácilmente entre los dedos |

Tissone Op. Cit

El mismo autor³⁰ define la levadura desecada como el material del cual se ha extraído la mayor parte de agua mediante un secado a baja temperatura, obteniéndose al final de este procedimiento un producto con un contenido de agua del 10% permitiendo su poder fermentativo y manteniendo sus propiedades naturales. Antes de su utilización debe diluirse en un poco de agua tibia y harina (alrededor de 100 gramos por litro) y dejarla reposar de 15 a 30 minutos con el fin de que las células de levadura en estado latente tengan tiempo de activarse.

Hoyos, citado por Miranda³¹ determina que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* promueve el desarrollo de *Lactobacillus* sp y estos inhiben la proliferación de *E. coli*, logrando un equilibrio microbiológico. De esta manera contribuye a promover una buena salud, mejorar la asimilación del alimento y de obtener un rápido crecimiento en las especies acuícolas.

4.4 PREBIÓTICOS

Según Galán³² citando a Gibson y Roberfroid, los prebióticos son ingredientes alimentarios no asimilables de los alimentos principalmente, carbohidratos de

³⁰ Ibíd. P. 25

³¹ MIRANDA, Luis. Op. cit. p.50.

³² GALÁN, Varda. Op. cit. P. 22.

cadena corta que afectan al huésped estimulando de forma selectiva el crecimiento y/o la actividad de una o de un limitado grupo de bacterias benéficas y de este modo, mejora la salud del organismo hospedador.

Para Rosado y Ondaza³³, un ingrediente alimenticio considerado prebiótico debe cumplir con los siguientes criterios:

- No debe ser hidrolizado u absorbido en la parte superior del tracto gastrointestinal.
- Debe ser un sustrato selectivo tanto para una o varias bacterias comensales benéficas al intestino, que son estimuladas en su crecimiento y/o metabólicamente activadas.
- Consecuentemente, deben ser capaces de alterar la flora a favor de una composición más saludable.
- Inducir efectos sistémicos o lumbales que sean benéficos a la salud del huésped.

Galán³⁴ describe que las sustancias mayoritariamente de origen vegetal son las que estimulan el crecimiento y la actividad de las especies bacterianas beneficiosas para el organismo, potencian la absorción de los alimentos probióticos, mejoran las funciones de la flora intestinal, regulan sus funciones y aumentan el número de bifidobacterias útiles. Los prebióticos controlan además durante el tránsito intestinal la absorción de grasas, por parte del organismo actuando como antimicrobianos y anticancerígenos. También facilita la absorción del calcio y otros minerales además de colaborar activamente en la síntesis de vitaminas del complejo B y de la vitamina K.

Para Santomá³⁵, entre los prebióticos más estudiados se encuentra la inulina y los fructooligosacáridos derivado de ésta, los oligosacáridos de la soja, la lactulosa, rafinosa y estaquinosa, existen numerosas variedades que se encuentran naturalmente en algunos vegetales como la cebolla, ajo, puerros, y frutos como la banana y en cereales. La inulina se extrae de la raíz de la achicoria. De acuerdo con Rosado y Ondaza³⁶ determinan que los fructooligosacáridos que alcanzan el

³³ 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: <<http://www.nutrar.com/detalle.asp?ID=2358>>.

³⁴ GALÁN, Varda. Op. cit. p. 24

³⁵ SANTOMÁ, Gerardo. Op. cit. p. 10.

³⁶ ROSADO LORIA, Jorge y ONDARZA BENÉITEZ, Mauricio. Op. cit.58

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 (CO₂, CH₄, H₂), los primeros son largamente absorbidos, permitiendo así al huésped, recuperar parte de la energía química suministrada por los carbohidratos no digeribles.

Para Galán³⁷, los prebióticos comparados con los probióticos presentan ventajas distintas tales como una estimulación in situ del crecimiento de ciertas bacterias residentes (endógenas y comensales), una activación del metabolismo bacteriano y sus propios efectos fisiológicos.

4.4.1 Los β -glucanos. De acuerdo con Cruz y Mendoza³⁸, son oligosacáridos que 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:

- **Mananoligosacáridos:** Son derivados de las paredes celulares de las levaduras. Numerosas bacterias poseen en su superficie fimbrias (lecitinas portadoras de manosa), las cuales le permiten adherirse a las paredes intestinales. Los mananos dietéticos actúan aglutinándose sobre las fimbrias bacterianas impidiendo su adhesión. Por otro lado se ha demostrado que ejercen una activación del sistema inmunológico.
- **Fructooligosacáridos:** Son nutrientes de bacterias benéficas que promueven la exclusión competitiva

Para Clark³⁹, el β -Glucán es un carbohidrato complejo de glucosa, un azúcar simple. Puede ser derivado de varias fuentes, incluyendo levaduras, bacterias, hongos y de cereales tales como avena, cebada y centeno. Cada tipo de β -Glucán tiene una estructura única de la glucosa. El β -Glucán de la levadura se ramifica en 1,6 beta y 1,3 beta Glucán, realizando su capacidad de atrapar y de estimular macrófagos. De acuerdo con las investigaciones publicadas, se acepta que el beta Glucán 1,3 y 1,6 son derivados de la pared celular de la levadura del pan (*Saccharomyces cerevisiae*).

³⁷ GALÁN, Varda. Op. cit. p.25.

³⁸ CRUZ, Elizabeth y MENDOZA Roberto. Op. cit. P.3

³⁹ CLARK. Peter. β -Glucán 1,3 y 1,6. Vitamet health food. 1999. Disponible en Internet URL: <http://www.betaexpress.com/betascience.html>.

El mismo autor⁴⁰ determinó que los β -Glucáns son inmunoestimulantes que presentan diferentes beneficios como destrucción de patógenos oportunistas, cuando estos microorganismos causan altas mortalidades e impiden el buen funcionamiento de las especies. Previene las enfermedades causadas por virus al ser utilizado para desarrollar vacunas que reducen el riesgo de infecciones por virus ofreciendo productos mas eficientes para controlar dichos organismos. De una mayor eficacia a sustancias antimicrobianas que en conjunto con los antibióticos previenen enfermedades en peces y humanos. Mejora la salud, el crecimiento, e incrementa la supervivencia de las larvas utilizando tratamiento por inmersión, reduce la mortalidad y la utilización de alimento comercial cuando se alimenta las larvas con B-1,3 y 1,6 Glucán.

Para Reuters⁴¹ los β -Glucáns aumentan la resistencia del camarón y otros invertebrados frente a enfermedades, debido a que estos organismos tienen un sistema inmunológico que carece de células especializadas como los glóbulos blancos, que en animales superiores son utilizados en la producción de anticuerpos y la memoria inmunológica (linfocito). Reduce la mortalidad de peces en las etapas de desarrollo tempranas por ser más susceptibles a las enfermedades, evitando las altas mortalidades en los hatcheries y elevando la resistencia al desarrollo de parásitos que atacan la piel y la membrana de la mucosa actuando como inmunoestimulantes.

4.5 VÍAS DE ADMINISTRACIÓN, DOSIS UTILIZADA Y FORMAS DE INCORPORACIÓN

El mismo autor⁴² menciona que los probióticos se comercializan en forma de premezclas que contienen al orden de 10.000 millones de diferentes especies de bacterias y en ocasiones levaduras por gramo de premezcla y se incluyen en los piensos a dosis de 0.1 a 0.2 %. De acuerdo con Clark⁴³ las dosis de β -Glucán usadas en humanos consiste en una cápsula diaria a nivel oral y las dosis utilizadas en peces son del 2% al 6%, las cuales se incorporan al alimento con la finalidad de combatir patógenos en general

Cabezas y Llanos⁴⁴ menciona que en dietas artificiales para camarón se utiliza 2,0 kilogramos por cada tonelada de alimento, y cuando se trata de baños 1,0 litro

⁴⁰ Ibíd. p.7

⁴¹ REUTERTS, Health Op. cit.

⁴² Ibíd.

⁴³ CLARK, Peter. Op. Cit. P.6

⁴⁴ CABEZAS Eduardo y LLANOS Jairo., Op. cit.

de β -Glucán por millar de larvas proporcionándoles buena calidad. Este Glucán se utiliza para transportar a razón de 1,0 litro por m³.

López ⁴⁵ describe que el mejor adherente para la inclusión de probióticos al alimento balanceado es una solución de almidón al 5%, caracterizado por una consistencia estable al entrar en contacto con el agua y buen consumo por parte de los peces.

4.6 USO DE PROBIÓTICOS EN ESPECIES ANIMALES

Chabrillón y Moriño⁴⁶ Los probióticos evaluados en acuicultura comprenden un amplio rango de bacterias gram positivas y negativas, entre los que cabe destacar especies de *Vibrio*, *Pseudomona*, *Aeromonas*, *Bacillus*, y bacterias ácido lácticas. Generalmente los probióticos se aplican en el alimento o añadidos al tanque o laguna de cultivo, además deben ser termo resistentes que no se destruyan durante la granulación o extrusión por ello se utilizan en forma de esporas que germinan en el aparato digestivo (*Bacillus*) o micro encapsulados (los no esporulados) y deben suministrarse en forma continua ya que tienen muy pocas posibilidades de colonización o multiplicación en el intestino.

De acuerdo con Santomá⁴⁷, hoy en día el uso de estos productos en alimentación animal está generando algunos cuestionamientos, entre ellos la resistencia a la destrucción gástrica, la dosificación, tiempo de administración, etc. Por ejemplo a diferencia de los quimioterapéuticos, los inmunoestimulantes no muestran una relación dosis-respuesta lineal sino que muestran un máximo a una concentración intermedia y a dosis más elevadas pueden mostrar ausencia de efecto o incluso toxicidad debido a una sobreestimulación. La explicación a esto no está totalmente clara, sin embargo se puede deber a la competencia por los receptores, sobreestimulación que resulte en fatiga del sistema inmunitario o fenómenos de homeostasis. De otra parte no se ha podido determinar la continuidad de las dosis para mantener una defensa correcta, un exceso de estimulación del sistema inmunitario puede producir efectos negativos en términos de productividad. Además los inmunoestimuladores básicamente son agentes profilácticos y no se deben utilizar cuando la enfermedad ya existe, en éste caso el uso de éstos compuestos podrían agravar el cuadro clínico ya que induce una enfermedad aparente sobre la ya existente.

