

**EVALUACIÓN DE UN PROMOTOR DE CRECIMIENTO NATURAL EN EL
CULTIVO INTENSIVO DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN
JAUHAS FLOTANTES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL INTIYACO, LAGO
GUAMUEZ, NARIÑO, COLOMBIA**

**ANDRÉS FERNANDO PAREDES ROSERO
JULIÁN ARMANDO MONTENEGRO JURADO**

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

**EVALUACIÓN DE UN PROMOTOR DE CRECIMIENTO NATURAL EN EL
CULTIVO INTENSIVO DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN
JAULAS FLOTANTES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL INTIYACO, LAGO
GUAMUEZ, NARIÑO, COLOMBIA**

**ANDRÉS FERNANDO PAREDES ROSERO
JULIÁN ARMANDO MONTENEGRO JURADO**

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

**Presidente
JORGE NELSON LÓPEZ MACÍAS
M.V.Z., Esp., M. Sc., Ph.D**

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

“Las ideas, conceptos, comentarios y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

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

NOTA DE ACEPTACIÓN

JORGE NELSON LÓPEZ MACÍAS
Presidente de Tesis

GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVAEZ
Jurado delegado

PILAR NARVAEZ ERASO
Jurado

San Juan de Pasto, Octubre de 2010

DEDICO A: Mi madre, mi Padre, Mis Hermanos y sobrinos, quienes apoyaron y contribuyeron a la formación profesional durante todo mi trabajo y quienes seguirán apoyando en los demás ejercicios profesionales.

ANDRÉS FERNANDO PAREDES ROSERO

DEDICO A: Mis padres, Hermanos y a toda mi familia en general, por los incondicionales consejos, recomendaciones y apoyo en los momentos que necesite de ellos, para la culminación en una más de mis metas en esta trayectoria profesional.

JULIÁN ARMANDO MONTENEGRO JURADO

AGRADECIMIENTOS

Expresamos sinceros agradecimientos a:

ANTONIO SALAZAR	Director Ejecutivo Bioexótica. Biólogo Marino.
CARLOS TAYO	Asesor Investigativo Bioexótica. Biólogo Marino.
JORGE NELSON LÓPEZ MACIAS	M.V.Z., Esp., M.Sc., Ph.D. Profesor Universidad de Nariño.
CARLOS SOLARTE PORTILLA	Zootecnista Esp., M.Sc., Ph.D. Director grupo Megalac.
GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVAEZ	Ingeniera en Producción Acuícola. Técnica de Laboratorios Especializados.
PILAR NARVAEZ ERAZO	Zootecnista. Técnica de Laboratorios Especializados.
ALVARO BURBANO MONTENEGRO	Ingeniero Producción Acuícola. M.C. Estadísticas. Asesor estadístico de proyectos acuícolas.
JAIME RODRÍGUEZ SÁNCHEZ	Ingeniero en Producción Acuícola. Asesor de proyectos acuícolas.
CAMILO LENIN GUERRERO ROMERO	Ingeniero en Producción Acuícola. Técnico de laboratorio.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista. Secretario académico Facultad de Ciencia Pecuarias.
OSCAR IVÁN MEJIA SANTACRUZ	Economista. Auxiliar centro de documentación especializada del Departamento de Recursos Hidrobiológicos.

LUCY PIEDAD MEJIA SANTACRUZ

Secretaria del Departamento de
Recursos Hidrobiológicos
Universidad de Nariño.

A todos los operarios de la Estación científica de Investigaciones de Intiyaco,
perteneciente a la Universidad de Nariño.

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

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. MARCO TEÓRICO	22
4.1 ALIMENTACIÓN Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA TRUCHA ARCOÍRIS	22
4.1.1 Proteína	22
4.1.2 Carbohidratos	22
4.1.3 Fibra	23
4.1.4 Ácidos grasos	23
4.1.5 Vitaminas	23
4.1.6 Minerales	24
4.2 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE ORGANISMOS HIDROBIOLÓGICOS	24
4.2.1 Digestión en el estómago	24
4.2.2 Digestión en el intestino	25
4.3 PREBIÓTICOS	25
4.3.1 Definición de prebióticos	25
4.3.2 Mecanismos de acción de los prebióticos	26
4.3.3 Acuicultura orgánica y uso de prebióticos	26
4.3.4 Simbióticos	27
4.4 DESCRIPCIÓN DE UN PROMOTOR DE CRECIMIENTO COMERCIAL A BASE DE EXTRACTOS VEGETALES	27
4.4.1 Ungurahua (<i>Oenocarpus bataua</i>)	28
4.4.2 Solano dulce (<i>Solanum dulcamara</i>)	29
4.4.3 Caña panelera (<i>Saccharum officinarum</i>)	30
4.4.4 Palmito (<i>Euterpe chaunostachys</i>)	30
4.5 MECANISMO DE ACCIÓN FISIOLÓGICA DEL PREBIÓTICO COMERCIAL	31
4.5.1 Como promotor de crecimiento	31
4.5.2 Como inmunomodulador	32
4.5.3 Como antiviral	32
5. DISEÑO METODOLÓGICO	33
5.1 LOCALIZACIÓN	33
5.2 PERIODO DE ESTUDIO	33

	Pág.
5.3 INSTALACIONES	34
5.3.1 Jaulas	34
5.3.2 Materiales, equipos e insumos	34
5.4 PLAN DE MANEJO	35
5.4.1 Manejo de jaulas flotantes	35
5.4.2 Aclimatación	35
5.4.3 Monitoreo de los parámetros fisicoquímicos	35
5.4.4 Muestras	35
5.4.5 Profilaxis	36
5.5 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN	36
5.6 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	36
5.7 TRATAMIENTOS	36
5.8 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	37
5.9 DISEÑO EXPERIMENTAL	37
5.10 VARIABLES A EVALUAR	39
5.10.1 Tasa de Supervivencia (TS)	39
5.10.2 Incremento periódico de peso (IP)	40
5.10.3 Conversión alimenticia aparente (c.a.a)	40
5.10.4 Tasa de crecimiento simple (TCS)	40
5.10.5 Relación beneficio – costo (RB-C)	40
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
6.1 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA	41
6.2 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	42
6.3 PESO INICIAL	42
6.4 LONGITUD INICIAL	43
6.5 VARIABLES EVALUADAS	43
6.5.1 Consumo aparente de alimento	43
6.5.2 Incremento periódico de peso (IP)	44
6.5.3 Incrementos de longitud (IL)	48
6.5.4 Conversión alimenticia aparente (c.a.a.)	49
6.5.5 Tasa de crecimiento específica (TCS)	51
6.5.6 Tasa de Supervivencia (TS)	52
6.5.7 Análisis parcial de costos	54
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
7.1 CONCLUSIONES	56
7.2 RECOMENDACIONES	57
8. BIBLIOGRAFÍA	58
9. ANEXOS	65

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición nutricional del Palmito (<i>Euterpe chaunostachys</i>)	31
Tabla 2. Peso inicial (g)	42
Tabla 3. Longitud total (cm)	43
Tabla 4. Consumo total de alimento en Kg y etapa de manejo	43
Tabla 5. Incrementos de peso promedio por muestreo	45
Tabla 6. Valores promedios de suministro de alimento y conversión alimenticia aparente por muestreo	50
Tabla 7. Tasa crecimiento específico por tratamiento	52
Tabla 8. Porcentaje de sobrevivencia y mortalidad de los tratamientos	53
Tabla 9. Análisis parcial de costos por tratamiento	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista lago Guamuez, Nariño – Colombia	33
Figura 2. Jaulas flotantes estación experimental Intiyaco lago Guamuez	34
Figura 3. Diseño de bloques completamente aleatorio	38
Figura 4. Variaciones de temperatura promedio mensual	41
Figura 5. Variaciones de pH promedio Mensual	41
Figura 6. Variaciones de Oxígeno disuelto	42
Figura 7. Incremento promedio de peso final (g) por muestreo	46
Figura 8. Incremento de peso promedio (g/día)	47
Figura 9. Incremento de peso periódico (g)	48
Figura 10. Incremento de longitud total promedio quincenal (cm)	49
Figura 11. Incrementos periódicos de longitud (cm)	49
Figura 12. Conversión alimenticia aparente	51
Figura 13. Tasa de crecimiento específica por muestreo	52
Figura 14. Tasa de sobrevivencia	54
Figura 15. Relación beneficio – costo	55

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Fases del proceso productivo del prebiótico natural a base de extractos vegetales	66
ANEXO B. Descripción de Tratamientos y distribución aleatoria de las unidades experimentales	67
ANEXO C. Registro de parámetros fisicoquímicos y promedios mensuales por muestreo durante el periodo de investigación	68
ANEXO D. Análisis bromatológico de balanceado comercial proteína 48% correspondiente al tratamiento testigo fase de manejo alevinaje	69
ANEXO E. Análisis bromatológico de balanceado comercial proteína 45% correspondiente al tratamiento testigo, fase de manejo levante y ceba	70
ANEXO F. Análisis bromatológico de balanceado comercial 48% de proteína adicionado con 2,5 ml de prebiótico y encapsulado con almidón de yuca al 5% correspondiente al tratamiento tres	71
ANEXO G. Análisis bromatológico de balanceado comercial 45% de proteína adicionado con 6,0 ml de prebiótico y encapsulado con almidón de yuca al 5% correspondiente al tratamiento tres	72
ANEXO H. Análisis de varianza de peso inicial (g)	73
ANEXO I. Análisis de varianza de longitud inicial (cm)	74
ANEXO J. Análisis de varianza de consumo de alimento	75
ANEXO K. Prueba de comparación múltiple de Tuckey para la variable consumo de alimento	76
ANEXO L. Análisis de varianza de incremento de peso final individual por muestreo	77
ANEXO M. Prueba de comparación múltiple de Tuckey para variable incremento de peso final individual por muestreo	78
ANEXO N. Análisis de varianza de incremento de longitud individual final (cm) por muestreo	79
ANEXO Ñ. Prueba de comparación múltiple de Tuckey para la variable incremento de longitud (cm)	80
ANEXO O. Análisis de varianza para conversión alimenticia aparente	81
ANEXO P. Prueba de comparación múltiple de Tuckey para conversión alimenticia aparente	82
ANEXO Q. Análisis de varianza para tasa de crecimiento específica	83
ANEXO R. Prueba estadística de Brand Snedecor para la variable sobrevivencia	84

GLOSARIO

ABSORCIÓN: paso de nutrientes del tracto digestivo al sistema portal.

ALMIDÓN: es el polisacárido de reserva alimenticia almacenado en las plantas, constituido por amilosa y amilopectina.

BACTERIAS SAPROFITAS: grupo de microorganismos que constituyen la flora intestinal del organismo y presentan la capacidad de desdoblar nutrientes y generar como subproductos de su metabolismo vitaminas y otras sustancias estimulantes del crecimiento.

BALANCEADO: alimento artificial utilizado en animales, que proporciona todos los nutrientes (proteínas, grasas, carbohidratos, energía, vitaminas y minerales), según la especie íctica, etapa fisiológica y fase de manejo.

DENSIDAD DE POBLACIÓN: número de peces por unidad de espejo de agua.

DIETA: alimento artificial o natural que se proporciona a un organismo hidrobiológicos en condiciones de cautiverio.

DILUYENTE: una sustancia que se mezcla con un nutriente o aditivo, a manera de vehículo para reducir su concentración haciéndolo más aceptable por los animales.

INMUNOMODULACIÓN: respuesta general del mecanismo humoral y celular de los organismos que incrementa la capacidad de respuesta inmune.

PREBIÓTICO: sustancias no digeribles que brindan un efecto fisiológico beneficioso al huésped, estimulando selectivamente el crecimiento favorable o la actividad de un número limitado de bacterias autóctonas

PALATABILIDAD: se refiere a las características organolépticas de las materias primas que constituyen una dieta y generan un aumento en el consumo.

PROMOTOR DE CRECIMIENTO: sustancias o compuestos que se adicionan a la dieta para mejorar los incrementos de peso, conversión alimenticia y las tasas de sobrevivencia, sin participar directamente en los procesos metabólicos.

SIMBIOTICOS: combinación de prebióticos y cepas de microorganismos que beneficia al huésped mediante el aumento de la sobrevivencia e implantación de microorganismos vivos.

RESUMEN

La presente investigación, se realizó en la Estación Piscícola Intiyaco de la Universidad de Nariño, localizada en el Corregimiento del Encano, Municipio de Pasto, Colombia, durante un periodo de quince meses en los años 2008 y 2009, se propuso evaluar el efecto prebiótico de una mezcla comercial de vegetales constituidos por Ungurahua (*Oenocarpus bataua*), Caña panelera (*Saccharum officinarum*), Solano dulce (*Solamun dulcamara*) y Palmito (*Euterpe chaunostachys*), en la ganancia de peso, conversión alimenticia y sobrevivencia de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), durante las fases de alevinaje, levante y ceba.