⁴⁵ LOPÉZ, 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 de Investigaciones. Pasto. Colombia. 2005. p. 6

⁴⁶ CHABRILLON Mariana y MOROÑIGO Miguel., Op. cit. P. 5

⁴⁷ SANTOMÁ, Gerardo, Op.cit. p. 8-12

A si mismo el autor⁴⁸ concluye que el momento apropiado para el uso de éste tipo de aditivos sería en etapas tempranas de crecimiento debido a que su sistema inmunitario está en desarrollo, igualmente el tiempo transcurrido entre administración y efecto máximo varía con la dosis, y ésta también influye sobre el tiempo de duración del efecto.

4.7 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS A EVALUAR

Según CENZONE⁴⁹, el probiótico comercial (Lacture[®]), es un promotor natural de crecimiento, está compuesto por bacterias productoras de ácido láctico, enzimas digestivas y cultivos de levaduras vivas principalmente *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae* con el objetivo de maximizar la producción. Tabla No. 3. Este es un polvo fino de color blanco con agradable olor y sabor a caramelo.

4.7.1 Propiedades del producto. La composición de estos microorganismos reduce la población de bacterias patógenas del tracto digestivo, incrementando la digestión de nutrientes del concentrado balanceado. Así mismo reduce el uso de antibióticos y mejora rápidamente la recuperación de estrés por antibióticos. También mejora las condiciones del ecosistema, reduciendo el estrés en el animal.

Tabla No. 3 Composición de un probiótico comercial tipo Lacture[®], por Kilogramo.

| Componente | Valor |
|----------------------------------|---------------------------|
| Proteína cruda | 8.5% |
| Grasa cruda | 0.23% |
| Fibra cruda | 1.66% |
| <i>Sacharomyces cerevisiae</i> | 5.000 Billones de células |
| <i>Lactobacillus acidophilus</i> | 77 Billones de CFU |
| <i>Streptococcus faeciun</i> | 44 Billones de CFU |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 2.2 Billones de CFU |
| Amilasa | 22.000 BAU |
| Celulosa | 55.000 CI Ase |
| Proteasa | 132.000 Hut |

Cenzone 2003

⁴⁸ Ibid. P. 13

⁴⁹ The Cenzone, Estados Unidos. Washington. 2003.. Disponible en Internet URL: <http://www.cenzone.com/index1.htm>.

Triviño⁵⁰ describe que la composición química del β -Glucán a evaluar contiene los β -Glucán 1,3 y 1,6 derivados de la pared celular de la levadura de pan (*Saccharomyces cerevisiae*). Tabla No. 4. Esta levadura es primaria manufacturada del stock de la melaza. Este producto no es fermentado por un organismo manipulado genéticamente, se utiliza como nutracéutico, como alimento animal, y en Acuicultura.

Tabla No. 4 Composición química de un inmunoestimulante comercial tipo β -Glucán®

| Especificaciones | Valor |
|-------------------------|-------------------------|
| Forma física | Caudal de energía libre |
| Color | Amarillo tostado |
| Nitrógeno | 1% máximo |
| Ceniza | 5% máximo |
| Humedad | 8% máximo |
| β -Glucán | 60 – 65% de actividad |
| Lípidos | 10 – 30% |

LEVAPAN. 1999

4.8 FISIOLÓGIA DIGESTIVA DE LOS ORGANISMOS HIDROBIOLÓGICOS DE CULTIVO

Según Caicyt⁵¹, el alimento en los animales sufre una serie de tratamientos y transformaciones diversas a todo lo largo del tubo digestivo, en el caso de una alimentación artificial adecuada, es importante conocer los procesos de digestión, absorción, asimilación y utilización del alimento por parte del animal. Esta transformación de los constituyentes del alimento en subunidades adecuadas a los mecanismos de transporte desde el tracto digestivo al medio interno del animal, dependerá del equipamiento enzimático del pez que puede variar durante la vida de éste y en función de los factores del medio y del tipo de régimen alimentario. La morfología del tracto digestivo de los peces es muy variable ilustrando la diversidad de regímenes alimentarios y modos de vida de estos. La longitud del tubo digestivo por ejemplo repercute de manera importante en los aspectos cuantitativos de la digestión y de la absorción del alimento. Así los peces

⁵⁰ TRIVIÑO Mariela., Op. cit. p. 43

⁵¹ CAYCIT. Nutrición en Acuicultura. Madrid, España. J. Espinosa de los Monteros y U. Labarta. 1987. P. 84-86

herbívoros poseen un largo intestino que dilata el tiempo disponible para la digestión de los materiales vegetales.

4.8.1 Digestión en el estómago. De acuerdo con López⁵² citando a Smith, la mayoría de los organismos hidrobiológicos con estómago verdadero, presentan células productoras de ácido clorhídrico, de tal manera que el pH del fluido gástrico puede bajar por debajo de 2 y suele fluctuar entre 2 y 5, según el tiempo transcurrido después de una comida; igual describe Caicyt⁵³, que el paso del bolo alimenticio hace variar el pH en el estómago posiblemente debido a un efecto tampón. En los herbívoros el pH se ve menos afectado por la ingestión del alimento, todo parece indicar que los peces reaccionan a la ingestión del alimento secretando activamente ácido con el fluido gástrico. Además López⁵⁴ citando a Robinson comprobaron la presencia de enzimas proteolíticas en el estómago de la mayoría de especies carnívoras de aguas frías, específicamente salmónidos, las cuales presentan mayor actividad a un pH ácido.

Según Caicyt⁵⁵, las diferentes células y glándulas del estómago secretan proteasas y ácido clorhídrico. Se admite con frecuencia que la principal proteasa gástrica es una enzima análoga a la pepsina de los mamíferos (la pepsina es una endopeptidasa que hidroliza el enlace peptídico produciendo pectosas y polipéptidos)

4.8.2 Digestión en el Intestino. De acuerdo con López⁵⁶ la longitud del intestino, varía directamente con los hábitos alimenticios de la especie, siendo más corto en los peces carnívoros y más largo en las especies ícticas herbívoras o filtradoras.

El mismo autor⁵⁷ citando a Smith demostró:

Que tanto en los peces de estomago verdadero, como en los agastros de aguas frías y cálidas, el pH del flujo intestinal es aproximadamente neutro o básico. Generalmente el pH se aproxima a la neutralidad en la parte anterior del intestino y es alcalino en la porción posterior. La alcalinidad se debe al igual que en los mamíferos a los bicarbonatos

⁵² LOPEZ Jorge., Op. cit. p.2

⁵³ CAYCIT., Op. cit. p.86

⁵⁴ LOPEZ Jorge., Op. cit. p.2

⁵⁵ CAYCIT., Op. cit. p.87

⁵⁶ LOPEZ Jorge., Op. cit. p.2

⁵⁶ *Ibíd.*, p. 6

secretados por el duodeno, que neutralizan las secreciones ácido gástricas.

Según Caicyt citado por López⁵⁸:

El contenido enzimático de los ciegos pilóricos, no difiere del intestino anterior. Sin embargo, algunos autores consideran que estas secreciones, son de origen pancreático, debido a la proximidad del páncreas, el cual está constituido en los peces por pequeñísimos nódulos difusos localizados alrededor de los ciegos. Por tanto, la digestión en el intestino ocurre por la acción de distintos productos secretados por la pared intestinal o por las glándulas anexas como el páncreas y el hígado. El páncreas vierte al intestino, enzimas digestivas tan diversas, como son las proteasas, carbohidrasas y lipasas. La bilis procedente del hígado se acumula en la vesícula biliar y aporta principalmente las sales biliares, cuya función es emulsionar los lípidos, permitiendo así la acción de la lipasa procedente del jugo intestinal y pancreático, en la digestión de las grasas.

Según López⁵⁹ citando a Stickney y Smith, el sistema enzimático del tracto digestivo de los peces de aguas frías, y cálidas, es bastante similar al de los vertebrados. En las especies ícticas con estómago, la digestión de las proteínas se inicia con la actividad de la pepsina en medio ácido y continúa por la acción de las proteasas y peptidasas pancreáticas e intestinales; en cambio en peces desprovistos de estómagos verdaderos, las proteasas y peptidasas pancreáticas e intestinales, serían las únicas responsables de la degradación de la proteína y la digestión y se caracteriza por la ausencia de proteólisis en medio de ácido. Además la mucosa intestinal de peces y crustáceos produce aminopeptidasas, dipeptidasas, Tripeptidasas, núcleo diazas, polinucleotidasa, lecitinasas, lipasas y estearasas. De igual manera se ha detectado amilasa, maltasa, isomaltasa y sacarasa en el intestino de varios peces.

4.9 MANEJO DE LA ALIMENTACIÓN

Según Jens, Phillips y López citado por Aroca⁶⁰, se recomienda suspender la alimentación una vez por semana en la trucha, de esta manera se logra la tasa de pasaje intestinal, estimulando así el apetito e incrementando la absorción de los nutrientes de la siguiente comida y entre más se fraccione la alimentación diaria,

⁵⁸ Ibíd., p.6

⁵⁹ Ibíd., p.7

⁶⁰ AROCA, María. ERASO, María. Pasto, 1998, 19P. Trabajo de grado (Zootecnista).Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias pecuarias.

mejor es la conversión alimenticia aparente debido a un mayor aprovechamiento del alimento suministrado; por lo tanto la eficiencia de una dieta para peces se determina sobre la base de la ganancia de peso, conversión alimenticia aparente, el porcentaje de mortalidad y el costo por Kg de pescado producido. En consecuencia estas cuatro variables son por lo general suficientes para establecer el valor de una dieta. El mismo autor⁶¹ reporta que la cantidad de alimento que se suministrará a la trucha a medida que va creciendo será determinada por el peso del animal así: a menor peso, mayor cantidad de alimento por kilogramo de trucha existente en el cuerpo de agua; a mayor peso menor será el porcentaje de alimento artificial.

Guerrero y Stevenson citado por Aroca⁶² recomienda suministrar el 10% del peso corporal en la alimentación de alevinos en su primera fase, cuyo concentrado debe ser pulverizado en forma granular o en cubos de 2 a 3mm de diámetro; para la fase juvenil dos, el pellet es más grande de 2 a 5mm de diámetro sin pigmento; en la fase adulto el diámetro del pellet es de 6mm de diámetro; en los 3 últimos meses antes de la cosecha, se le suministrará con pigmentación, además, en esta fase se le debe suministrar el 3% de su peso corporal distribuido de una a dos raciones. El porcentaje de proteína en cada una de las fases es para alevinos de 40 a 50%, para juveniles el 45% y adultos del 35 al 40%.

4.10 CULTIVO DE PECES EN JAULAS FLOTANTES

Según Arroyo⁶³, el cultivo de peces en jaulas flotantes es un sistema de cultivo que se realiza en recintos cerrados y suspendidos en el agua; se fundamenta en el mantenimiento de organismos en cautiverio dentro de un espacio cerrado pero con flujo libre de agua. El principio básico del cultivo de jaulas requiere que las jaulas sean fabricadas de un material resistente (bambú, madera, PVC, fibra sintética, etc.). Permitiendo un relativo e irrestricto intercambio de agua, haciendo que los desechos de los peces salgan de las jaulas y así evitar su acumulación.

4.10.1 Cultivo de trucha en jaulas flotantes bajo volumen alta densidad.

Según Schmittout⁶⁴, en los lagos, embalses o ríos con buena corriente la densidad de siembra de trucha en jaulas flotantes, puede llegar hasta 1000-1500 peces/m³, mientras que en cuerpos de agua con movimientos lentos o moderados,

⁶¹ Ibíd., p.20

⁶² Ibíd., p.20

⁶³ ARROYO, Armando. Cultivo de peces en jaulas flotantes. Pasto, Colombia, 1999. P.26

⁶⁴ SCHMITTOUT, H. Cultivo de peces a alta densidad en jaulas de bajo volumen , Auburn, Alabama: Centro Internacional de Acuicultura y ambientes acuáticos, 1999.P. 83

solo se recomiendan de 300-1000 peces/m³. Si se van a sembrar a peces con tallas entre 100-200 gramos la densidad de siembra se reduce a 250 peces/m³.

De igual forma este autor⁶⁵ expone una serie de ventajas de las jaulas flotantes de bajo volumen y alta densidad, como son; la inversión es baja debido a que la tecnología es relativamente económica y simple, incrementa la producción comparada con los cultivos convencionales como estanques en tierra, y con una buena calidad de agua es posible alcanzar rendimientos máximos de 20ton m/ha ya que permite siembras a altas densidades.

⁶⁵ *Ibíd.*, p. 84

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

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 de Nariño. La estación está ubicada en la vereda El Puerto, sobre el Lago Guamuez (Figura 1), corregimiento del Encano, municipio de Pasto, Colombia, a una altura de 2840 msnm. 13°C de temperatura, con una extensión de 4240 Has. El citado corregimiento se encuentra localizado a 30 Km. al sureste de la ciudad de San Juan de Pasto, sobre la carretera que comunica a esta ciudad con el departamento del Putumayo. Las coordenadas geográficas del lago son: 01° 06' 3.80" N y 77° 07' 2.26" W.

Figura 1 Vista lago Guamuez, Nariño



5.2 PERIODO DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se llevó a cabo durante un período aproximado de 5 meses experimentales, con 21 evaluaciones muestrales hasta lograr 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 hasta alcanzar un peso promedio en la población de 40g; período en el cual inició el trabajo de campo.

5.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron 12 jaulas flotantes de 10m³ cada una que consistían en una bolsa de malla multifilamento con un ojo de ¼ a ½ pulgada, según la fase de desarrollo de los ejemplares cultivados, con dimensiones de 2m de largo; 2m de ancho; 2.5m de profundidad, recubierta con un malla poli sombra. Las jaulas se construyeron en marcos de varilla de acero inoxidable, muelles de madera, flotadores conformados por 40 canecas plásticas de 55 galones y se fijaron al lago, mediante cuatro lastres de concreto de 30 kg, amarrados en cuatro sitios distintos de los muelles. Figura 2.

Figura 2 Instalaciones



5.3.1. Materiales y Equipos

- 6 Baldes Plásticos de 12 litros.
- Cuatro nasas de marco metálico de 0.5m de diámetro y 0.5m de profundidad.
- Cámara fotográfica Cannon AE1 – 1.
- Oxímetro YSI 500.
- Kit para análisis de agua marca Power 100 AC 110 V 60Hz2W.
- Balanza analítica con precisión de 0.0001g. Marca OHAUS Precisión plus.
- Balanza gramera con aproximación de 5g. Marca OHAUS SCOUT.
- Balanza digital Marca METTLER Pj 15.
- PH-metro Marca AMERICAN MARINE.
- Termómetro Marca AMERICAN MARINE.

5.4 MATERIAL BIOLÓGICO

Se contó con 5000 ejemplares de trucha arcoiris (*O. mykiss*), variedad kamloop, con peso promedio de 1g y 3 cm de talla. Figura 3. 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, en una proporción de 352 animales por jaula, a una densidad de siembra de 35,2 animales/m³ para un total de 4224 ejemplares, según los diferentes tratamientos evaluados.

Figura 3 Ejemplar de Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*)



5.5 INSUMOS

5.5.1 Probiótico LACTURE®. Producto que se presenta en empaques de 1kg, de la empresa ecuatoriana Ínter Consorcio S.A. – División Acuacultura.

5.5.2 Inmunoestimulante B-Glucán®. Presentación comercial de 1kg, de la empresa colombiana LEVAPAN.

5.5.3 Balanceado artificial para trucha. Se utilizaron dos fórmulas comerciales para las fases de iniciación y levante de trucha arcoiris (O: mikyss). En la fase de iniciación, se suministró alimento comercial peletizado en gránulos de 3,5mm de diámetro, con el 48% de proteína y en el levante un balanceado con peletes de 6mm de diámetro y 43% de proteína. Figura 4.

Figura 4 Almidón, Alimento concentrado, Lacture y β - Glucán.



5.6. PLAN DE MANEJO

5.6.1 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 López⁶⁶.

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.

5.6.2 Suministro del alimento. La alimentación fue suministrada teniendo en cuenta la biomasa total, el porcentaje de la ración y la temperatura del agua, según la tabla propuesta por NRC y adaptada por López⁶⁷ para el lago Guamuez de acuerdo a la talla y edad de los peces. Para ello, se utilizaron los pesos promedios reportados por cada uno de los muestreos, con el fin de calcular el peso total de la población y ajustar la cantidad de cada ración, la que se distribuyó de tres a cinco comidas, mediante sistema al voleo.

⁶⁶ LOPEZ, Jorge. Et al. Op. cit. p. 59

⁶⁷ Ibid. p. 62

5.6.3 Método de impregnación de los aditivos al alimento. Al alimento comercial, se le adicionó el probiótico comercial Lacture® y el inmunoestimulante B-Glucán®, mediante el método de impregnación expuesto por López⁶⁸. Para esto se utilizó como adherente una solución de almidón al 5% que contenía los inmunoestimulantes y se incorporó al concentrado, mediante el sistema de micro mezclas en una proporción de 200 ml de solución de almidón por cada kg de concentrado. Con este propósito se pesaron previamente 10 g de almidón y se mezclaron con 200 ml de agua destilada. Se calentó hasta ebullición, agitando constantemente, se enfrió, se aforó y rotuló en beakers de 500 ml y se almacenó en refrigeración a 5°C hasta su uso, según los diferentes tratamientos evaluados. Figuras 5, 6 y 7.

Figura 5 Solución de almidón, incorporación de los aditivos por micro Mezcla

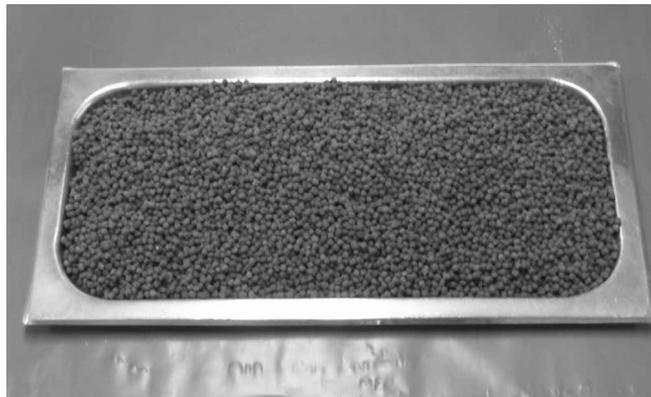


⁶⁸ LOPEZ, Jorge. Et. Al. Op. Cit. P. 62.

Figura 6 Incorporación de la solución de almidón con los aditivos al alimento balanceado mediante el sistema de micro mezcla



Figura 7 Presentación alimento balanceado con los aditivos



5.6.4 Muestreo. 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 de 55 galones, y se pesaban lotes de 50 a 60 truchas, en baldes de 10 galones, previamente tarados, consignando esta información en 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 el número de ejemplares muertos en la semana anteriormente al muestreo, se determinó el peso total de la población y las demás variables estudiadas (ganancia de peso 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 de suministrar el alimento, haciendo las respectivas anotaciones en los registros.

5.6.5 Profilaxis. Durante los muestreos se trató de reducir al máximo el estrés causado por la manipulación de los peces. Con éste propósito se realizaron tratamientos de inmersión con azul de metileno en proporción de 20ppm en baldes plásticos de 10 galones durante 10 minutos.