Se sembraron 8000 alevinos solo hembras de trucha arcoíris (*O. mykiss*), provenientes de una empresa comercial con un peso promedio de $15,29 \pm 0,71$ g y una longitud total promedio de $11,03 \pm 0,17$ cm distribuidos aleatoriamente en un módulo de 16 jaulas flotantes, cada una con dimensiones de 2,0 m largo, 2,0 m ancho y 2,0 m profundidad y un ojo de malla de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Previamente al inicio de la investigación la totalidad de los ejemplares fueron pesados y la dispersión máxima aceptada de este parámetro fue del 10%, además se eliminaron aquellos animales que registraban lesiones externas en la piel, branquias y malformaciones de columna.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA) conformado por 16 unidades experimentales, cada jaula con 62/animales/m³ los cuales, se distribuyeron en cuatro bloques y cuatro tratamientos de la siguiente forma:

T1: Balanceado comercial sin promotor de crecimiento.

T2: Balanceado comercial con encapsulante almidón al 5%.

T3: Balanceado comercial adicionado con 2,5 ml del promotor de crecimiento natural con encapsulante almidón al 5%.

T4: Balanceado comercial adicionado con 6,0 ml del promotor de crecimiento natural con encapsulante almidón al 5%.

Se realizaron ocho muestreos cada dos semanas, con el fin de analizar las variables ganancia de peso, incremento de longitud, consumo de alimento, conversión alimenticia aparente, tasa de crecimiento simple, sobrevivencia y relación beneficio - costo de las diferentes unidades experimentales y se determinó que los mejores tratamientos desde el punto de vista estadístico fueron el cuatro y el tres. El T4 registró incrementos diarios de peso y longitud de 1,71 g y 0,71 cm, y el T3 con 1,70 g y 0,7 cm, para las variables consumo aparente de alimento y conversión alimenticia se obtuvieron valores de 50,3 kg y 1,1 en el T4 y T3, los tratamientos T1 y T2 no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí.

ABSTRACT

The present research was performed during 15 months in the years 2008 and 2009 respectively. Previous to the initiation of the investigation it was, realized a repair and maintenance of floating cages, aisles, poli-shadows, nets, besides of activities of cleaning, selection and stocking of the alevines. It was studied the effect as promoter of growth, and prebiotic of a commercial feed prepared with extracts of some plants, such as: Ungurahua (*Oenocarpus bataua*), caña panelera (*Saccharum officinarum*), solano dulce (*Solamun dulcamara*) and palmito (*Euterpe chaunostachys*). The study was done in the fishaquaculture station, known as Intiyaco; belonged to University of Nariño and located in the Guamuez Lake.

They were stocked 8000 only females alevines of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), coming from a commercial fish farm with an average weight of $15,29 \pm 0,71$ g and an average total length of $11,03 \pm 0,17$ cm, randomly assigned to one module of 16 floating cages, each cage with dimensions of 2,0 m long, 2,0 m wide and 2,0 m depth and with an eye of $\frac{1}{4}$ inch mesh. Prior to the commencement of the investigation all the specimens were weighted and accepted maximum dispersion of this parameter was 10%, and eliminated those animals recorded external lesions in skin, gills and spinal malformations.

It was used an unreservedly Random Design (IRD) made up by 16 experimental units, distributed in four blocks and four treatments in the following way:

T1: Commercial feed without starch and growth promoter.

T2: Commercial feed with starch at 5%.

T3: Commercial feed with growth promoter at a dose of 2,5 ml/kg encapsulated in starch at 5%.

T4: Commercial feed with growth promoter at a dose of 6,0 ml/kg encapsulated in starch at 5%.

There were performed eight samples, each two weeks, in order to analyze weight gain and length, apparent feed conversion, feed consumption, rate of survival, rate of simple growth and benefit cost-relationship. From the statistic point of view, the best treatments were T4 and T3, but the treatments T1 and T2 showed not significant differences between them. The T4 recorded daily weight increase and length 1,71 g and 0,71 cm. T3 followed by 1,70 g and 0,7 cm. The apparent consumption and feed conversion rate variables were 50,3 kg and 1,3 in T4, and T3, T1 and T2 showed no significant differences between them.

INTRODUCCIÓN

En la producción acuícola, se pretende optimizar la eficiencia y rentabilidad productiva. Sin embargo, los sistemas piscícolas intensivos, deterioran la calidad fisicoquímica del agua, incrementan la susceptibilidad a enfermedades y aumentan las fuentes de estrés. Una de las técnicas más recientes implementadas en acuicultura, es la incorporación de promotores de crecimiento tipo prebiótico y probiótico en los alimentos artificiales con el objeto de modular el sistema inmunológico y disminuir la incidencia de agentes microbianos patógenos y por ende incrementar las tasas de crecimiento y las tasas de sobrevivencia de las especies hidrobiológicas cultivadas en condiciones de cautiverio. Los principales prebióticos evaluados en acuicultura han sido el Beta-glucán, vitamina C, el Fe y Zn y probióticos constituidos por cepas comerciales de bacterias benéficas¹.

Una de las prácticas utilizadas en acuicultura para mitigar enfermedades sobre todo en sistemas de producción intensiva, es la utilización de antibióticos, sin embargo, estos químicos, pueden generar efectos adversos en el animal o en el consumidor final, así como causar resistencia a las bacterias patógenas, dando lugar a desequilibrios ambientales y colapso de la cadena trófica².

Por lo anteriormente expuesto y dentro del concepto de una producción acuícola limpia, los extractos naturales de algunas plantas podrían incorporarse en los alimentos artificiales de los peces para prevenir la incidencia de enfermedades como es el caso del extracto de romero en el control de parásitos y bacterias que registra efectividad del 100% después de 10 minutos de exposición, la albahaca al cabo de una hora muestra su efectividad como parasiticida; la guayaba requiere de 30 minutos para lograr un efecto similar con concentraciones de 4,0 ml/L³.

Por esta razón, la presente investigación se propuso evaluar el efecto de un prebiótico comercial preparado a base de una mezcla de extractos de plantas de Ungurahua (*Oenocarpus bataua*), Caña Panelera (*Saccharum officinarum*), Solano Dulce (*Solamun dulcamara*) y Palmito (*Euterpe chaunostachys*).

¹ LOPEZ, J. et al. Evaluación de inmunoestimulantes en las fases de levante y ceba de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), cultivada en jaulas flotantes. En el lago Guamuez. Universidad de Nariño. Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales. Sistema de Investigaciones. Pasto. Colombia. 2005. p. 75.

² Ibid., p. 16.

³ SILVEIRA, R. et al. Actividad terapéutica de extractos naturales de origen vegetal para el control de parásitos y bacterias de organismos acuáticos de cultivo. Centro de Investigación pesquera 5ta Ave y 248, Barlovento Santa Fe, Ciudad Habana Cuba. Laboratorio de control de calidad de empresa medicamentos playa Cuba. 2000, p. 8.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según Hermes⁴, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie íctica foránea con una continua renovación a través de importaciones masivas de ovas desde los sitios de producción en Estados Unidos y Canadá hacia zonas de cultivo de alta montaña en Colombia, convirtiéndola en un recurso acuícola de importancia, de tal manera que su producción representa el 14% del total anual ubicándola en tercer lugar después del híbrido de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con 32% y 24%, respectivamente.

En los cultivos intensivos y súper intensivos de trucha arcoíris, las principales causas de mortalidad las constituyen las variaciones bruscas de la calidad físico química del agua y el estrés causado por las altas densidades de siembra, provocando pérdidas económicas en las explotaciones y reduciendo la tasa de rentabilidad. Las enfermedades son tratadas por los piscicultores con uso indiscriminado de antibióticos, los cuales afectan negativamente la cadena alimenticia existente en un cuerpo de agua, estimulan la aparición de cepas bacterianas resistentes y la biomagnificación de residuos de antibióticos en el filete, con grave riesgo en la salud pública. Por consiguiente se deben introducir nuevas tecnologías y prácticas de manejo con el fin de mitigar de algún modo esta problemática.

La reglamentación del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y del Departamento Administrativo de Control de Alimentos y Medicamentos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (FDA-USDA) con relación a la utilización de cualquier sustancia en los balanceados artificiales, destinados a especies acuícolas, establece que sean inocuos y de fácil trazabilidad y que garanticen al consumidor final la ausencia de residuos en el filete. Lo anterior, plantea la necesidad de mejorar el sistema de producción con el fin de asegurar mayor calidad del producto, satisfacción del cliente y reducción de costos, evitando la implementación de prácticas penalizadas como la utilización de antibióticos en acuicultura⁵.

Teniendo en cuenta los requerimientos de los mercados de exportación en una economía globalizada, se justifica ampliamente la evaluación de nuevas prácticas de manejo, tendientes a fortalecer la capacidad inmunológica de los organismos hidrobiológicos de cultivo como son el uso de los prebióticos naturales

⁴ HERMES, P. et al. Triploidía en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*): posibilidades en Colombia Corporación Biogénesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, 2003, p.8.

⁵ BEZARD, D. Certificación en Productos de acuicultura. Ecuador, Quito, 2001. Disponible en Internet: URL: <http://www.rlc.fao.org/Foro/alimentos/bezard.pdf>

biodegradables que incrementen las variables productivas y la tasa de rentabilidad de la industria acuícola. La mayoría de evaluaciones de prebióticos en la acuicultura americana se han basado en Beta-glucán, sustancia que se extrae de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y la incorporación de ácido ascórbico en el alimento, con resultados contradictorios según diferentes fuentes bibliográficas⁶.

En consecuencia, es importante analizar el efecto prebiótico de un producto comercial, elaborado a partir de extractos de plantas de Ungurahua (*Oenocarpus bataua*), Caña Panelera (*Saccharum officinarum*), Solano Dulce (*Solamun dulcamara*) y Palmito (*Euterpe chaunostachys*) y su incidencia sobre crecimiento y sobrevivencia durante las fases de alevinaje, levante y ceba en cultivos intensivos de trucha arcoíris en jaulas flotantes, teniendo en cuenta que en la revisión bibliográfica se determinan efectos positivos en diferentes especies ícticas.

⁶ *Ibíd.*, p. 2.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Es posible mejorar las variables productivas en un cultivo intensivo de trucha arcoíris, en jaulas flotantes durante las etapas de alevinaje, levante y cebo, al incorporar en el balanceado comercial un promotor de crecimiento a base de extractos vegetales?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de un prebiótico comercial elaborado a partir de extractos vegetales, sobre las variables productivas en un cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes, durante las etapas de alevinaje, levante y ceba.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular los incrementos periódicos de peso y las tasas de crecimiento simple de los distintos tratamientos.
- Determinar el consumo de alimento y la conversión alimenticia aparente de los tratamientos.
- Cuantificar la tasa de sobrevivencia de los tratamientos en cada etapa de manejo.
- Establecer la relación beneficio/costo de cada tratamiento.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ALIMENTACIÓN Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA TRUCHA ARCOÍRIS

4.1.1 Proteína. Según Wilson⁷, las proteínas son componentes esenciales para el crecimiento de los organismos, ejecutan un papel fundamental en la renovación y funcionamiento de los tejidos orgánicos, siendo el principal constituyente básico de las células. Los animales poiquilotérmicos tienen la necesidad de obtenerlas, a partir de tejidos vegetales, animales o bacterias existentes en el tracto intestinal como fuente de aminoácidos dietéticos o aminoácidos precursores y de esta manera pueden elaborar otros aminoácidos.

Para Halver⁸, los animales deben consumir proteínas, con el fin de llenar los requerimientos de aminoácidos. Una vez la proteína es ingerida, esta debe ser digerida o hidrolizada, hasta liberar los aminoácidos libres, los cuales son absorbidos a nivel de la porción anterior del intestino delgado y distribuido por la sangre a los diferentes órganos y tejidos, donde los aminoácidos son posteriormente utilizados para sintetizar nuevas proteínas.

Según Harris⁹, las dietas artificiales o naturales para los peces son y deben ser ricas en proteínas. Los peces, no presentan necesidades absolutas de proteína, pero demandan una mezcla bien balanceada de aminoácidos indispensables y dispensables. El nivel óptimo de proteína para trucha arcoíris (*O. mykiss*), es de 48%.

4.1.2 Carbohidratos. De acuerdo con López¹⁰, los carbohidratos no se incluyen normalmente como una gran parte de la dieta de los salmónidos, debido a su bajo contenido nutricional e inadecuada digestibilidad. A pesar de ser una fuente de energía económica, no suministran otros nutrientes y su nivel no debe ser superior al 12% de las dietas peletizadas por compresión o 22% en dietas artificiales elaboradas por extrudización.

⁷ WILSON, R. Aminoacids and protein Fish Nutrition. Edited by Jhon Halver, Academic Press Inc., New York, 1988. p. 798.