5.6.7 Análisis bromatológico. Se efectuó un análisis bromatológico proximal del alimento utilizado en los diferentes tratamientos, según el protocolo adoptado por el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño. Se analizó humedad, materia seca, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda, proteína, ENN, energía. (Anexo A).

5.7 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 comercial proporción de 2g / Kg de concentrado de 43% proteína.

T2 = Inmunoestimulante comercial a razón de 2g / Kg de balanceado de 43% proteína .

T3 = Probiótico comercial e inmunoestimulante a razón cada uno de 1g / kg de alimento artificial de 43% de proteína.

5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), según el siguiente modelo lineal.

$$Y_{ij} = u + T_j + E_{ij}, \text{ donde:}$$

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

u = media

T_j = efecto del j -ésimo tratamiento

J = Tratamiento 0, 1, 2, 3

l = réplica 1, 2, 3

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

Para determinar la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, se realizó una prueba de "T" de student con $\alpha = 0.05$, aplicando una prueba de "F" para establecer igualdad de varianzas, para cada una de las variables incluidas en el estudio.

5.9 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

H_0 : $u_0 = u_1 = u_2 = u_3$. Los tratamientos aplicados no presentaron diferencias en las diferentes variables a evaluar.

H_1 : $u_0 = u_1 = u_2 = u_3$. Uno de los tratamientos presentó un efecto medio superior en las variables a evaluar.

5.10 VARIABLES EVALUADAS

5.10.1 Incremento de peso. Se refiere a la ganancia de peso obtenido en un determinado período de tiempo.

$$IP = \frac{P_f - P_i}{\text{Tiempo}}$$

Donde:

IP= Incremento de Peso

P_f = Peso Final

P_i = Peso Inicial.

5.10.2 Conversión Alimenticia Aparente. Es la relación entre el alimento suministrado y el incremento de peso obtenido durante el período experimental.

$$CAA = \frac{\text{Unidades de alimento suministrado}}{\text{Unidades de peso producido}}$$

5.10.3 Porcentaje de Mortalidad. Número de organismos muertos expresados en porcentaje al final del período experimental.

$$\%M = \frac{PF}{PI} \times 100$$

Donde:

%M = Porcentaje de Mortalidad

PF = Población Final

PI = Población Inicial.

5.10.4 Análisis parcial de costos. En este estudio se consideran los costos variables por tratamiento y se calcula la relación Beneficio / Costo de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\text{Relación Beneficio / Costo} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 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 5).

Tabla 5 Resumen del peso promedio, conversión alimenticia y porcentaje de mortalidad de los distintos tratamientos experimentales.

| Variables | Incremento De peso (g) | Indice deconversión Alimenticia | Porcentaje de Mortalidad (%) |
|--------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Tratamiento | | | |
| 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 |

6.1.1 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 6), lo que indica que los peces de los distintos tratamientos eran similares en peso y no existía en este aspecto fuente de variación (Anexo B).

Sin embargo los incrementos de peso (Tabla 6, Figura 8, Figura 9), establecieron diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos ($p>0.05$) (Anexo C). Al aplicar la prueba de significancia de Tukey ($p<0,05$) (Anexo D), se detectó que el tratamiento tres que contenía probiótico e inmunoestimulante presentó el mejor resultado, con un incremento de peso superior en 85.17% con relación al tratamiento 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 el T0 80.08%; pero no entre ellos. Así mismo las curvas de crecimiento (Figura 9) demuestran que el peso total acumulado y los incrementos de peso del T3 obtuvieron los mejores resultados en comparación con los demás tratamientos.

Tabla 6 Biomasa final en los diferentes tratamientos.

| Descripción | Tratamiento | | | |
|--------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|
| | TO | T1 | T2 | T3 |
| Peso inicial promedio (g) | 40,20 | 40,30 | 40,52 | 40,61 |
| Coefficiente de variación | 17,09 | 16,93 | 16,25 | 16,45 |
| Peso final promedio (g) | 201,8 | 238,87 | 247,17 | 273,84 |
| Incremento peso total (g) | 161,6 | 198,55 | 206,66 | 233,23 |
| Biomasa total (Kg/30m ³) | 206,04 | 245,6 | 254,3 | 282,05 |
| Biomasa total (Kg/m ³) | 6.87 | 8.19 | 8.48 | 9.40 |
| Biomasa total (Kg/Ha ³) | 68.680 | 81.900 | 84.800 | 94.20 |
| Consumo alimento Kg | 310,31 | 345,36 | 357,17 | 384,88 |

Los resultados de ésta investigación corroboran lo reportado por Schrijver y Olliver⁶⁹, quienes determinaron que la adición de probióticos mejora el crecimiento debido a que estimula la degradación de las proteínas en el tracto intestinal y mejora la digestibilidad aparente de la misma. Igualmente, Guevara⁷⁰ demostró que la combinación de probióticos e inmunoestimulantes actúan sinérgicamente como promotores de crecimiento, debido a que favorecen la mayor absorción y utilización de nutrientes.

Por su parte López⁷¹ describe que 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 de la retención

⁶⁹ SCHRIJVER, R., OLLIVER, F. 2000. Protein digestion in juvenil turbot (*Scophthalmus maximus*) and effect of dietary administration of *Vibrio proteolyticus*. Aquacultue. p. 107-116.

⁷⁰ GUEVARA, Javier. et al. Op. cit.

⁷¹ LOPEZ., Jorge Op. cit. p.55-56

de nitrógeno y acumulación de nuevos tejidos relacionados con la calidad y consumo del alimento en cada tratamiento.

Figura 8 Incremento promedio g/día en la evaluación comparativa de un Probiótico comercial y un inmunoestimulante.

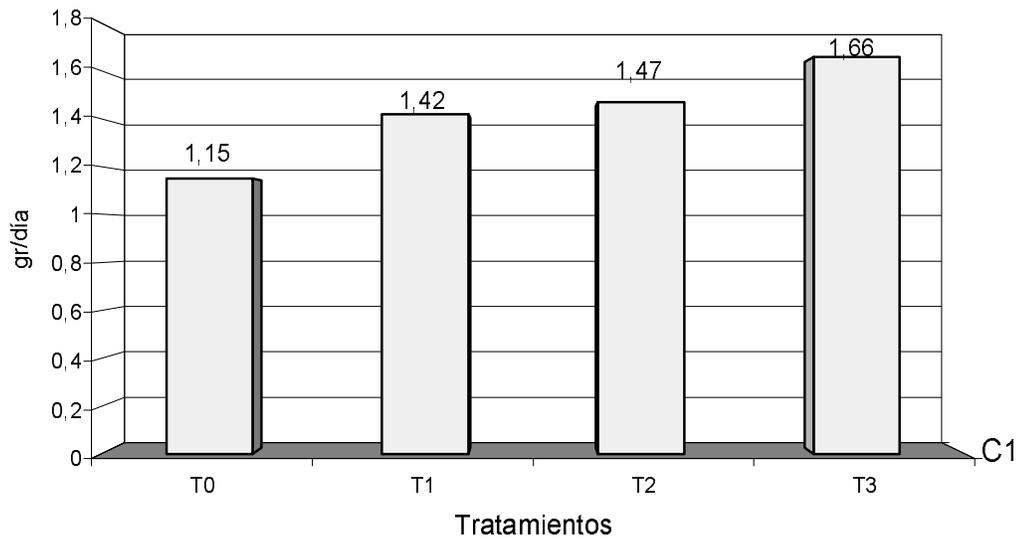
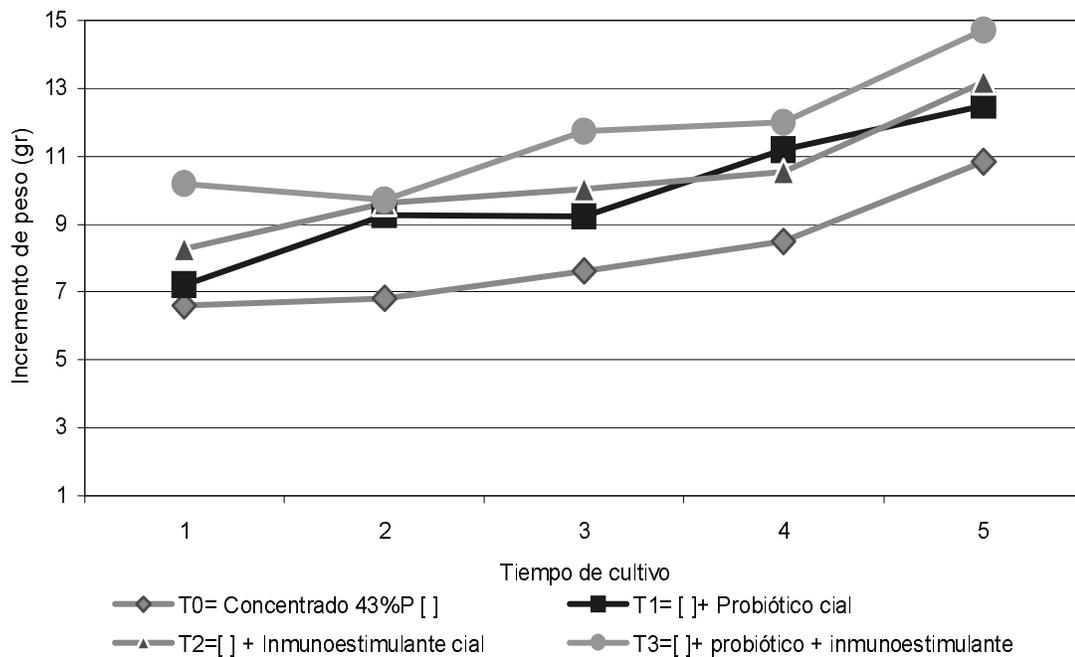


Figura 9 Incremento promedio de peso (g) por tratamiento durante el periodo experimental



Se puede concluir que el β -Glucán es un inmunopotenciador que actúa como probiótico 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 Lara⁷², quien realizó estudios comparativos del efecto de un probiótico comercial a base de *Lactobacillus acidophilus* frente al antibiótico tetraciclina como promotores de crecimiento de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), determinando mejores incrementos periódicos de peso cuando las dietas contenían probióticos.

6.1.2 Consumo de Alimento. Los peces presentaron buen consumo de alimento en cada uno de los tratamientos corroborando lo afirmado por López⁷³, con relación a que la cantidad de alimento consumido depende de la tasa metabólica, temperatura del agua y coeficientes de digestibilidad de los nutrientes.

El mismo autor⁷⁴ citando a Hardy determinó que en la formulación de una ración para peces de aguas frías y cálidas se debe considerar los requerimientos de los diferentes nutrientes de acuerdo con la edad, talla, especie íctica, fase fisiológica, tamaño de la partícula alimenticia y las tablas de alimentación adecuadas para cada especie íctica. Así mismo las cantidades adecuadas de proteína, carbohidratos, ceniza, humedad y fibra deben proporcionar a los animales objeto de cultivo una dieta que asegure el máximo crecimiento al menor costo posible.

Por lo anteriormente expuesto las variaciones en el consumo de los diferentes tratamientos de éste ensayo se explican por las fluctuaciones térmicas y fisicoquímicas normales de un cuerpo de agua. Sin embargo, al realizar el análisis de varianza no se detectaron diferencias estadísticas de los distintos tratamientos con respecto al consumo. Se puede corroborar con lo expuesto por López⁷⁵, quien determina que el control riguroso en la distribución de alimento de acuerdo a talla, edad, características fisicoquímicas del agua, el número de comidas, además de la inclusión de probióticos por día influyen en el consumo de alimento

6.1.3 Análisis bromatológico, se realizó un análisis bromatológico proximal del balanceado comercial para verificar que los resultados concuerden con los valores expuestos en la etiqueta del producto elaborado por la casa fabricante, registrando el análisis niveles inferiores de proteína a los anunciados por la casa comercial (Anexo E). Adicionalmente se efectuó el mismo análisis para cada una de las dietas que contenían los aditivos (Anexo F), y se observó un leve incremento de los componentes energéticos debido al método de impregnación. Sin embargo

⁷² LARA, Maurilio. ESCOBAR, Laura. OLVERA, Miguel. Op. Cit. p. 316-321.

⁷³ LOPEZ, Jorge Op. Cit. p. 63-68

⁷⁴ Ibid. p.32-36

⁷⁵ LOPEZ, Jorge . Et.al. Op. Cit. p.75

estos valores se encuentran dentro de los rangos óptimos requeridos por esta especie de acuerdo con López⁷⁶.

6.1.4 Índice de conversión alimenticia aparente, el análisis de varianza, determinó que las conversiones alimenticias aparentes durante la fase experimental (Tabla 7 y Figura 10) presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$), (Anexo G). La prueba de significancia de Tukey (Anexo H) 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 al⁷⁷ quien al evaluar inmunoestimulantes en las fases de levante y ceba de trucha arcoiris demuestran 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, se explica porque los procesos anabólicos de proteínas son mayores en animales jóvenes pero en los animales adultos los procesos catabólicos son más intensos.

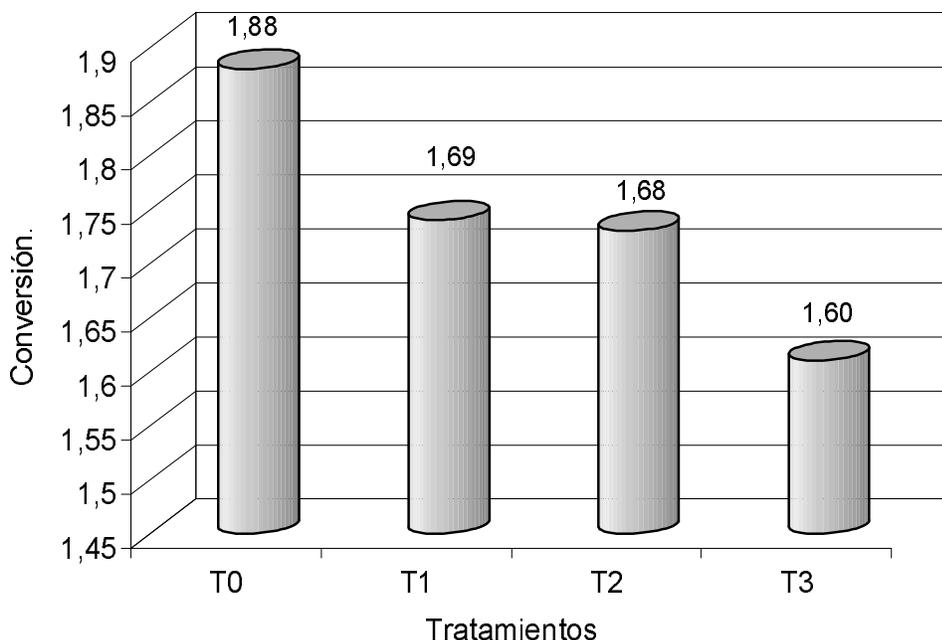
Tabla No. 7 Conversión alimenticia aparente promedio por Tratamiento

| Tratamiento | Alimento suministrado g | Incremento de peso g | Conversión alimenticia aparente |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|
| 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 |

⁷⁶ *Ibíd.*, p. 32-36

⁷⁷ LOPEZ, Jorge. Et. Al., p. 56 -62

Figura 10 Índice de Conversión Alimenticia Aparente de los distintos tratamientos durante el periodo experimental.



Estos resultados coinciden con la investigación realizada por Guevara et. al⁷⁸, que al incluir probióticos en dietas alimenticias de Mojarra roja (*Oreochromis sp*) demostró que éstos producen un efecto benéfico sobre la conversión alimenticia, ya que estos estimulan el consumo de alimento y de igual forma registran los mejores incrementos diarios de peso.

6.1.5 Porcentaje de 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 11), demuestran que las menores mortalidades se presentaron en los tratamientos con aditivos que reportaron además los mejores incrementos de peso, en contraste con el tratamiento testigo que registró la menor sobrevivencia. Lo cual está de acuerdo a lo demostrado por López⁷⁹, quien determinó que el β -Glucán actúa como inmunoestimulante al incrementar la capacidad fagocitaria de las células de defensa. Igualmente, Lara et al⁸⁰, en su

⁷⁸ GUEVARA, Javier. et .al . Op. cit.

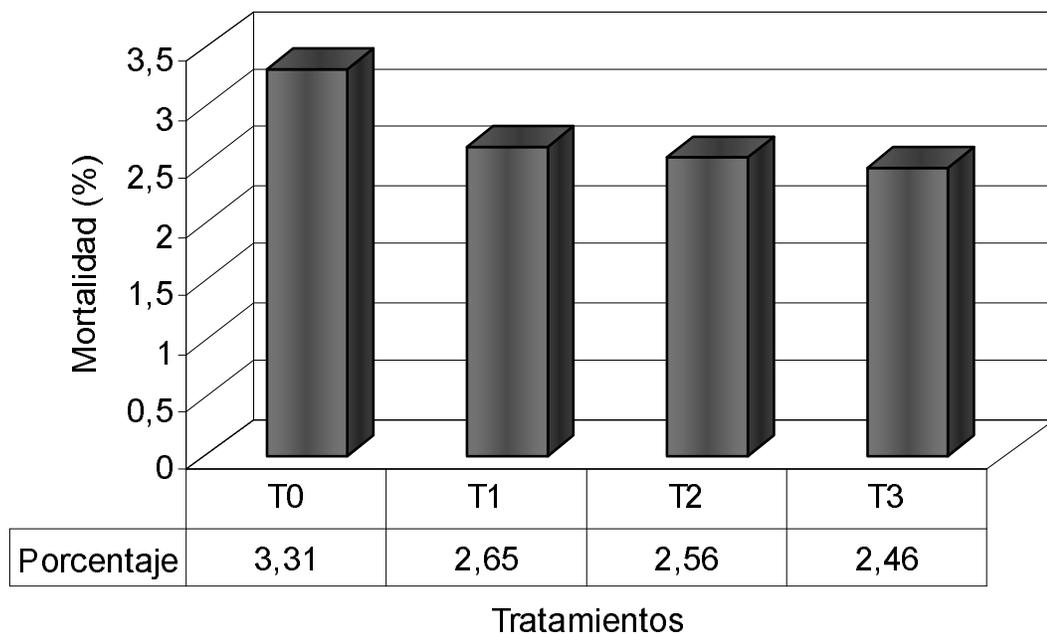
⁷⁹ LOPEZ, Jorge. Et. al. Op. Cit. p. 56

⁸⁰ LARA, Maurilio. et .al. Op. cit. p. 317-318

estudio reportó la menor mortalidad en los tratamientos con probióticos y antibióticos, las cuales fueron estadísticamente diferentes comparadas con el control.

Diferentes estudios han demostrado efectos positivos del B-Glucán en el sistema inmune de especies ícticas. Yano, citado por López⁸¹ al analizar extractos de éste componente procedentes de levadura y plantas inyectados en carpa, observaron que los animales tratados sobrevivieron y registraron los mejores incrementos de peso, demostrando que ésta 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; igual coincide con Triviño⁸² utilizando B-Glucán en camarones (*Litopenaeus vannamei*) levantados en cautiverio afectados con síndrome de mancha blanca (WSSV), demostró efectos positivos con relación a sobrevivencia, incremento de peso, longitud y conversión alimenticia.

Figura 11 Porcentaje de Mortalidad en los diferentes tratamientos durante el período experimental.