⁸ HALVER, J. Proteins and aminoacids. Fish feed technology. United Nations Development programme. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 1980, p. 395.

⁹ HARRIS, L. Feedstuffs. Fish feed Technology. United Nations Development programme. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 1980, p. 395.

¹⁰ LÓPEZ, J. Nutrición Acuícola. Fisiología digestiva de los organismos hidrobiológicos de cultivo. Pasto: Colombia: Universidad de Nariño, 1997. p. 211.

4.1.3 Fibra. Según López¹¹, la fibra es un requerimiento fisiológico más que nutricional, tiene propiedades benéficas en la digestión de los alimentos regulando la tasa del pasaje intestinal, pero debe ser suministrada en cantidades adecuadas en la dieta de los peces ya que un exceso de lignina puede ejercer influencia negativa en la digestibilidad de los peces. Los niveles máximos permitidos en alimentos para la especie íctica foránea trucha arcoíris es del 3% al 4%.

4.1.4 Ácidos grasos. Owen et al¹² afirman; las grasas son importante fuente de energía, participan en la absorción de vitaminas liposolubles. Al igual que otros animales, los peces de cultivo, no tienen la capacidad de sintetizar ácido linoléico (18:2, n-6) o ácido linolénico (18:3, n-3), por ende, uno o ambos de estos ácidos grasos deben ser aportados en la dieta. Según Hazel¹³, los ácidos grasos esenciales son componentes de membranas celulares, influyen en su fluidez y sirven como precursores de eicosanoides, que tienen diversas funciones metabólicas. Se observan cambios de las proporciones de los dos principales fosfolípidos de membrana, durante la adaptación a cambios de temperatura. Halver citado por López¹⁴, los lípidos constituyen la estructura de muchas sustancias como hormonas, intervienen en el metabolismo de otras, y forman las cadenas de ácidos grasos polinsaturados, las cuales son precursores de prostaglandinas. Los requerimientos para la especie de ácidos grasos esenciales son del orden de 0,8% a 1,6% de la dieta o del 20% de los lípidos de la dieta.

4.1.5 Vitaminas. Poston¹⁵ afirma que, las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos como trazas y son esenciales para el normal crecimiento del pez, su reproducción y su salud general. Estos compuestos no pueden ser sintetizados por los organismos hidrobiológicos de cultivo intensivo, son obtenidos a partir de fuentes exógenas como la dieta o mediante la síntesis microbiana intestinal. De acuerdo con Lovell¹⁶, la mayoría de los peces demandan las siguientes vitaminas: A, D, E, menadiona, tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido pantoténico, niacina, ácido fólico, vitamina B12 Biotina, Inositol, colina, ácido ascórbico, igualmente Halver¹⁷, cuantificó los requerimientos vitamínicos para la trucha arcoíris y salmón del Pacífico.

¹¹ LÓPEZ, J. Op cit., 1997. p. 211.

¹² OWEN, J.; ALDRON, C. & COWEY, C. Lipids, Academic Press Inc. New York, 2002, p. 528.

¹³ HAZEL, J. Lipids, Academic Press Inc. New York, 2002, p. 516.

¹⁴ LÓPEZ, J. Op cit., 1997. p. 18.

¹⁵ POSTON, R. Factors affecting dietary requirements and deficiency signs of L-tryptophan in rainbow trout. J. Nutri. 113(2): p. 226-257, 1983.

¹⁶ LOVELL, T. Fattiness in cultured fish. En: Aquaculture Magazine, Vol. 4, No. 9, 1983, p. 45.

¹⁷ HALVER, J. The vitamins. Fish nutrition. Edited by John E. Halver. Academic Press Inc. New York, 1988, p. 798.

La vitamina C (ácido ascórbico) debe ser incluida en los alimentos artificiales a razón de 2,0 a 3,0 mg/kg de alimento balanceado por día, debido a que los organismos hidrobiológicos de cultivo no poseen las enzimas específicas para sintetizarla.

4.1.6 Minerales. Los suplementos minerales son nutricionalmente necesarios para el cultivo de animales en cautiverio, ya que intervienen en el funcionamiento celular.

Sin embargo, no se han establecido los requerimientos específicos de la mayoría de los minerales. Los peces requieren de 22 minerales diferentes para la formación de tejidos, los procesos metabólicos y para mantener el balance osmótico de sus fluidos internos en su ambiente acuático. Algunos minerales disueltos, como el calcio puede ser intercambiado entre los fluidos del organismo y del agua que los rodea, a través de las membranas de las branquias y piel¹⁸. El calcio es fundamental en la coagulación de la sangre, contracción muscular, apropiada transmisión del impulso nerviosos y es un cofactor en diferentes sistemas enzimáticos, se ha demostrado que la piel de la trucha arcoíris (*O. mykiss*), contiene aproximadamente el 40% del Ca y en procesos de reproducción o desove disminuye, esto indica que los minerales de los diferentes depósitos corporales son reabsorbidos para que cubran otras funciones fisiológicas¹⁹.

4.2 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE ORGANISMOS HIDROBIOLÓGICOS

4.2.1 Digestión en el estómago. De acuerdo con Millar²⁰, el estómago tiene la característica principal de mostrar un pH bajo y presencia de jugos digestivos como pepsina, lo cual concuerda con Smith citado por López²¹. La mayoría de los organismos hidrobiológicos de cultivo con estómago verdadero, presentan células productoras de ácido clorhídrico, de tal manera que el pH del fluido gástrico puede bajar por debajo de 2,0 y suele fluctuar entre 2,0 y 5,0, según el tiempo transcurrido después de una comida, en consecuencia hay en el estómago un sustrato apropiado para enzimas o péptidasas desdobladoras de las proteínas. Según Roberts²², los salmónidos poseen ciegos pilóricos, divertículos que se encuentran en la región de la válvula Pilórica y del intestino anterior y su número puede alcanzar hasta 70 o más, los cuales pueden tener una función digestiva y/o

¹⁸ POSTON, R. Op cit. p. 24

¹⁹ LOPEZ, J. Op cit. 1997. p. 76.

²⁰ MILLAR, L. AGT Editor, Ictiopalotogía México D.F. 1984, p. 141.

²¹ LOPEZ, J. Op cit. 1997. p. 2.

²² ROBERTS, R. Patología de los peces, ediciones mundi prensa University Stirling, Scotland, 1981, p. 41

absorbente, en los ciegos de la trucha se ha encontrado la enzima lactasa además de ser fuente de la lipasa que desdoblan las grasas en ácidos grasos y glicerina.

4.2.2 Digestión en el intestino. Según Cruz²³, la digestión en el intestino ocurre por la acción de distintos productos secretados por la pared intestinal o por glándulas anexas como el páncreas y el hígado. El páncreas vierte al intestino, enzimas digestivas tan diversas como son las proteasas, carbohidrasas y lipasas. Poston, citado por Cruz²⁴, concuerda que las enzimas desintegradoras de proteínas (proteasas), descomponen el alimento en aminoácidos y péptidos, principalmente dipéptidos y tripéptidos.

Para que los alimentos digeridos sean absorbidos, deben estar en una solución acuosa por lo tanto, deben ser solubles, de un tamaño que les permita atravesar las membranas que cubren el tracto digestivo, entrar al sistema circulatorio y finalmente ser llevados por la sangre hasta las células, penetrando en las que requieren nutrirse o simplemente almacenarlos²⁵.

4.3 PREBIÓTICOS

4.3.1 Definición de prebióticos. De acuerdo con Trowel²⁶, los prebióticos son compuestos de origen vegetal que presentan como común denominador el estar constituidos por macromoléculas no digeribles, debido a que las enzimas del intestino no pueden hidrolizarlas, su función es estimular el crecimiento y la actividad de especies bacterianas beneficiosas, además de potenciar la absorción de sustancias nutritivas. Galán²⁷, citado por Palacios²⁸, define a los prebióticos como polisacáridos generalmente de origen vegetal que estimulan el crecimiento y la actividad de especies bacterianas benéficas presentes en la flora intestinal de los organismos, las cuales potencian la absorción de sustancias nutritivas como grasas, calcio y otros minerales además de colaborar activamente en síntesis de

²³ CRUZ, E. & MENDOZA R. Principios de Nutrición. Madrid, España. 2000. Disponible en Internet, URL: <http://www.principiosnutricion.com.ar>.

²⁴ CRUZ, E. Op cit. p. 25

²⁵ MILLAR, L. Op cit. p. 149

²⁶ TROWEL, L. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. En: Revista Cubana Aliment Nutr. Cuba: Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Vol. 16, No. 1 (2002). p. 64.

²⁷ GALÁN, V. Prebióticos y Probióticos: Bacterias Saludables. Salud. 2004. Disponible en Internet, URL: http://www.dsalud.com/alimentacion_numero57.htm

²⁸ PALACIOS, P. Evaluación comparativa de dos estimulantes de crecimiento tipo probiótico y prebiótico en el levante y ceba del Sábalo amazónico (*Brycon melanopterus* COPE, 1872), en el centro experimental amazónico, Mocoa, Putumayo Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2007 p. 46.

vitaminas del complejo B y de la vitamina K. Para Robertfroid²⁹, los prebióticos tienen como propósito el favorecer el desarrollo de algunas bacterias benéficas que se encuentran en el ambiente del tracto intestinal, estas sustancias junto con estas bacterias, ayudan en el metabolismo de materia orgánica obteniendo elementos los cuales son utilizados por los organismos para la prevención de enfermedades.

4.3.2 Mecanismos de acción de los prebióticos. Según Santomá³⁰, ligan una amplia variedad de micotoxinas y preservan la integridad de la superficie intestinal donde ocurre la absorción. Pueden bloquear la localización de bacterias patógenas y son capaces de inducir la activación de los macrófagos por medio de la saturación de los receptores de la manosa en las glicoproteínas de la superficie celular que se proyectan de la membrana celular de los macrófagos. Una vez que tres o más de esos lugares han sido saturados, se inicia una reacción en cadena que da origen a la activación de los macrófagos y la liberación de citoquinas, significando la instalación de la respuesta de inmunidad adquirida. De acuerdo con Casas³¹, los promotores de crecimiento tienen una acción sinérgica y como consecuencia, mejoran e incrementan el índice productivo, estabilizan la peristalsis intestinal y la absorción de proteínas, minerales, vitaminas y electrolitos, permiten la separación de las moléculas de diferentes tamaños, más aún, actúan como soporte para el crecimiento de bacterias benéficas y optimizan la mucosa intestinal.

4.3.3 Acuicultura orgánica y uso de prebióticos. Según Kajita et al³², los prebióticos son una serie de agentes, naturales y artificiales, que son utilizados para controlar las enfermedades de los peces, los cuales actúan directamente sobre las células del sistema inmune estimulando su acción efectora. Incluyen sustancias biológicas como derivados bacterianos, el beta glucán o polisacáridos, como la quitina y oligosacáridos, extractos provenientes de animales o plantas, factores nutricionales como las vitaminas C y E, hormonas; como la prolactina y la hormona de crecimiento. De acuerdo con Sakai³³, los agentes son sólo efectivos en algunas enfermedades y además su acción varía con los períodos de tiempo, la dosis, los métodos de administración y la condición fisiológica del pez. Yano et al,

²⁹ ROBERTFROID, M., SLAVIN, J. Oligosacáridos no digeribles. *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol. 40. 2000, p. 62.

³⁰ SANTOMA, G. Estimuladores de la inmunidad. *Avances en nutrición y alimentación animal*. España, 2006. Disponible en internet. URL: <http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/98CAPVII.pdf>.

³¹ CASAS, G. Pro-nutrientes: alternativa a los antibióticos. Gemma- Biovet S.A. Disponible en Internet: <http://www.engormix.com>. Citado el 23 de agosto del 2006. p. 1.

³² KAJITA, Y. et al. The immunomodulatory effects of levamisole on rainbow trout *O. mykiss*. *Fish Pathol.* 1990, p. 98

³³ SAKAI, M. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture.* 1999, p. 92.

citado por López³⁴, analizaron extractos de beta glucán procedentes de la levadura y plantas, los inyectaron en carpa, previamente infectada por *Edwardsiella tarda*. Los autores mencionados observaron que todos los peces testigo, murieron dentro de los tres días siguientes, sin embargo, los animales que recibieron la inyección con los extractos fúngicos presentaron tasas de supervivencia de 60 a 90%. Así mismo Triviño³⁵, evaluó el efecto del β -Glucán en camarones (*Litopenaeus vannamei*), levantados en cautiverio en la ensenada de Tumaco (Departamento de Nariño), afectados con el síndrome viral de la mancha blanca (WSSV). Los ejemplares fueron alimentados con dietas que contenían niveles del inmunostimulantes que fluctuaban entre 1,2 a 1,8 g/kg de balanceado. El mencionado autor, demostró que el beta-Glucán registró efectos positivos con relación a la sobrevivencia, incremento de peso y conversión alimenticia.