⁸¹ LOPEZ, Jorge. Et. al. Op. Cit. p.57

⁸² TRIVIÑO, Mariela. Op. Cit. p.78

De acuerdo con Lara⁸³, en otro estudio realizado con levadura *Saccharomyces cerevisiae* en Tilapia nilótica (*Oreochromis sp*), calculó menor mortalidad con probióticos con respecto al tratamiento control que consistía en someter a los ejemplares a diferentes niveles de estrés, el cual causa un efecto negativo en el equilibrio de la microflora intestinal

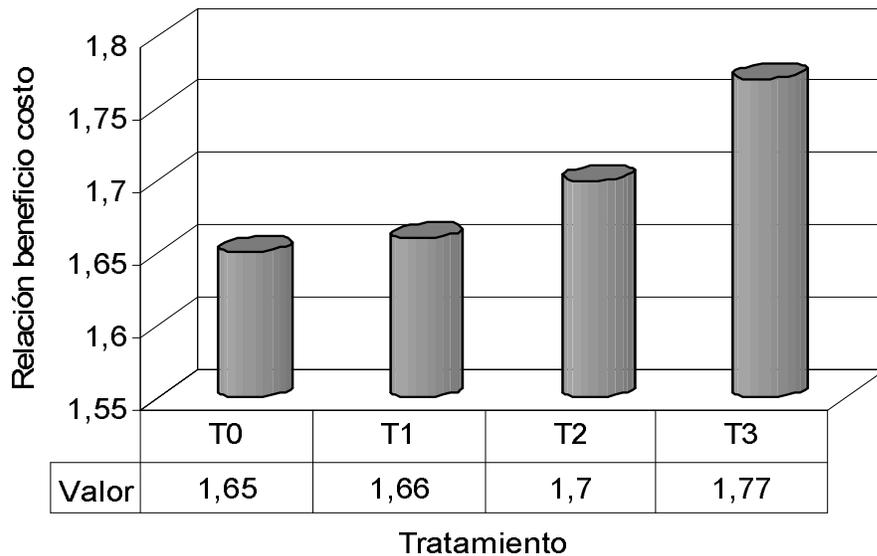
6.1.6 Análisis parcial de costos, se consideraron costos variables representados por alevinos, alimento artificial, probióticos y mano de obra (Tabla 8). Según los cálculos realizados y teniendo en cuenta la interpretación de la relación beneficio/costo los tratamientos con probióticos y/o inmunoestimulantes 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 12). Resultados que demuestran el efecto del B-Glucán, en el consumo de alimento, conversión alimenticia y en mejores tasas de sobrevivencia.

Tabla No. 8. Análisis parcial de costos de los distintos tratamientos experimentales

| Detalle | T0 | T1 | T2 | T3 |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1. Costos Variables | | | | |
| Concentrado 43% Pt | 538.717 | 593.400 | 616.670 | 662.607 |
| Probiótico comercial | - | 37.152 | - | 20.743 |
| Inmunoestim. Cial. | - | - | 28.574 | 15.365 |
| Almidón | - | 4.128 | 4.286 | 4.607 |
| Mano de obra | 75.000 | 210.000 | 210.000 | 255.000 |
| Alevinos peso 40 g. | 633.600 | 633.600 | 633.600 | 633.600 |
| TOTAL COSTOS VARIABLES | \$ 1'247.317 | \$ 1'478.280 | \$ 1'492.630 | \$ 1'591.922 |
| 2. Ingresos | | | | |
| Número de animales | 1.021 | 1.028 | 1.029 | 1.030 |
| Precio venta/pez | 2.018 | 2.388,7 | 2.471,7 | 2.738,4 |
| Ingreso bruto | 2'060.378,0 | 2'455.583,6 | 2'543.379,3 | 2'820.552,0 |
| Ingreso neto | 813.061,0 | 977.303,6 | 1'050.749,3 | 1'228.630,0 |
| Ingreso neto/30m ³ | 27.102,03 | 32.576,79 | 35.025,00 | 40.954,33 |
| Relación Beneficio /Costo | 1.65 | 1.66 | 1.70 | 1.77 |

⁸³ LARA, Maurilio. Et. al. Op. Cit. p.322 - 326

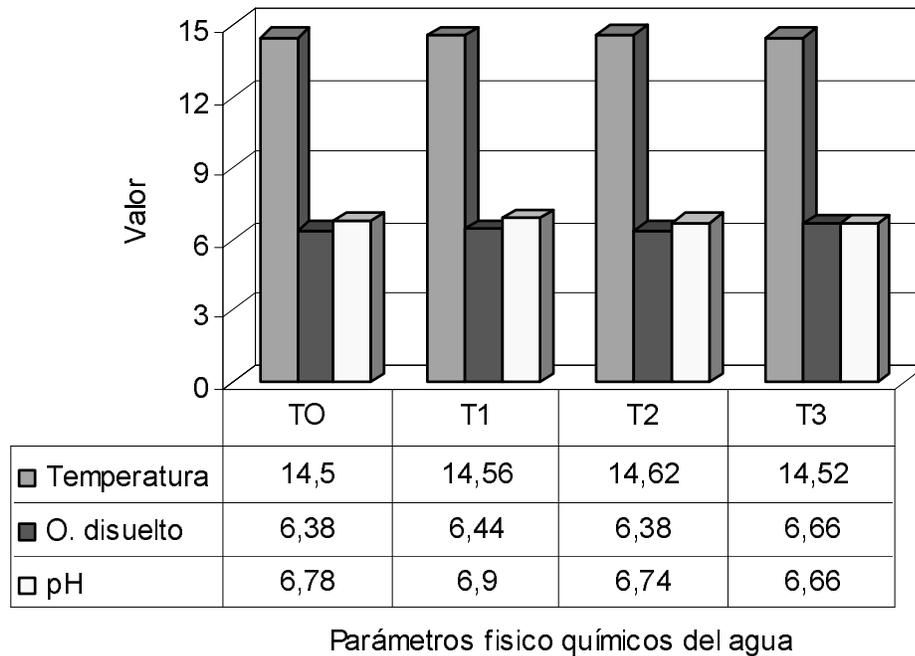
Figura 12 Relación Beneficio Costo de los tratamientos experimentales



6.2 Calidad del Agua

La calidad físico química del agua se monitoreó semanalmente, se pudo establecer que los rangos de pH, temperatura y oxígeno disuelto se encontraban dentro de los parámetros para la producción de trucha arcoiris (*O. Mykiss*) (Anexos L y M), se estableció que los parámetros evaluados durante el período de estudio no presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo cual demuestra que las diferencias estadísticas encontradas en otras variables no se debieron a las fluctuaciones físico – químicas normales del agua. (Figura 13).

Figura 13 Parámetros físico químicos del agua promedio de los tratamientos experimentales



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La inclusión de 2% de probióticos e inmunoestimulantes en dietas de trucha arcoiris (O. Mykiss) durante la fase de levante mejora los incrementos periódicos de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y sobrevivencia.
- El tratamiento tres que contenía probiótico comercial e inmunoestimulante presentó el mejor resultado, con un incremento de peso, conversión alimenticia, tasa de sobrevivencia y relación beneficio costo lo cual indica que pueden ser utilizados como promotores de crecimiento al favorecer la absorción y utilización de los nutrientes en un dieta.
- La incorporación de los inmunoestimulantes y probióticos a la dieta mediante el método de impregnación demostró ser efectivo y de fácil aplicación.
- La utilización de probióticos e inmunoestimulantes determinó ser una alternativa viable y económica para mejorar la rentabilidad de los cultivos intensivos de trucha arcoiris.

7.2 RECOMENDACIONES

- Evaluar nuevos probióticos y sustancias inmunoestimulantes en el cultivo de trucha arcoiris (O. Mykiss) en las diferentes etapas de crecimiento.
- Desarrollar otros estudios sobre la estabilidad de los probióticos al entrar en contacto con el agua y las pérdidas por lixiviación, ya que esto puede afectar negativamente la eficiencia de los mismos.
- Efectuar investigaciones comparativas del impacto de los probióticos e inmunoestimulantes sobre las cadenas tróficas de un cuerpo de agua con relación a los antibióticos adicionales a las dietas como estimulantes del crecimiento.
- Los probióticos pueden ser considerados como una nueva opción para sustituir a los antibióticos como promotores de crecimiento, sin tener el riesgo de los efectos negativos sobre los seres vivos y medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

ARCOS, Oswaldo. Evaluación de un probiotico y/o un promotor de crecimiento en la fase de preiniciación de lechones. Pasto, 1994, P.60 Trabajo de Grado (Zootecnista).Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

AROCA, María. ERASO, María. Pasto, 1998, P.66 Trabajo de grado (Zoocstenista).Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias pecuarias.

ARROYO, Armando. Cultivo de peces en jaulas flotantes. Pasto, Colombia, 1999. P.28

BALCAZAR, José. Uso de Probióticos en acuicultura. I Congreso Intemacional Virtual de Acuicultura. Universidad de Machala. Ecuador.2002. Disponible en Internet, URL: <<http://www.CIVA2002.org>>.

BOKGOLAGET, Exakt. Wikipedia. La Enciclopedia Libre. México. 2002. Disponible en Internet, URL: <<http://es.wikipedia.org/wiki/levadura>>.

CABEZAS, Eduardo y LLANOS, Jairo. Evaluación de la producción en camarones que recibieron inmuno – estimulantes .En:_Reportes Técnicos. Ínter consorcio. Guayaquil, Ecuador. 1997.

CAYCIT. Nutrición en Acuicultura. Madrid: J.Espinoza de los Monteros y U. Labarta.1987.P.303.

CAGIGAS, Ada y GONZALES, Troadio. Probióticos y Salud. Monografías.com. Madrid, España. 1997. Disponible en Internet, URL: <<http://www.monografias.com/trabajos10/provi/provi.shtml>>

CLARK. Peter. “ β -Glucán 1,3 y 1,6”. Vitan et health food. 5 Marzo – 18 Mayo.1999. Disponible en Internet: <<http://www.betaexpress.com/betascience.html>>.

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

COBO, José. Probióticos. Revista Salud Pública. Respyn. 2001. Disponible en Internet, UR: <<http://www.van/mx/publicaciones/respyn/i/3/ensayos/ensayos probióticos.html>>.

CHABRILLÓN, Mariana y MOROÑIGO, Miguel. Pueden comer los peces yogur. Uma.es. 2004. Disponible en Internet, URL: <<http://www.uma.es/publicaciones/encuentros>>

FERNÁNDEZ, J. Resultados parciales del engorde de Dorada *Sparus aurata* en jaula flotante en mar abierto. En Actas 4ª congreso de Acuicultura Ibérica. Taragona (22, Junio, 1995); p. 806-811. "C"2A.

GALÁN, Varda. Prebióticos y Probióticos: Bacterias Saludables. DSalud. 2004. Disponible en Internet, URL: http://www.dsalud.com/alimentacion_numero57.htm

GUEVARA, Javier.et.al. Evaluación de la utilización de Probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la Mojarra Roja (*Oreochromis spp*) . Memorias. 2001. Disponible en Internet, URL: <http://www.iiial.org.pe/publicaciones/CDS/MENORIAS_VALIDAS/pdfs/Guevara.pdf>

LARA Maurilio, ESCOBAR Laura y NOVOA Olvera. Avances en la Utilización de probióticos como promotores de crecimiento en Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*)". Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Centro de Investigación y Estudios Avanzados IPN. Mérida. Yucatán. México. 2003. Disponible en Internet, URL: <http://molvera@kind.mda.cinvestav.mx>

LEOUIZ, A. Ingredientes para Panadería. Distribuciones Collico S.A.. Santiago de Chile. 2001. Disponible en Internet, URL: <http://www.collico.cl/infotips.st>

LONDOÑO., Luis. Prebióticos y Modificadores de PH. En: Revista Nacional de Zootecnia. Colombia. Vo. 6, No. 36. abril 989. p. 26

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

_____. 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. Vicerrectoria de Investigaciones Postgrados y Relaciones Internacionales. Sistema de Investigaciones. Pasto. Colombia. 2005. p. 6

MARKMANN, Carlos. La levadura de cerveza: Un producto Natural. Revista Sexo vida. mayo. 2000. Disponible en Internet, URL:<http://www.sexovida.com/publicaciones/articulos/levadura.htm>

MARCOS, Ascensión. Efecto In modulador de los probióticos. Alimentación Nutrición Dietética. V Congreso Internacional. Noviembre.2002. [23 de Enero 2004]. Disponible en Internet, URL: <<http://WWW.monografias/20danone.pdf>>.

MIRANDA, Luis. et.al. El uso de levadura como probiótico para cerdos. México, 1989. Universidad Autónoma de Chapingo, Facultad de Zootecnia. P. 54.

PATTACINI, Analía y SORIA, Laura. Fermentación alcohólica. Arrakis. España.2003. Disponible en Internet, URL: <http://www.arrakis.es/~rfluengo/fermentacion.html>

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 de Ciencias Pecuarias. p 8.

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: <<http://www.nutrar.com/detalle.asp?ID=2358>>.

Rosmini y Col. Producción de probióticos para animales de abasto: Importancia del uso de la microbiota intestinal indígena. Revista Mexicana de Ingeniería Química. 2000. Disponible en Internet URL: <<http://www.inudes.com.mx/anteriores/Nov.2000htm/cinves.htm/>>

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

SANTOMÁ, Gerardo. Estimuladores de la inmunidad. Madrid, España. 2002. Disponible en Internet, URL : <http://www.dietas.com/intemacont.sap.?id-cat=848id=10337.htm/>.

_____. Estimuladores de la Inmunidad. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. XIV Curso de Especialización. Barcelona. España. TECNA. 2006. <http://www.etsia.upm.s/Fedna/capitulos/98CAPVII.pdf>

SCHMITTOUT, H. Cultivo de peces a alta densidad en jaulas de bajo volumen, Auburn, Alabama: Centro Internacional de Acuicultura y ambientes acuáticos, 1999. P. 83

SCHRIJVER, R., OLLIVER, F. 2000. Protein digestion in juvenil turbot (*Scophthalmus maximus*) and effect of dietary administration of *Vibrio proteolyticus*. Aquaculture. p. 200.

TISSONE, Mariano Y CERDÁN Marcelo. La Levadura. Madrid. 2001. Disponible en Internet, URL: <<http://www.panaderia.com/informes/levadura.html>>.

The Cenzone, Estados Unidos. Washington. 2003.. Disponible en Internet URL: <<http://www.cenzone.com/index1.htm>>.

TRIVIÑO, Mariela. Evaluación del β -Glucán de *Sacharomyces cerevisiae* en camarones *Litopenaeus vannamei* afectados por el síndrome viral de la mancha blanca (WSSV) bajo condiciones de laboratorio en ensenada de Tumaco. Tumaco.2001.P60. Trabajo de grado (Ing. Acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

ANEXOS

Anexo A Protocolo de Weende adaptado por el laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño.

1. Determinación de la materia seca total

Materiales y equipos: Estufa con graduación de temperatura, desecador, cápsulas de porcelana, balanza analítica.

Procedimiento: Se trata de una cápsula vacía en la estufa a 105°C por una hora, luego se transfiere al desecador y se enfría por 20 minutos. Se pesa 1 g de muestra hasta el mg más próximo, se seca en la estufa durante 3 horas a 105°C, se enfría en desecador por 20 minutos, se pesa y se calcula con la siguiente formula:

$$\% \text{ MST} = \frac{\text{Peso MST (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$$

2. Determinación de ceniza

2.1 Materiales y equipos: Horno de mufla con graduación de temperatura, desecador, crisoles de porcelana, balanza analítica.

2.2 Procedimiento: Se tara el crisol en la mufla a 600°C durante una hora, se lleva a la estufa a 105°C por 20 minutos, se enfría en el desecador por 20 minutos y se pesa hasta el mg más próximo, luego se pesa 1 g de muestra hasta el mg más próximo, se incinera en la mufla a 600°C durante 3 horas, se lleva a la estufa a 105°C por 20 minutos, se enfría en desecador y se pesa; se lleva a peso constante.

2.3 Cálculos: $\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso ceniza}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$

3. Determinación de extracto etéreo

3.1 Materiales y equipos: Extractor Soxhlet, estufa con graduación de temperatura, papel de filtro, desecador, balanza analítica.

3.2 Reactivos: Eter etílico.

3.3 Procedimiento: Se tara un balón de fondo plano, se pesa con precisión 1 g de muestra seca, esta se transfiere al papel filtro y se coloca en el extractor, se acopla el balón conteniendo 100 ml de solvente orgánico, al equipo extractor, se conecta la plancha de calentamiento, se controla la temperatura aprox. 35°C.

Se extrae la grasa bajo reflujo durante 8 horas, se desmonta la muestra, se recupera el solvente, se seca los balones a 65°C durante una hora, se enfría en desecador y se pesa.

$$\text{3.4 Cálculos: } \%E. E. = \frac{\text{Peso E. E.}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$$

4. Determinación de fibra cruda

4.1 Materiales y equipos: Estufa de control de temperatura, desecador, mufla, balanza analítica, plancha de calentamiento, bomba de vacío, tubos para reflujo, erlenmeyer de 125 ml, crisol Gooch, matraz buchner, lana de vidrio.

4.2 Reactivos: Acido sulfúrico 1.25%, hidróxido de sodio 24%, alcohol etílico (antiespumante).

4.3 Procedimiento: Hidrólisis ácida. Se pesa 0.2 g de muestra desengrasada y se transfiere al erlenmeyer, se adiciona 20 ml de ácido sulfúrico al 1.25% y se adiciona 3 gotas de antiespumante, se acopla al sistema de reflujo y se lleva a ebullición exactamente durante 30 minutos.

Hidrólisis alcalina: Se retira el refrigerante y se adiciona 2 ml de hidróxido de sodio al 24%, se acopla al sistema de reflujo y se deja hasta que ebulle nuevamente durante 30 minutos, se filtra la solución caliente a través del crisol Gooch con la lana de vidrio, previamente tarado, se transfiere todo el residuo al crisol lavando con agua caliente, se lava con acetona.

Secado e incineración: Secar el crisol en la estufa a 105°C durante un tiempo mínimo de 3 horas, se enfría en desecador y se pesa, se lleva a peso constante (Wa), se incinera en mufla a 600°C hasta obtener cenizas color blanco, aproximadamente media hora, se lleva a la estufa a 105°C por 20 minutos y se enfría el crisol en desecador por 20 minutos y se pesa (Wb).

$$\text{4.4 Cálculos: } \% F. C. = \frac{(W_a - W_b)}{\text{Peso muestra (g)}} \times \% \text{ de muestra desengrasada}$$

% de muestra desengrasada = 100 - % extracto etéreo.

5. Determinación de proteína

5.1 Materiales y equipos: Digestor Kjeldahl, destilador de nitrógeno buche 321, bureta, balones Kjeldahl, erlenmeyer de 300 ml, balanza analítica.

5.2 Reactivos: ácido sulfúrico concentrado, hidróxido de sodio 32%, ácido bórico 4%, ácido sulfúrico 0.1 N, indicador mixto, mezcla catalítica.

5.3 Procedimiento: Digestión. Se pesa 0.2 g de muestra, se transfiere al balón Kjeldahl, se agrega 2 g de mezcla catalítica, se adiciona 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, se coloca el balón en el digestor y se digiere, primero a temperatura baja hasta aparición de humos blancos, después aumentar la temperatura hasta que el líquido quede totalmente claro y de un color azul verdoso, se enfría.

Destilación por arrastre con vapor. Se mide 50 ml de ácido bórico al 4% en un erlenmeyer, se adiciona 3 gotas de indicador mixto, se transfiere el contenido del balón Kjeldahl al tubo de destilación, se lava cuidadosamente con agua destilada el balón y adicionar al tubo de destilación, se traslada el tubo al equipo de destilación y se acopla, se adiciona agua destilada hasta completar 20 ml, se adiciona aproximadamente 60 ml de hidróxido de sodio al 32%, hasta neutralizar la solución, queda de un color café oscuro, se coloca el erlenmeyer que contiene el ácido bórico en el terminal de la salida del equipo de destilación de modo que el terminal quede inmerso en el líquido, se destila por un tiempo de 6 minutos y se comprueba que se ha terminado la destilación de amoníaco con papel tornasol.