4.3.4 Simbióticos. Según Cagigas³⁶, la combinación de prebióticos y cepas de microorganismos, se ha definido como simbiótico, la cual beneficia al huésped mediante el aumento de la sobrevivencia e implantación de microorganismos vivos de los suplementos dietéticos en el sistema gastrointestinal. Rycroft³⁷ afirma, que la simbiosis entre los prebióticos y bacterias tipo saprofitas actúan como beneficiadores de los organismos hidrobiológicos. Esta asociación trae al hospedador beneficios debido a que el suministro constante de prebióticos en la dieta siempre llevará el desarrollo de las bacterias intestinales, con el consecuente beneficio al hospedero.

4.4 DESCRIPCIÓN DE UN PROMOTOR DE CRECIMIENTO COMERCIAL A BASE DE EXTRACTOS VEGETALES.

Según la casa fabricante³⁸, es un producto de naturaleza orgánica íntegramente biodegradable. Su fórmula es una mezcla de materias vegetales cuya composición por cada 1000 ml de producto diluido es: Ungurahua (*Oenocarpus bataua*) 57%, Caña Panelera (*Saccharum officinarum*) 40%, Solano Dulce (*Solamun dulcamara*)

³⁴ LOPEZ, J. Op cit., 2005. p. 75.

³⁵ TRIVIÑO, M. Evaluación del B-Glucán de *S. cerevisiae* en camarones *Litopenaeus vannamei* afectados por el síndrome viral de la mancha blanca (WSSV) bajo condiciones de laboratorio en la ensenada de Tumaco. Trabajo de grado. Ingeniería en producción Acuícola. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Tumaco 2001. p. 48.

³⁶ CAGIGAS, L.; BLANCO, J. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. 2002. Journal Aliment Nutr. Disponible en internet. URL: http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol16_1_02/ali10102.htm

³⁷ RYCROFT, E. et al. A comparative in vitro evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. Ucrania: The Society for Applied Microbiology, 2001. p. 878. Disponible en internet: <http://www.blackwellsynergy.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-2672.2001.01446>.

³⁸ BIOEXÓTICA. Información técnica del producto. Quito, Ecuador, 2007. Disponible en internet. URL: http://www.bioexotica.com/pages/02_01_peces.html.

40%, Palmito (*Euterpe chaunostachys*) 33%, los procedimientos utilizados en la elaboración, desde la recolección de los insumos primos hasta la obtención del producto final son físicos y mecánicos, sin la incorporación de sustancias químicas (Anexo A). El proceso no contamina directa o indirectamente al medio ambiente y por el contrario, potencia el estado saludable de los peces. A continuación se describen sus materias primas vegetales:

4.4.1 Ungurahua (*Oenocarpus bataua*). Según Moraes³⁹, *Oenocarpus bataua* es una palmera de tronco solitario y recto, que alcanza los 25 a 30 metros de altura, las hojas se disponen en espiral formando un penacho en la parte superior. El mismo autor afirma, que esta planta pertenece al género *Oenocarpus* y es considerada de amplia distribución con el límite sur en los bosques montañosos bolivianos.

El producto derivado de mayor importancia económica y comercial es el aceite, el cual tiene un alto valor alimenticio, comparable en apariencia, calidad y composición de ácidos grasos al aceite de oliva⁴⁰. Sus compuestos fitoquímicos de ácidos grasos no saturados representados en un 82% (palmítico, Palmitoléico, esteárico, oléico, linoléico, linoláico) y ácidos grasos saturados del 4% (beta-sitosterol y estigmasterol) esta composición hace a este aceite vegetal más saludable que el aceite de maíz y superior en calidad y valor energético al de oliva y soya. El fruto de unguahua contiene cerca de 7,4% de proteína y aminoácidos (isoleucina, leucina, lisina, metionina, cistina, fenilalanina, tirosina, valina y triptófano) que la convierten en un sustituto ideal de otras fuentes proteicas. Este porcentaje de proteína es superior o comparable a la mayoría de las fuentes utilizadas por el hombre ya sea de origen animal o vegetal (40% mejor que la proteína de soya)⁴¹. Además de este perfil proteico también se incluyen dentro de su composición esteroides, como el beta sitosterol y el estigmasterol, carbohidratos y provitamina A⁴².

³⁹ MORAES R. Flora de palmeras de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 2004, p. 212.

⁴⁰ MIRANDA, J. et al. Mercado del Majo (*Oenocarpus bataua*): una Alternativa de Biocomercio en Bolivia. TRÓPICO - PNBS - FAN. Ediciones Trópico. La Paz, Bolivia. 2008. p. 100. disponible en Internet http://www.tropico.org/attachments/libro_majo.pdf

⁴¹ BALICK, M. & GERSHOFF, N. Nutritional evaluation of the *Jessenia bataua* palm: source of high quality protein and oil from Tropical America. Economic Botany Vol. 35, 1981. p. 261-271.

⁴² DÍAZ, J. & ÁVILA, M. Sondeo del mercado mundial de Aceite de Seje (*Oenocarpus bataua*). Biocomercio Sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá. Colombia. 2002, p. 18.

4.4.2 Solano dulce (*Solanum dulcamara*). La dulcamara es una planta herbácea perenne con tallos trepadores que llega a medir de 50 a 200 cm de altura, leñosa, puede ser acostado o rastrero. Posee hojas simples, treboladas, ovales agudas las hojas inferiores y flores en racimos irregulares colgantes de color azul-violeta con algunas manchas amarillas. Es una planta común en Europa y en Asia Occidental y ha sido introducida en América del Sur. Es propia de lugares húmedos, sombríos y de zonas boscosas cercanas al agua como los bosques de ribera⁴³. Según Thorne et al⁴⁴, citado por Moreno⁴⁵, la dulcamara ha obtenido gran acogida por sus beneficios medicinales tales como activar el sistema inmunológico de los organismos, además de proteger de enfermedades de tipo gastrointestinal. Investigaciones realizadas por Engler⁴⁶, determinaron que los extractos de esta planta intervienen como un Modulador Biológico de la Respuesta Inmune la cual ha sido objeto de investigación en el Departamento de Ciencias Médicas de la Universidad Estatal de Miami. Los glucoalcaloides presentes en *Solanum dulcamara* son de tipo Espirosolanoles tales como la solamarina, solanósido, solamargina y soladulcamarina y Saponósidos esteroídicos como el ácido dulcamarético y el ácido dulcamárico, cuales son metabolitos secundarios formados de precursores esteroides como el β -sitosterol, el ergosterol y el cicloartenol. Estos componentes en la planta; permiten que el vegetal active su sistema inmune contra virus, bacterias, y patógenos que afecten su desarrollo normal⁴⁷.

4.4.3 Caña panelera (*Saccharum officinarum*). La caña de azúcar es una hierba tropical que pertenece a la familia de las gramíneas, género *saccharum*, las variedades cultivadas son un híbrido de la especie *officinarum*. La fracción soluble de la caña se separa fácilmente del resto de la planta alcanzando una eficiencia hasta 97% en molienda industrial y 50% cuando se aplican técnicas artesanales siendo una fuente básicamente energética⁴⁸.

⁴³ BIOCOMERCIO SOSTENIBLE. Módulos de Inteligencia de Mercados. Bogotá, Colombia, Alexander Von Humboldt, 2002. p 18. Disponible en Internet URL: www.coama.org.co/proyectos/aceites.htm

⁴⁴ THORNE H, CLARKE G, SKUCE R. The inactivation of herpes simplex virus by some Solanaceae glycoalkaloids. Antiviral Research Vol. 5. 1985, p. 343.

⁴⁵ MORENO, C. Honduras Desarrollo y evaluación de un chocolate funcional incorporando dos tipos de extracto a dos concentraciones de dulcamara (*Solanum dulcamara L.*) Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Grado Académico de Licenciatura. Honduras, 2009, p. 100.

⁴⁶ ENGLER, H. Alimentos Funcionales en el Mundo Actual, Editorial Melendez, Carácas-Venezuela. 2007, p. 190.

⁴⁷ DEWICK, C. Componentes Activos de las Solanáceas, Universidad Complutense de España, Departamento de Ciencias Médicas y Farmacología, 336pp, 78-93. Edición Rojas (en línea). Consultado 25 de agosto de 2009. Disponible en: www.ucm.es/

⁴⁸ FIGUEROA, V. Producción porcina con cultivos tropicales y reciclaje de nutrientes. CIPAV. Cali, Colombia. 1996, p. 132.

La caña tiene riqueza de sacarosa del 14% aproximadamente. Está constituida por una fracción soluble de azúcares y otra insoluble de compuestos estructurales como son la celulosa, hemicelulosa y lignina. Entre los grupos de nutrientes esenciales, deben mencionarse el agua, los carbohidratos, los minerales, las proteínas, las vitaminas y las grasas encontrándose cantidades notables de sales minerales, siendo cinco veces mayores que los azúcares moscabados y 50 veces más que las del azúcar refinado. Entre los principales minerales que contiene la caña panelera en kilogramos por tonelada métrica cosechada figuran; el nitrógeno (0,937), calcio (0,313), Potasio (1,918), Magnesio (0,013), Cobre (0,001), Hierro (0,022), Fósforo (0,112) y Aluminio (0,003)⁴⁹. Por otra parte, Donzele et al⁵⁰, han informado valores de energía bruta de 3850 kcal/kg MS, energía digestible de 3670 kcal/kg MS y energía metabolizable de 3540 kcal/kg MS, con 21% de MS y 14,8% de sacarosa.

4.4.4 Palmito (*Euterpe chaunostachys*). El fruto del palmito es dátil de forma ovalada. Sus hojas son palmeadas y tienen forma de abanico, miden hasta un metro de largo. El palmito es un arbusto perennifolio que pertenece a la familia de las palmeras. Se distribuye en toda el área mediterránea. Habita en zonas secas y soleadas⁵¹. De las miles de especies de palmera existentes, aproximadamente cien de ellas dan lugar a un palmito suficientemente grande como para su comercialización y consumo humano⁵². El palmito es una planta de tipo herbáceo, originaria de la cuenca amazónica, con un área de expansión que llega hasta Centro América, se produce en la región tropical: piso basal y pre montañoso, bosque seco tropical, bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical; y región subtropical: bosque húmedo y bosque muy húmedo según la clasificación de ecosistemas de Holdrige⁵³. Su aporte destacable de fibra, favorece el tránsito intestinal y contribuye al mantenimiento de niveles correctos de colesterol en sangre, contiene vitamina C, hierro, es bajo en carbohidratos y es una excelente fuente de fibra dietética, además de ser moderada en calcio⁵⁴ (Tabla 1).

⁴⁹ MERCADO SOSTENIBLES. Módulos de inteligencia en producción. Bogotá, Colombia, Alexander Von Humboldt, 2002.p. 37. Disponible en Internet URL: <http://www.abago.com/herbaceos,industries/canaazucar.asp>.

⁵⁰ DONZELE, J. et al. Valor energético do caldo do cana de açúcar (*Saccharum spp*) para suinosna fase de terminação. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1986. Vol. 15: p. 311-313

⁵¹ MERCADO SOSTENIBLES. Op cit., 36.

⁵² *Ibid.*, p 33.

⁵³ JIMÉNEZ, H. Anatomía del sistema de ecología basada en zonas de vida de L. R. Holdridge. San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical. 2003. p. 32.

⁵⁴ CHARLES, R. & MARILENE, L. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimento com pupunheiras para palmito. Sao Pablo, Brasil. 2001. p. 56.

Tabla 1. Composición nutricional del Palmito (*Euterpe chaunostachys*)

Componente	Cantidad
Humedad	91,70 g
Proteína	4,10 g
Carbohidratos	2,60 g
Fibra	0,70 g
Ceniza	1,00 g
Calorías	27,50 cal
Tiamina	0,04 mg
Riboflavina	0,12 mg
Niacina	0,79 mg
Ácido ascórbico	13,99 mg
Ácido cianhídrico	2,34 mg
Calcio	81,00 mg
Fósforo	109,00 mg
Hierro	1,50 mg

SALAZAR, P. Estudio comparativo del desarrollo fisiológico del palmito (*Euterpe chaunostachys*) para dos sistemas de siembra en el cultivo de la granja Montelindo de la Universidad de Caldas y la evaluación de diferentes sistemas de almacenamiento. Manizales, Caldas, 2006, p. 10.

4.5 MECANISMO DE ACCIÓN FISIOLÓGICA DEL PREBIÓTICO COMERCIAL

4.5.1 Como promotor de crecimiento. Dentro del mecanismo de acción fisiológica del producto a base de extractos vegetales, promueve eficientemente el incremento de peso al ser incorporado al alimento comercial.

El producto, actúa a nivel del aparato digestivo de peces, aportando nucleótidos específicos que pueden ser utilizados por la microbiota intestinal protectora, para la replicación de su material genético⁵⁵. Como consecuencia del incremento en su dinámica de reproducción, la flora benéfica nativa aumenta su número de forma representativa y por ende, su potencial de competencia por el alimento, frente a las bacterias patógenas, cuyo número se ve reducido hasta casi su extinción. Cuando la flora bacteriana benéfica se ha impuesto sobre la patógena, los procesos digestivos para la asimilación del alimento se realizan de forma óptima y se traducen en mayores tasas de crecimiento⁵⁶.

4.5.2 Como inmunomodulador. Los diferentes antígenos presentes en los cultivos intensivos de organismo hidrobiológicos afectan las variables productivas,

⁵⁵ *Ibíd.*, p. 4.

⁵⁶ *Ibíd.*, p. 6.

aumentando la mortalidad debido a la duplicación de los agentes patógenos en el medio de cultivo.

El prebiótico, actúa a nivel del sistema inmune innato de peces, aportando derivados de carbohidratos que pueden potenciar el sistema de reconocimiento microbiano, frente a la invasión de bacterias patógenas y otros agentes infecciosos. En presencia de los compuestos moleculares aportados por el producto, los patrones de microorganismos patógenos, son más fácilmente reconocidos y por lo tanto, atraídos con mayor avidez a los macrófagos para fagocitarlos. Mediante el mecanismo descrito, incrementa la capacidad de respuesta inmune y como consecuencia, el porcentaje de supervivencia de los peces⁵⁷.

4.5.3 Como antiviral. El mecanismo de los extractos vegetales evita la duplicación del material genético de los virus, dentro del hospedador, sin que pueda lograr colonizar y afectar las variables de producción.

A nivel intracelular, el producto aporta nucleótidos modificados de origen vegetal, que pueden impedir la duplicación del virus. El bloqueo de la replicación se daría dentro de la célula, cuando el genoma del virus toma un nucleótido bi-modificado y lo adiciona a la cadena, sería entonces cuando se impide el siguiente ensamble y se inhibe su elongación. La capacidad antiviral, ha sido demostrada de forma contundente en pruebas de desafío viral⁵⁸.

⁵⁷ BIOEXOTICA Op. Cit., p. 15

⁵⁸ *Ibid.*, p. 18.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en la Estación Experimental “Intiyaco”, de la Universidad de Nariño, ubicada en la vereda El Puerto, Lago Guamuez, Corregimiento del Encano, Municipio de Pasto, Colombia, a una altura de 2.840 msnm, con temperatura promedio de agua de 13°C, con una extensión de 4.280 Has. Las coordenadas geográficas del lago son: 01°06’3,80” N y 77°07’2,26” W⁵⁹ (figura 1).

Figura 1. Vista lago Guamuez Nariño, Colombia



5.2 PERIODO DE ESTUDIO

El estudio se realizó durante quince meses en los años 2008 y 2009, incluyendo la consecución de la financiación, adquisición de alevinos, pre-ensayo, montaje experimental y evaluación del efecto del prebiótico comercial durante las fases de alevinaje, levante y ceba. Se sembraron aleatoriamente 8000 truchas variedad Kamloop con un peso promedio inicial de $15,29 \pm 0,71$ g que constituyeron las 16 unidades experimentales, distribuidos en cuatro bloques y cuatro tratamientos. Previo al inicio de la investigación, se procedió a la adecuación de instalaciones, consecución y aclimatación de los ejemplares de trucha arcoíris (*O. mykiss*), estandarización técnica de alimentación e impregnación del prebiótico natural mediante el método de almidón⁶⁰, las fases de alevinaje, levante y ceba comprendieron un periodo de estudio de cinco meses.

⁵⁹GOBERNACIÓN DE NARIÑO. Municipios. Pasto – Nariño. San Juan de Pasto, Enero 2008. Disponible en Internet: <http://www.gobernar.gov.co>

⁶⁰LÓPEZ, J. & ESPINOSA, S. Revista electrónica. Ingeniería en Producción Acuícola. Universidad de Nariño

5.3 INSTALACIONES

5.3.1 Jaulas. El proyecto se desarrolló en 16 jaulas flotantes de 2,0 m de largo, 2,0 m de ancho y 2,0 m de profundidad, con una malla multifilamento de ¼ pulgada. La estructura se dispone de marcos de varillas de acero inoxidable, muelles de madera y flotadores conformados por 40 canecas plásticas de 30 kg, asegurados con manila (Figura 2).

Figura 2. Jaulas flotantes estación experimental Intiyaco lago Guamuez



5.3.2 Materiales, equipos e insumos.

- Seis Baldes plásticos de 12 litros
- Cuatro Nasas de marco metálico de 0,5 m de diámetro y 0,5 m de profundidad
- Cámara fotográfica Samsung digimax A 302
- Oxímetro YSI 500
- Balanza analítica con precisión de 0,0001 g. Marca OHAUS Precisión plus
- Balanza gramera con aproximación de 5,0 g. Marca OHAUS SCOUT
- Balanza digital Marca Mettler pj 15
- pH-metro Marca AMERICAN MARINE
- Termómetro Marca AMERICAN MARINE
- Molino eléctrico, capacidad 1kg, marca siemens ½ hp
- Bombas de aspersion, capacidad 500 ml
- Pipetas 1,0 - 2,0 - 5,0 – 10 ml
- Beaker 200 ml
- Motobombas Aspersora Damon Ts – 28, motor Honda, Estacionaria 3,5 hp
- Hilo terlenka
- Nasas 1/8 plg de ojo de malla, sin nudo y con mango de aluminio

- Blower, 2500 cc/min, marca elite 802
- Mallas polisombra 2,0 * 2,0 m
- Malla polietileno 4,0 * 3,0 m
- Equipo de campo Hach, para medición de parámetros físico-químicos
- Termómetro escala de 0°C - 100°C
- Bandejas plásticas
- Cuchara arrocera plástica
- Estufa de gas dos bocas
- Almidón de Yuca 2,0 kg
- Cloruro de Sodio 100 g

5.4 PLAN DE MANEJO

5.4.1 Manejo de jaulas flotantes. Antes de la siembra de los ejemplares se expusieron las mallas al sol con el propósito de neutralizar la presencia de algas y posibles agentes patógenos, además se hizo adecuación, mejoramiento y sustitución de corredores y canecas flotantes.

5.4.2 Aclimatación. Una vez se recibieron los alevinos de trucha arcoíris, se ejecutó el proceso de aclimatación, para esto se dejaron flotar las bolsas plásticas que contenían los peces durante 30 minutos en la superficie del agua para equilibrar temperaturas. Pasado este tiempo, se adicionó agua del lago a las bolsas, hasta lograr homogenizar temperaturas y posteriormente se efectuó la siembra.

5.4.3 Monitoreo de los parámetros fisicoquímicos. Se registraron quincenalmente entre las 8:00 a.m. y 9:00 a.m., durante los meses de agosto de 2008 y febrero de 2009, los parámetros registrados fueron temperatura, oxígeno y pH, utilizando un equipo Hach.

5.4.4 Muestreos. Se efectuaron cada dos semanas entre las 9:00 a.m. y 3:00 p.m., capturando el 60% del total de la población de cada unidad productiva, horas antes a los muestreos, no se alimentó a los ejemplares con el fin de reducir la actividad metabólica y su efecto negativo en el pesaje⁶¹. Para su captura se utilizaron nasas de pesca y baldes. Para la toma de variables talla y peso se utilizó un ictiómetro de madera y una balanza electrónica. La información se consignó en una base de datos, lo cual permitió calcular la biomasa y la cantidad de alimento a suministrar en la semana siguiente.

⁶¹ LÓPEZ, J. Op. Cit., 2005. p. 30

5.4.5 Profilaxis. Los ejemplares fueron sometidos a baños de inmersión con una solución de NaCl a dosis de 15 g/L. Este proceso se realizó cada dos semanas en baldes de 12 L por un lapso de 10 minutos y después de las labores de cada muestreo. Las mallas y demás estructuras de las jaulas, se lavaban mediante motobomba y cepillos para evitar agentes patógenos que podían afectar la investigación.

5.5 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN

Se utilizó un balanceado comercial con 48% de proteína durante la etapa de alevinaje, 45% de proteína para fases de levante y ceiba, de acuerdo a las necesidades nutricionales de la trucha arcoíris (*O. mykiss*). El alimento se suministró diariamente a razón del 8% del peso vivo en la fase de alevinaje comprendida entre las fechas del 17 de agosto al 19 de octubre del 2008, en la etapa de levante se alimento a razón de una tasa del 6%, del 20 de octubre al 30 de noviembre del 2008, para ceiba se redujo al 4% de la biomasa total entre los meses del 1 de diciembre del 2008 al 20 de febrero del 2009. La distribución se efectuó seis días a la semana, fraccionado en 10 comidas para fase de alevinaje y cinco comidas en las demás fases⁶². La dosificación del prebiótico acuicultura peces para los tratamientos tres y cuatro se realizó de acuerdo a las instrucciones de la casa fabricante, se utilizó una dosificación de almidón de yuca al 5% para los tratamientos tres y cuatro como medio encapsulante para prebiótico a base de extractos vegetales según lo recomendado por López⁶³. El promotor de crecimiento se incorporó a una dosis de 2,5 y 6,0 ml por kilogramo de balanceado.

5.6 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Se efectuó los análisis bromatológico para las dos dietas experimentales tres y cuatro en los Laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, sede Torobajo; con el fin de establecer la composición nutricional de materia seca, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda, proteína y extracto no nitrogenado.

⁶² LÓPEZ, J. & PALACIOS, J. Evaluación Comparativa de Inmunopotenciadores en el Cultivo del Sábalo (*Brycon melanopterus*). Memorias, IX Simposio Colombiano de Ictiología, I Encuentro Colombo - Venezolano de Ictiólogos. Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia. 2007. 313 p.

⁶³ LÓPEZ & ESPINOSA. Op cit., p. 16.

5.7 TRATAMIENTOS

Se sembraron 8000 animales con un peso inicial promedio de $15,29 \pm 0,71$ g, (C.V. 4,6%) en un módulo de 16 jaulas flotantes, a una densidad de siembra de $62/\text{peces}/\text{m}^3$ cada una (Anexo B), con el propósito de realizar las evaluaciones de crecimiento y el efecto prebiótico durante las fases de alevinaje, levante y cebs. Cada jaula se consideró una unidad experimental de 500 peces, los cuales, se distribuyeron en cuatro bloques y cuatro tratamientos de la siguiente forma:

T1: Balanceado comercial sin promotor de crecimiento.

T2: Balanceado comercial con encapsulante almidón al 5%.

T3: Balanceado comercial adicionado con 2,5 ml del promotor de crecimiento natural con encapsulante almidón al 5%.

T4: Balanceado comercial adicionado con 6,0 ml del promotor de crecimiento natural con encapsulante almidón al 5%.

5.8 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

$H_0: \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$. Los tratamientos aplicados no presentarán diferencias significativas con respecto a la media en las variables a evaluar.

$H_1: \mu_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$. Por lo menos uno de los tratamientos que serán aplicados, presentará un efecto medio diferente en las variables a evaluar.

5.9 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizado, (Figura 3) conformado por 16 unidades experimentales, distribuidas en cuatro bloques y cuatro tratamientos, donde los bloques son grupos de jaulas de 2,0 m largo por 2,0 m de ancho y 2,0 m de profundidad, representado por el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\alpha\beta_{ij}) + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$$i = 1, \dots, 4$$

$$j = 1, \dots, 4$$

$$k = 1, \dots, 4$$

- Y_{ijk} = respuesta de la s -ésima muestra, que recibe el i -ésimo tratamiento dentro del j -ésimo bloque.
 μ = media poblacional
 τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento
 β_j = efecto de el j -ésimo bloque
 ξ = error experimental asociado a la k -ésima unidad experimental sometida al i -ésimo tratamiento, en el j -ésimo bloque.

Figura 3. Diseño de bloques completamente aleatorio

	B1 ↓	B2 ↓	B3 ↓	B4 ↓
	T3	T4	T2	T1
	T1	T1	T4	T3
	T4	T2	T3	T4
	T2	T3	T1	T2

Con el software estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1, se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y en aquellas variables que registraron diferencias estadísticas, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tuckey al 95% de confiabilidad con el propósito de establecer el mejor tratamiento con respecto a peso, talla y conversión alimenticia. El análisis estadístico de mortalidad se realizó con la prueba de Brand Snedecor por ser una variable binominal discreta.

5.10 VARIABLES EVALUADAS

5.10.1 Tasa de Supervivencia (%S). Corresponde al porcentaje de animales que sobreviven al final del periodo experimental.

$$\%S = \left(\frac{NF}{NI} \right) \times 100$$

Donde:

S%: Porcentaje de supervivencia

NF: Número total de animales supervivientes al final del periodo de estudio

NI: Número inicial de animales en el periodo de estudio

Para determinar las diferencias estadísticas significativas con relación a esta variable se utilizó la prueba de Brand Snedecor. Esta variable binominal discreta, se calcula con la fórmula:

$$X^2_c = \frac{[\sum ai * pi] - [p * \sum ai]}{pq}$$

$X^2_c \geq X^2(1 - \alpha)$ Existen diferencias estadísticas significativas.