Titulación. Se titula el destilado con ácido sulfúrico 0.1 N, se anota el volumen de ácido sulfúrico gastado.

5.4 Cálculos: % proteína =
$$\frac{V \times N \times 14 \times 6.25 \times 100}{\text{mg de muestra}}$$

V: volumen (ml) de ácido sulfúrico

N: Normalidad de ácido sulfúrico

14: Peso molar equivalente de nitrógeno

6.25: Factor para conversión a proteína

mg de muestra: peso (mg) de muestra

6. Determinación de energía bruta

6.1 Materiales y equipos: Bomba calorimétrica de oxígeno Párr. 1341, bomba de oxígeno Párr. 1108, balanza analítica, prensa par pastillas, cápsulas para combustión, alambre fusible Párr. 45 C 10, erlenmeyer 125 ml, bureta 25 ml.

6.2 Reactivos: Carbonato de sodio 0.0709 N, indicador rojo de metilo.

6.3 Procedimiento: preparación de la muestra y carga de la bomba de oxígeno. Se pesa 1 g de muestra, se peletiza la muestra, se pesa el pellet y se coloca en la cápsula de combustión, se coloca la cabeza de la bomba sobre su

soporte y se acopla los 10 cm de alambre fusible entre los dos electrodos, se coloca en la cápsula de combustión con el pellet en el electrodo, se pone alambre fusible de tal forma que toque la superficie del pellet, se adiciona 4 ml de agua destilada a la bomba, se cierra la bomba con cuidado, se deja la válvula de gas durante esta operación, se cierra la válvula de gas, se inyecta máximo 30 atmósferas de oxígeno a través de la válvula de oxígeno.

Llenado de la cubeta de calorímetro: Se adiciona 2000 ml de agua destilada a la cubeta de calorímetro.

Observación de la temperatura e ignición de la muestra: se activa la agitación y se deja que corra por 5 minutos con el fin de alcanzar el equilibrio antes de empezar las lecturas, se lee y se registra las temperaturas a intervalos de 1 minuto durante 5 minutos, se realiza la ignición de la muestra al minuto 5, la ignición se efectúa presionando el botón de ignición hasta que el indicador de luz se apague, se continua el registro de temperatura a intervalo de 1 minuto, hasta que la diferencia entre lecturas sucesivas sea constante por 5 minutos, después de la última lectura de temperatura, se para el motor, se remueve la banda reagitación y se levanta la tapa de calorímetro.

Corrección para el calor de formación de ácido nítrico: Se lava la superficie interior de la bomba de oxígeno con agua destilada hasta que no se presente reacción ácida (verificar pH) aproximadamente 50 ml, se recoge el agua del lavado en un erlenmeyer, se adiciona 3 gotas de rojo de metilo, se titula con solución de carbonato de sodio 0.0709 N, se registra el volumen.

6.4 Cálculos:
$$Hg = \frac{t \cdot W - e1 - e3}{m}$$

Hg: calor de combustión bruto (cal / g).

T: aumento de temperatura neto corregido

W: equivalente energético del calorímetro $W = 2546 \text{ cal / } ^\circ\text{C}$

e1: corrección en calorías para el calor de formación de ácido nítrico.

e3: corrección en calorías para el calor de combustión de alambre fusible, $e3 = 2.3 \text{ cal / cm}$.

Anexo B Análisis de varianza para Peso inicial en los tratamientos

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado Medio | Coefficiente F | Valor de p |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Tratamiento | 3 | 9.83056 | 3.27685 | 0.07 | 0.9749 ^{NS} |
| Error | 356 | 16185.1 | 45.4639 | | |
| Total | 359 | 16195.0 | | | |

Anexo C Análisis de varianza para Incremento de peso en los tratamientos.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado Medio | Coefficiente F | Valor de p |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Tratamiento | 3 | 393.791 | 131.264 | 24.41 | 0.0000 * |
| Error | 236 | 1268.99 | 5.37709 | | |
| Total | 239 | 1662.78 | | | |

Anexo D Prueba de comparación múltiple de Tukey al 95 % de confianza para Incremento de peso.

| TRATAMIENTO | Frecuencia | Media | Grupos Homogéneos |
|--------------------|-------------------|--------------|--------------------------|
| T0 | 60 | 8.08 | X |
| T1 | 60 | 9.92867 | X |
| T2 | 60 | 10.3325 | X |
| T3 | 60 | 11.6617 | X |

ANEXO E Análisis Bromatológico de concentrado comercial (40% Proteína)

| ANALISIS | PORCENTAJE |
|-----------------|-------------------|
| PROTEINA | 43 |
| GRASA | 6 |
| FIBRA | 4 |
| CENIZA | 12 |
| HUMEDAD | 13 |

SOLLA S.A.

ANEXO F Análisis bromatológico del concentrado con sus diferentes aditivos.

| ANÁLISIS | T 0 | | T1 | | T2 | | T3 | |
|-----------------|------------|-------|-----------|-------|------------|-------|------------|-------|
| | % B.P.S | % B.S | % B.P.S | % B.S | % B.P.S | % B.S | % B.P.S | % B.S |
| Humedad | 7.60 | | 7.45 | | 7.17 | | 7.27 | |
| Materia Seca | 92.40 | | 92.55 | | 92.83 | | 92.73 | |
| Ceniza | 12.68 | 13.73 | 12.61 | 13.62 | 12.79 | 13.78 | 12.41 | 13.38 |
| Extracto Etéreo | 10.93 | 11.83 | 10.55 | 11.40 | 10.95 | 11.80 | 10.75 | 11.59 |
| Fibra Cruda | 2.67 | 2.89 | 4.38 | 4.74 | 4.09 | 4.41 | 5.08 | 5.48 |
| Proteína | 38.37 | 41.52 | 39.25 | 42.41 | 38.84 | 41.83 | 40.80 | 44.00 |
| E.N.N | 27.75 | 30.03 | 25.76 | 27.84 | 26.17 | 28.19 | 23.69 | 25.55 |
| Energía | 453 | 490 | 444 | 480 | 433 | 466 | 424 | 457 |
| Kcal./100g | | | | | | | | |

Laboratorio de Bromatología (Universidad de Nariño), 2006

Anexo G Análisis de varianza para el índice de conversión alimenticia aparente en los tratamientos

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado Medio | F. tabulado | Valor de p |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|
| Tratamiento | 3 | 2.88184 | 0.960614 | 3.44 | 0.0176* |
| Error | 236 | 65.92 | 0.279322 | | |
| Total | 239 | 68.8018 | | | |

Anexo H Prueba de comparación múltiple de Tukey al 95 % de confianza para conversión alimenticia

| TRATAMIENTO | Frecuencia | Media | Grupos Homogéneos |
|--------------------|-------------------|--------------|--------------------------|
| T3 | 60 | 1.60433 | X |
| T1 | 60 | 1.6945 | XX |
| T2 | 60 | 1.68333 | XX |
| T0 | 60 | 1.87733 | X |

Anexo I Análisis de varianza para la mortalidad en los tratamientos

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado Medio | F. tabulado | Valor de p |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Tratamiento | 3 | 0.476131 | 0.15871 | 0.47 | 0.7046 ^{NS} |
| Error | 236 | 79.9596 | 0.338812 | | |
| Total | 239 | 80.4357 | | | |

ANEXO J Análisis de varianza para parámetros físico químicos (Oxígeno, pH, Temperatura)

Oxígeno

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F Tabulado | Valor de P |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------|------------|
| Tratamiento | 3 | 1.27264 | 0.424213 | 1.83 | 0.1508 |
| Error | 68 | 15.8039 | 0.23241 | | |
| Total | 71 | 17.0765 | | | |

pH

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F Tabulado | Valor de P |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------|------------|
| Tratamiento | 3 | 0.0144444 | 0.00481481 | 0.04 | 0.9887 |
| Error | 68 | 7.90556 | 0.116258 | | |
| Total | 71 | 7.92 | | | |

Temperatura

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F Tabulado | Valor de P |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------|------------|
| Tratamiento | 3 | 0.422639 | 0.14088 | 0.94 | 0.4267 |
| Error | 68 | 10.2006 | 0.150008 | | |
| Total | 71 | 10.6332 | | | |

Anexo K Parámetros físico químicos del agua, datos mensuales promedio de los tratamientos experimentales

| TRATAMIENTO 0 | | | |
|----------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| MES | °C | O₂ DISUELTO | pH |
| 1 | 14 | 6.1 | 6.6 |
| 2 | 14.5 | 6.8 | 7.0 |
| 3 | 15 | 6.3 | 6.5 |
| 4 | 14.8 | 6.7 | 7.0 |
| 5 | 14.2 | 6.0 | 6.8 |

| TRATAMIENTO 1 | | | |
|----------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| MES | °C | O₂ DISUELTO | pH |
| 1 | 14.3 | 6.2 | 7.0 |
| 2 | 15.1 | 6.6 | 6.8 |
| 3 | 15.0 | 5.9 | 7.0 |
| 4 | 14.0 | 6.7 | 6.9 |
| 5 | 14.4 | 6.8 | 6.8 |

| TRATAMIENTO 2 | | | |
|----------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| MES | °C | O₂ DISUELTO | pH |
| 1 | 14.1 | 5.8 | 6.8 |
| 2 | 14.6 | 7.0 | 6.9 |
| 3 | 14.9 | 5.9 | 6.5 |
| 4 | 15.1 | 6.7 | 7.0 |
| 5 | 14.4 | 6.5 | 6.5 |

| TRATAMIENTO 3 | | | |
|----------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| MES | °C | O₂ DISUELTO | pH |
| 1 | 14.0 | 6.9 | 6.6 |
| 2 | 14.4 | 6.5 | 6.9 |
| 3 | 15.0 | 6.9 | 7.0 |
| 4 | 15.0 | 6.4 | 6.4 |
| 5 | 14.2 | 6.6 | 6.4 |