Donde:

X^2_c : Chi cuadrado

ai: Número de éxitos

p: Número de probabilidad de éxitos en una sola prueba

pi: probabilidad asociado al i-ésimo elemento

q: 1 - p

Ho: $\mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$. Los tratamientos aplicados no presentarán diferencias significativas con respecto a la media en la variable tasa de supervivencia.

H1: $\mu_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$. Por lo menos uno de los tratamientos presentará un efecto medio diferente en la variable tasa de supervivencia.

5.10.2 Incremento periódico de peso (IP). Se define como la ganancia de peso de la población en un periodo determinado de tiempo, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IP = (W_f - W_i)$$

Donde:

IP: Incremento de peso
 W_f: Peso final
 W_i: Peso inicial

5.10.3 Conversión alimenticia aparente (c.a.a.). Es la relación entre el alimento suministrado y el incremento de peso obtenido durante la observación experimental.

$$Caa = \frac{\text{unidades de alimento suministrado}}{\text{unidades de peso producido}}$$

5.10.4 Tasa de crecimiento simple (TCS). Es el incremento de peso expresado en porcentaje, ganado por un individuo durante un tiempo de observación.

$$TCS(\%) = \left(\frac{[\ln(W_f) - \ln(W_o)]}{t} \right) \times 100$$

Donde:

TCS (%): Porcentaje de crecimiento mensual
 W_f: Peso final
 W_o: Peso inicial
 t: tiempo

5.10.5 Relación beneficio – costo (RB - C). Se implementó, teniendo en cuenta los costos variables, el valor de los alevinos, el costo de alimento artificial consumido, cantidad del prebiótico y almidón incorporados en los distintos tratamientos. Con base en estos se calculó la relación beneficio-costo y la rentabilidad aparente, para determinar el mejor tratamiento desde el punto de vista económico con la fórmula:

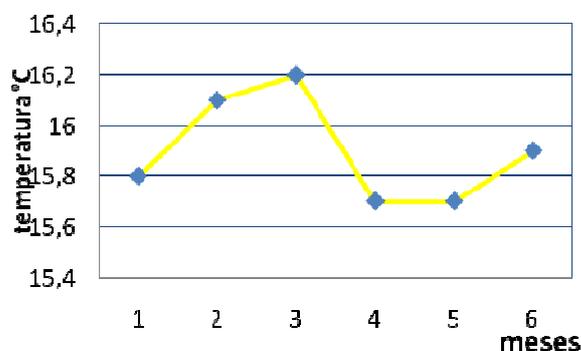
$$B - C = \frac{\text{ingreso bruto}}{\text{costos variables}}$$

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA

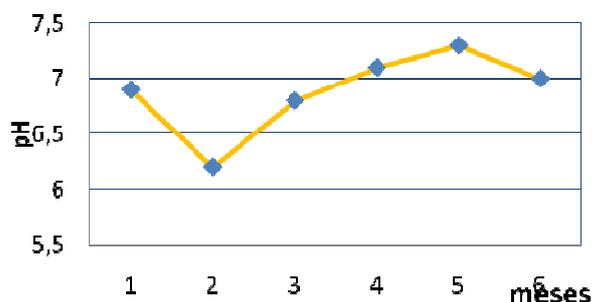
Se determinó temperatura, pH y Oxígeno mediante un equipo Hach de campo, cuyos protocolos se basan en los métodos estándar de análisis de agua⁶⁴. La temperatura promedio registrada en la zona superficial de la estación “Intiyaco”, fue de 15,9°C, una máxima de 16,2°C en época de verano y un valor menor de 15,7°C en época de invierno (Figura 4).

Figura 4. Variaciones de temperatura promedio mensual



El pH promedio en la investigación fue de 6,9, con un mínimo de 6,2 y un máximo de 7,3 (Figura 5), el promedio para oxígeno disuelto fue de 7,1 mg/L con un valor mínimo de 6,9 mg/L y un máximo de 7,2 mg/L (Figura 6).

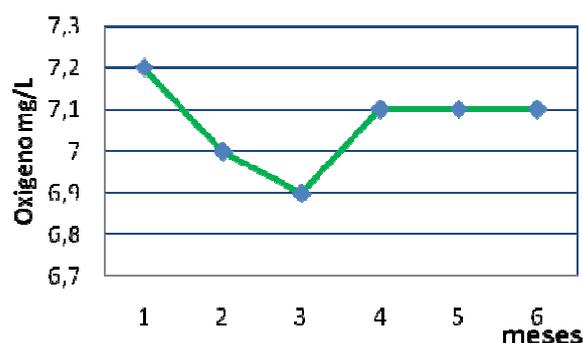
Figura 5. Variaciones de pH promedio mensual



⁶⁴ LÓPEZ, J. Caracterización Sanguínea y Variabilidad Genética de Especies Ícticas de Interés Acuicola del Valle Geográfico del Río Cauca. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Programa de Doctorado en Ciencias – Biología. Santiago de Cali, 2009. p. 534.

La investigación se desarrolló dentro de los rangos óptimos para el cultivo de trucha arcoíris (*O. mykiss*), valores que concuerdan con los definidos por Stevenson⁶⁵ (Anexo C).

Figura 6. Variaciones de Oxígeno disuelto



6.2 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO. Se realizó un análisis bromatológico de las dietas de los tratamientos tres y cuatro, verificando la información del alimento con respecto a los valores máximos y mínimos expuestos en la etiqueta del producto. (Anexos D,E,F,G).

6.3 PESO INICIAL. El peso de siembra para cada población distribuidos aleatoriamente en cada tratamiento experimental, demostró que para el T1, presentó un coeficiente de variación de 4,8%, T2 de 4,3%, T3 de 4,8% y T4 de 4,8%; valores que están por debajo del 10%, determinando así la homogeneidad en el momento de la siembra (Tabla 2). Además, la tabla de ANOVA, estableció que no existieron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0,05$) (Anexo H).

Tabla 2. Peso inicial (g)

Datos	T1	T2	T3	T4
Peso inicial (g)	15,34 ± 0,7	15,30 ± 0,6	15,26 ± 0,7	15,25 ± 0,7
Coefficiente de variación peso inicial (%)	4,8	4,3	4,8	4,8

⁶⁵ STEVENSON, J. Manual de la cría en cautiverio de la trucha arcoíris, Zaragoza, España, Ed. Acribia, 1985. p. 132.

6.4 LONGITUD INICIAL. Las tallas iniciales fueron analizadas con el fin de descartar posibles diferencias entre los ejemplares. En la Tabla 3, se registra la longitud promedio al inicio del periodo de estudio. La población de cada tratamiento experimental, establece una media de $11,03 \pm 0,17$ cm con un coeficiente de variación de 1,56%, lo cual señala una distribución homogénea con respecto a esta variable. Igualmente, el análisis de varianza no reportó diferencias significativas ($p \geq 0,05$) que generen fuentes de variación (Anexo I).

Tabla 3. Longitud inicial (cm)

Datos	T1	T2	T3	T4
Longitud inicial (g)	$11,04 \pm 0,1$	$11,03 \pm 0,1$	$11,02 \pm 0,1$	$11,02 \pm 0,1$
Coeficiente de variación longitud inicial (%)	1,6	1,4	1,5	1,5

6.5 VARIABLES EVALUADAS

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

6.5.1 Consumo aparente de alimento. El consumo total de alimento se calculó con base en el suministro diario, en tasas que variaron del 8% a 4% y los datos promedios quincenales para los tratamientos fueron de: T1 50,3 kg, T2 49,9 kg, T3 50,3 kg y T4 50,3 kg (Tabla 4).

Tabla 4. Consumo total de alimento en Kg y etapa de manejo

Fase	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Etapa	Balanceado comercial Kg	B.C. + Almidón 5% Kg	B.C.+ 2,5 ml prebiótico + Almidón 5% (Kg)	B.C.+ 6,0 ml prebiótico + Almidón 5% (Kg)
Alevinaje	80	80	88	88
Levante	136	144	146	148
Ceba	142	136	211	206

El análisis de varianza ($p \leq 0,05$), establece que existen diferencias estadísticas significativas (Anexo J). La prueba de comparación múltiple de Tuckey y con un 95% de confianza (Anexo K), demuestra que los tratamientos tres y cuatro, reportaron mayor consumo de alimento, esto se debe a que los prebióticos actúan

sobre la flora nativa estimulando el desdoblamiento de las proteínas⁶⁶. La versión anterior concuerda con las investigaciones de Gatlin et al⁶⁷, quienes demostraron en condiciones de laboratorio, mayor digestión de la materia orgánica versus una dieta control. Así mismo Tayo⁶⁸, halló diferencias al incluir prebióticos en el alimento y evaluar el efecto de promotor de crecimiento en postlarvas de camarón.

Según Crampton et al⁶⁹, “al alimento es mejor distribuirlo en todo el espejo de agua para estimular su consumo y evitar el desperdicio, de esta forma se homogeniza el crecimiento de los peces. El mismo autor sugiere, que alimentar múltiples veces al día, aumenta la ingesta y optimiza la conversión eficiente”. Igualmente López et al.⁷⁰, afirman “que el control riguroso en la distribución de acuerdo a talla, peso de los ejemplares y características fisicoquímicas del agua, influyen en esta variable”. Para López⁷¹, Coral & Zambrano⁷², la utilización de inmunoestimulantes en la alimentación de trucha arcoíris, no afectaron el consumo de alimento promedio.

6.5.2 Incremento periódico de peso. Los incrementos de peso quincenal por tratamiento se reportan en la tabla 5, el análisis de varianza ($p \leq 0,05$) indicó que existen diferencias estadísticas significativas entre ellos para esta variable (Anexo L).

⁶⁶MOLINA, A. Efecto de bacterias con potencial probiótico y sustancias prebióticas en el crecimiento y supervivencia de tilapia *Oreochromis niloticus* (linneaus 1758), cultivada en el laboratorio. Guasave Sinaloa, Trabajo de Grado para Optar el Título de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional. 2007. p. 78.

⁶⁷GATLIN, D.; WANG, G.; BURR, F. Potencial Application of Prebiotics in Aquaculture. Journal of Aquatic Animal Health 2009. p. 6.

⁶⁸TAYO, C. Comprobación de un Promotor de Crecimiento en Post-lavas de Camarón. Investigación y Desarrollo de Productos, ENACA, Guayaquil – Ecuador, 2007. p. 16.

⁶⁹CRAMPTON, V.; KREIBERG, H.; POWELL, J. Control en la Alimentación de Salmónidos. Congreso Internacional de Acuicultura, Vancouver, B.C. 1990. p. 108.

⁷⁰LÓPEZ, J. et al. Op cit., 2005. p. 75.

⁷¹LÓPEZ, J. et al. Op. cit., 2005. p. 75.

⁷²CORAL, I. & ZAMBRANO, A. Evaluación Comparativa del Efecto de un Probiótico Comercial y un Inmunoestimulante en la Fase de Levante Intensiva de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), en Jaulas Flotantes. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2006, p. 55.

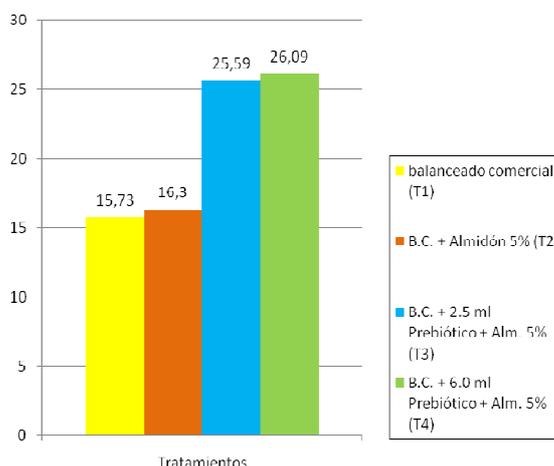
Tabla 5. Incrementos de peso promedio por muestreo (g)

Tratamientos	Peso Final	Peso Inicial	Incremento de peso	Incremento de peso por muestreo
T1	141,25	15,34	125,91	15,73
T2	145,75	15,30	130,45	16,30
T3	220	15,26	204,74	25,59
T4	224	15,25	208,75	26,09

Los mejores incrementos de peso promedio por muestreo, fueron para los tratamientos T4 y T3, los dos tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí, T4 con 26,09 g es decir 72,4% superior en comparación con el testigo, y el T3 con 25,59 g (69,1%); T2 16,30 g (7,7%) y T1 15,73 g (Figura 7). Los anteriores valores son diferentes estadísticamente ($P \leq 0,05$) al realizar la prueba de Tuckey comparados con los tratamientos T1 y T2. Los valores obtenidos, permiten excelentes rendimientos en sistemas de producción intensiva para trucha arcoíris siendo representativos en biomasa total. Los tratamientos T1 y T2, no presentaron diferencias significativas, concluyendo que el almidón de yuca al 5% no afectó en la investigación. Igualmente al efectuar el test normalidad y homocedasticidad no se encuentra significancia entre bloques lo cual no influyo en esta variable⁷³, por lo tanto, fue necesario realizar la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis, esta prueba demuestra resultados iguales entre los tratamientos lo cual da un aval para realizar el análisis de varianza (Anexo M).

⁷³ MELO, O.; LÓPEZ, L.; MELO, S. Diseño de bloques (métodos y aplicaciones). Universidad Nacional de Colombia. Editorial S.A. Pro – Offeset. Bogotá. 2007. P. 304 - 305

Figura 7. Incremento promedio de peso final (g) por muestreo



Los datos de muestreos, son similares a los logrados por el grupo de investigación Mathiensen⁷⁴, quienes trabajaron con el prebiótico comercial a base de extractos de plantas, objeto de esta investigación, evaluaron el efecto del promotor de crecimiento en alevinos de trucha arcoíris. Al mismo tiempo se compara la formulación en estudio con una dieta comercial mejorando las variables productivas. Igualmente Agrovvet⁷⁵, registró mayores ganancias de peso en el cultivo de salmón (*Salmo salar*), recomendando las dosis estándar de 2,5 y 6,0 ml/kg de alimento. Tayo⁷⁶, indicó que los extractos de plantas, promueven el incremento de peso en alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*). Por otra parte Salazar⁷⁷, demostró que el uso del prebiótico, ayuda en los procesos digestivos, favoreciendo el peso y salud de los ejemplares, deducciones realizadas en investigaciones de peces marinos como la corvina (*Cilus gilberto*), finalmente y bajo resultados estadísticos, determinaron que existen diferencias en las medias poblacionales analizadas a favor del promotor de crecimiento.

⁷⁴ MATHIENSEN. Determinación de la eficacia productiva y seguridad de una formulación de un prebiótico tipo natural en alevinos de trucha arcoíris, Investigación y Desarrollo de Productos, 2005, Quillaipe, Chile. P. 25.

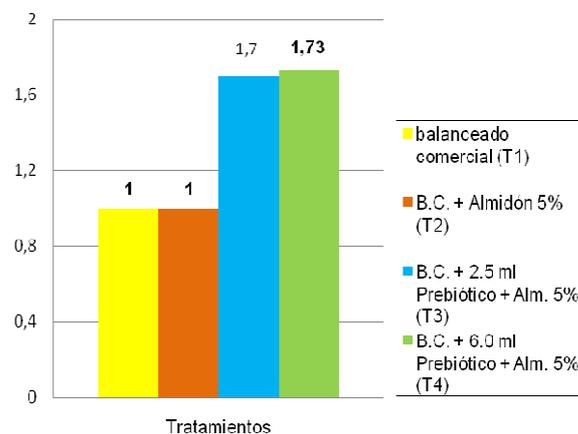
⁷⁵ AGROVET LTDA. Comprobación del efecto como promotor de crecimiento en alevinos de salmón (*Salmo salar*), 2005 – 2006 p.13.

⁷⁶ TAYO, C. Ensayos experimentales de comprobación de propiedades en alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*). Investigación y Desarrollo de Productos, ENACA, Guayaquil – Ecuador, 2006, p. 20.

⁷⁷ SALAZAR, A. Estimación del Efecto de un Promotor de Crecimiento Utilizado en Juveniles de Corvina (*Cilus Gilberto*), Investigación y Desarrollo de Productos, Fundación Chile y Bioexótica, 2006, p. 35.

Los valores promedios por muestreo que se obtuvieron, demuestran una ganancia de peso en el tratamiento cuatro con 1,73 g/día, siendo un 73% superior al tratamiento testigo, y el T3 con 1,70 g/día, correspondiente al 70% superior al T1 (figura 8) los tratamientos T3 y T4 no presentan diferencias significativas entre sí. Valores análogos conseguidos por Paredes & Montenegro⁷⁸, quienes después de evaluar un promotor de crecimiento tipo natural en alevinos de trucha arcoíris reportaron mayores ganancias de peso entre 1,3 g/día y 1,5 g/día. Así mismo, estos resultados son similares a los obtenidos por López⁷⁹, Coral & Zambrano⁸⁰, al incluir inmunoestimulantes en la alimentación de trucha arcoíris, indicando mejores resultados en cuanto a esta variable al comparar con un tratamiento testigo. Del mismo modo Palacios⁸¹, en el uso de estimulantes de crecimiento tipo probiótico y prebiótico obtuvo óptimos incrementos de peso con respecto al tratamiento control en el levante y ceba del sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*).

Figura 8. Incremento de peso promedio (g/día)



De acuerdo a la investigación, se pudo analizar que el mejor incremento de peso para los tratamientos en general se encuentra a partir de los 60 días de cultivo López⁸², afirma que, “el incremento de peso de los organismos hidrobiológicos en cautiverio, inicia cuando los procesos anabólicos exceden a los procesos

⁷⁸ PAREDES, A. & MONTENEGRO, J. Evaluación de Promotor de Crecimiento en el Cultivo de Trucha arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*), fase alevinaje, Estación Experimental Guairapungo – Nariño Colombia (Lago Guamuez). Investigación. 2007, 35 p.

⁷⁹ LÓPEZ, J. et al. Op. cit., 2005. p. 75.

⁸⁰ CORAL, I. & ZAMBRANO, A. Op cit., p. 55.

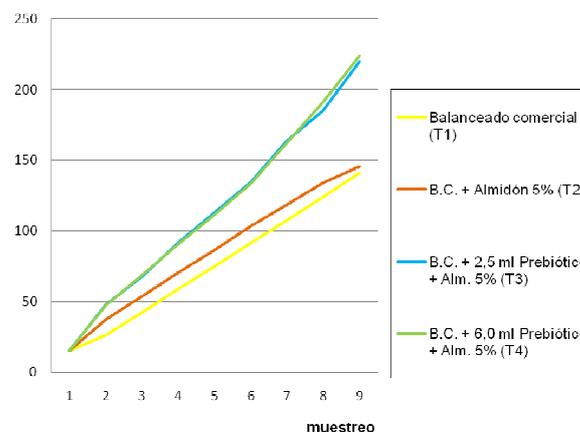
⁸¹ PALACIOS, P. Op cit. 2007 p. 46.

⁸² LÓPEZ, J. et al. Op. cit., 2005. p. 75.

catabólicos y a la restauración, remodelación y mantenimiento de los tejidos, además de la eficiencia de nitrógeno y acumulación de nuevos tejidos relacionados con la calidad y consumo del alimento”.

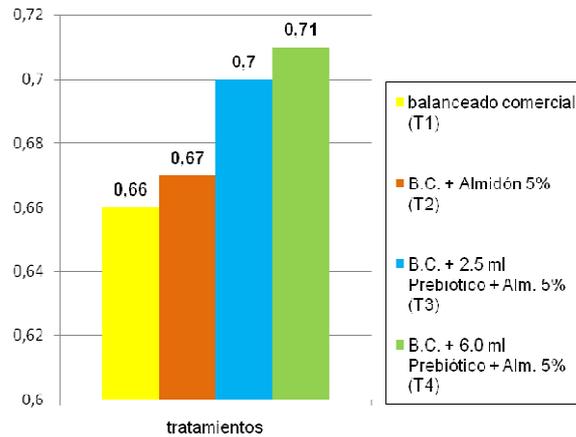
Al analizar, los incrementos de peso para los diferentes tratamientos indican que los mejores comportamientos productivos se presentaron en los tratamientos T3 y T4 (Figura 9).

Figura 9. Incremento de peso periódico (g)



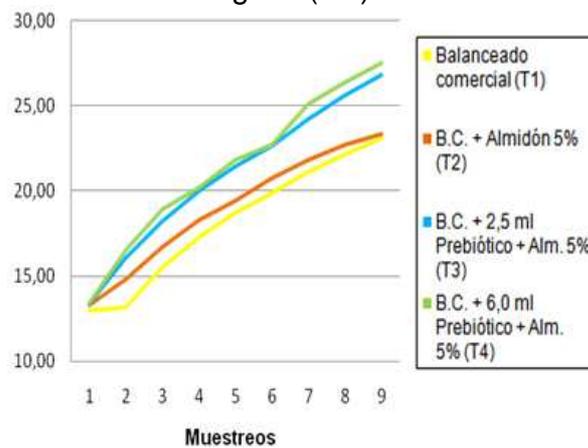
6.5.3 Incrementos de longitud. Según el análisis estadístico ($p \leq 0,05$) (Anexo N), al terminar la investigación se observan diferencias entre los tratamientos. La prueba de comparación múltiple de Tuckey con el 95% de confianza (Anexo Ñ), confirma que los tratamientos cuatro y tres, son superiores en un 20% con respecto al tratamiento uno y dos (Figura 10). Sin embargo, no se encontró variaciones para los tratamientos uno y dos. Cabe señalar que al efectuar el test normalidad y homocedasticidad la distribución de los bloques no alteró la investigación.

Figura 10. Incremento de longitud total promedio quincenal (cm)



En la figura 11, se indica el comportamiento durante las fases de precría, levante y ceba los resultados permiten demostrar la relación entre el aumento de peso y el incremento de longitud para los cuatro tratamientos.

Figura 11. Incrementos periódicos de longitud (cm)



Resultados similares obtenidos por Tayo⁸³, evaluando la eficacia del prebiótico comercial a base de extractos vegetales, demuestran que encontró los mejores incrementos de peso y longitud en la alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*) con este tratamiento.

⁸³ TAYO. Op Cit. 2006. p. 8.

6.5.4 Conversión Alimenticia Aparente. La Conversión Alimenticia Aparente durante el periodo de estudio fue de 1,5 en el T1 y T2 y 1,1 T3 y T4 (Tabla 6). El análisis de varianza determinó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) (Anexo O), de tal manera, que los tratamientos tres y cuatro presentaron los mejores índices de conversión alimenticia aparente debido a los mayores incrementos de peso por muestreo⁸⁴ (Figura 12) (Anexo P).

Tabla 6. Valores promedio de suministro de alimento y conversión alimenticia aparente por muestreo

Tratamientos	Alimento suministrado (kg)	Conversión alimenticia
T1	50,3	1,5
T2	49,9	1,5
T3	50,3	1,1
T4	50,3	1,1

Los resultados obtenidos en esta investigación, demuestran que se puede reducir el periodo de tiempo en el cultivo en cinco meses, esto se ve beneficiado por el continuo suministro del prebiótico en el balanceado comercial, ya que estas sustancias vegetales, ejercen una acción simbiótica entre bacterias benéficas y prebióticos permitiendo mejorar la eficiencia alimentaria hasta alcanzar una óptima conversión alimenticia⁸⁵. Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Guevara⁸⁶, que al incluir prebióticos en dietas alimenticias de tilapia roja (*Oreochromis sp*), observó valores menores con respecto a esta variable, concluyendo que estas cepas de microorganismos estimulan el consumo de alimento y registran los mejores índices de conversión alimenticia. Simultáneamente Agrovét⁸⁷, reportó que el prebiótico comercial tipo natural demuestra la eficiencia en esta variable, además valores mayores en los grupos control. Por lo tanto Tayo⁸⁸, determinó que estas sustancias, “mejoran la palatabilidad del alimento y actúan de manera positiva en la flora intestinal”. Lo

⁸⁴ LÓPEZ., J. Op cit. 1997. p. 211.

⁸⁵ MORALES, G. & QUIRÓS, R. Desempeño productivo de la Trucha arcoíris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación. Área de Sistemas de Producción Acuática, Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 2006. p.119.

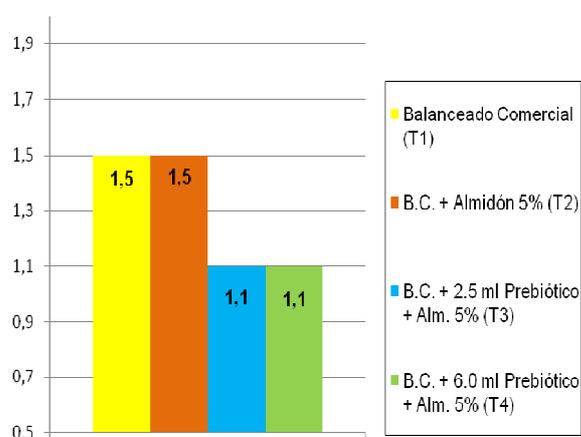
⁸⁶ GUEVARA, J. & MATEUS, R. Evaluación de la utilización de prebióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis sp*). Trabajo de grado (Zootecnista). Bogotá. Universidad de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. 2001. p. 80

⁸⁷ AGROVET, Op cit. p. 11.

⁸⁸ TAYO, Op cit. 2006. p. 9.

anterior permite corroborar el estudio realizado por López⁸⁹, al incluir inmunoestimulantes en la dieta de trucha arcoíris, estimulando la proliferación y adherencia intestinal de las bacterias benéficas, permitiendo la absorción y utilización de los diferentes componentes nutricionales de las dietas⁹⁰. Según López⁹¹, las conversiones alimenticias aparentes obtenidas en esta investigación son menores comparadas con otros productores de la zona, quienes obtienen conversiones entre 1,7 y 2,0.

Figura 12. Conversión alimenticia aparente



Estos resultados difieren a los obtenidos por Narváez et al⁹², al evaluar un antibiótico (Oxitetraciclina), como promotor de crecimiento, quienes no encontraron diferencias significativas para esta variable concluyendo que el comportamiento productivo sería similar con o sin el uso de antibióticos en la ración diaria.

6.5.5 Tasa de crecimiento específica. Los valores reportados en porcentaje determinan el crecimiento que obtuvieron los animales durante toda la investigación (Tabla 7).

⁸⁹ LÓPEZ, Op cit. 2005. p. 73.

⁹⁰ PERALTA, F. Estudio de Efecto in Vitro Sobre la Dinámica de Crecimiento de Microorganismos. Concepto Azul. 2001. Guayaquil, Ecuador. p. 36.

⁹¹ LÓPEZ, J. Comunicación personal, Junio 9 de 2010, Universidad de Nariño. Sede Torobajo

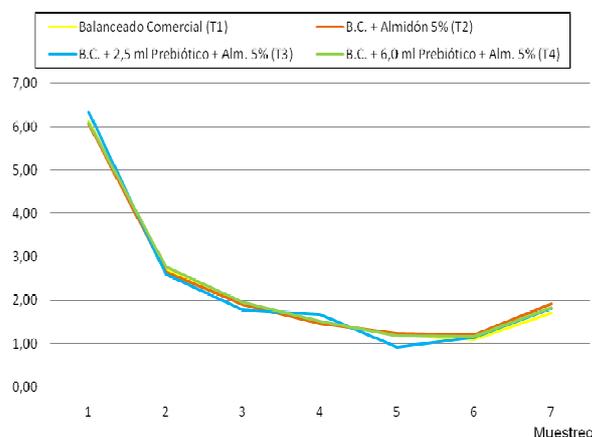
⁹² NARVAEZ, F. et al. Evaluación de un Promotor de Crecimiento, (*Oxitetraciclina*) en la fase de levante de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). Centro Experimental Amazónico – CEA, Putumayo – Mocoa. 2000 p. 32.

Tabla 7. Tasa crecimiento específico por tratamiento.

Tratamiento	Tasa de crecimiento específico (%)
T1	2,32
T2	2,34
T3	2,33
T4	2,36

Para esta variable no se presentó diferencias significativas ($p \geq 0,05$) (Anexo Q), cabe registrar que la distribución de los bloques para cada tratamiento no alteró la investigación (figura 13), lo anterior se explica porque animales juveniles son más eficientes y aprovechan mejor la absorción de nutrientes para el proceso de renovación de tejidos y crecimiento, mientras que en la fase de ceba la energía requerida del alimento se utiliza para la formación de células sexuales⁹³. De igual manera Hepher⁹⁴, comprobó que los ejemplares de menor tamaño utilizan el alimento más eficientemente en procesos de crecimiento, lo cual es inversamente proporcional a medida que estos van creciendo.

Figura 13. Tasa de crecimiento específica por muestreo



⁹³ LÓPEZ, J. Op cit. 1997. p. 211.

⁹⁴ HEPHER, B. Nutrición de peces comerciales en estanques. México. Editorial Limusa, 1993. p. 197.

Castillo & Toro⁹⁵, evaluaron el efecto de acción de un prebiótico - probiótico, al ser incorporados en el balanceado comercial, registraron mejores tasas de crecimiento y rentabilidad en alevinos de tilapia roja (*Oreochromis ssp*).

6.5.6 Tasa Supervivencia. La prueba estadística de Brand Snedecor (Anexo R), señala que no existieron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) aceptando la hipótesis nula con respecto a esta variable, en la tabla 8, se resume los animales al inicio, final, número de ejemplares muertos, tasa de mortalidad y supervivencia. Las mortalidades registradas se presentaron por la manipulación de los ejemplares al momento de realizar los muestreos ocasionando de alguna manera estrés (Figura 14), igualmente la distribución aleatoria de los bloques de cada tratamiento no alteró la investigación.

Tabla 8. Porcentaje de supervivencia y mortalidad de los tratamientos

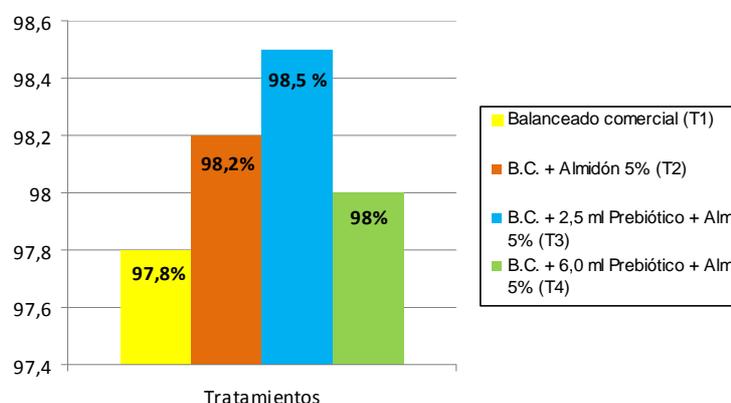
	T1	T2	T3	T4
Nº animales iniciales	2000	2000	2000	2000
Nº animales finales	1956	1965	1970	1961
Nº peces muertos	44	35	30	39
% Mortalidad	2,2	1,8	1,50	2,0
% Supervivencia	97,8	98,2	98,5	98,0

Silveira et al.⁹⁶, en investigaciones realizadas con especies hidrobiológicas de cultivo, comprobaron la acción terapéutica de diferentes plantas para el control de parásitos y bacterias, estos ensayos se realizaron a partir de extractos elaborados de once plantas de las cuales se determinaron su poder parasiticida y bacteriano.

⁹⁵ CASTILLO, N.; TORO, C. Evaluación Comparativa de un Prebiótico y un Probiótico, en alevinos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*) en Estanque Tipo Invernadero. Tesis de grado para optar con el título de Ingeniero en Producción Acuícola. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto – Colombia 2008. p. 112.

⁹⁶ SILVEIRA, Op. cit., p. 85.

Figura 14. Tasa de sobrevivencia



Así mismo Tayo⁹⁷, comprobó el efecto inmunomodulador del prebiótico comercial a base de extractos vegetales en alevinos de tilapia roja, con pruebas de desafío con bacteria (*Vibrio vulnificus*), en cantidades de 10^4 y 10^8 UFC/ml el vector para esta infección fue el balanceado comercial, ninguna de las dos infecciones bacterianas evidenciaron el efecto de mortalidad esperada.

6.5.7 Análisis parcial de costos. Para la determinación de la relación beneficio costo, se tuvo en cuenta los costos de: alevinos de trucha arcoíris, alimento balanceado, insumos: almidón de yuca, sal marina y prebiótico comercial, mano de obra. Demostrando que los tratamientos T3 y T4 evaluados con prebiótico comercial elaborado a partir de extractos vegetales mas almidón de yuca al 5% como medio encapsulante adicionado al balanceado comercial, presentan la mejor rentabilidad, debido a sus buenos rendimientos productivos reduciendo el periodo de tiempo en la producción en cinco meses, lo que se convierte en una buena alternativa para los productores del Departamento de Nariño para implementar este tipo de producción limpia (Tabla 9).

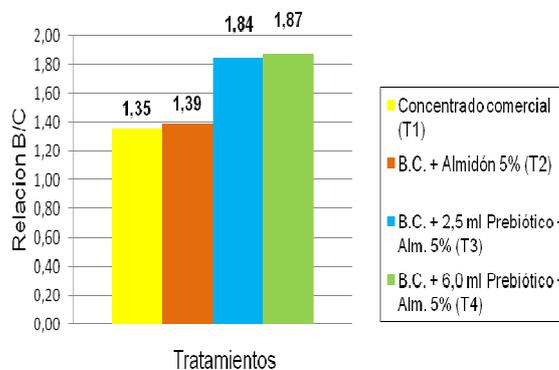
⁹⁷ TAYO, Op cit. 2006. p. 16.

Tabla 9. Análisis parcial de costos por tratamiento

Descripción	T1(\$)	T2(\$)	T3(\$)	T4(\$)
1. Costos variables de producción				
Concentrado comercial fase alevinaje 48%	216.000	216.000	237.600	237.600
Concentrado comercial fase levante 45%	684.620	684.600	870.420	860.640
Prebiótico tipo natural	-----	-----	1812,93	9804,89
Encapsulante almidón de yuca	-----	5.400	6.660	6.630
Alevinos de trucha arcoíris	500.000	500.000	500.000	500.000
Mano de obra	80.000	80.000	80.000	80.000
Total costos variables	1.470.820	1.486.000	1.696.493	1.694.675
2. Ingresos				
Número de animales	1.956	1.965	1.970	1.961
Precio venta/pez	1.017	1.049	1.584	1.613
Ingreso bruto	1.989.252	2.062.071	3.120.480	3.162.701
Ingreso neto	518.432	576.071	1.423.987	1.468.026
Ingreso neto/8m ³	64.804	72.008	177.998	183.503
Rentabilidad (%)	35,25	38,77	83,94	86,63
Relación Beneficio / Costo	1,35	1,39	1,84	1,87

El tratamiento T4 y T3 registraron los mejores resultados en cuanto a relación beneficio costo de 1,87 y una rentabilidad de 86,63% y 1,84 y una rentabilidad de 83,94% respectivamente. La adición del prebiótico tipo natural en el balanceado comercial demuestra mejores incrementos de peso, conversión alimenticia aparente para estos tratamientos (figura 15).

Figura 15. Relación beneficio – costo



El análisis beneficio – costo, establece que el T4 (38,51%) es superior en comparación con el tratamiento testigo, T3 es superior (36,29%) con relación al T1. Lo cual demuestra el efecto positivo del prebiótico evaluado en la rentabilidad de un proyecto acuícola, debido a que permite obtener pesos promedios comerciales de trucha arcoíris para el mercado en un periodo de cinco meses.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Al comparar estadísticamente los bloques, y realizar el Test de Normalidad y homocedasticidad, al inicio del ensayo, no se encuentra significancia entre tratamientos, lo cual indica que la fuente de error está igualmente distribuida.
- Al comparar estadísticamente los bloques, y realizar el Test de Normalidad y homocedasticidad, al final del ensayo, se establece significancia entre tratamientos, demostrando que los mejores tratamientos fueron el T4 y T3 (Balanceado comercial adicionado con 6,0 y 2,5 ml del promotor de crecimiento natural con encapsulante de almidón al 5% respectivamente).
- Se detecta estadísticamente, mejores ganancias de peso de los tratamientos T4 con 224 g, y el T3 con 220 g, comparados los tratamientos T1 con 141,25 g y T2 con 145,75 g.
- La Conversión Alimenticia Aparente durante el periodo de estudio es de 1,5 en el T1 y T2 y 1,1 en los tratamientos 3 y 4, debido a los mayores incrementos de peso por muestreo; de tal manera el T4 es superior al T1 en 36,4%
- La longitud promedio quincenal del T4 y T3 al final del ensayo es superior al T1 en 7,5%
- El análisis beneficio – costo, establece que el T4 es superior en 38,51% y rentabilidad en 145,75% en comparación con el T1, lo cual demuestra el efecto positivo del prebiótico evaluado en la rentabilidad de un proyecto acuícola.
- La investigación determina que se puede reducir el tiempo comercial de cultivo en cinco meses y mejorar la sobrevivencia en las explotaciones de trucha arcoiris (*O. mikyss*) adicionando sustancias prebióticas tipo natural al balanceado comercial.
- Los parámetros fisicoquímicos de temperatura, pH y oxígeno disuelto se mantuvieron dentro de los rangos recomendados en truchicultura.

7.2 RECOMENDACIONES

- Evaluar el prebiótico preparado a base de extractos naturales en otras especies ícticas de aguas medias y cálidas.
- Analizar (*in vitro*) el prebiótico preparado a base de extractos naturales bajo condiciones de laboratorio con el fin de establecer su efecto en los microorganismos de la flora intestinal.
- Realizar estudios de digestibilidad aparente en alimentos artificiales de peces, adicionados con prebióticos, elaborados a base de extractos naturales en dosis de 2,5 y 6,0 ml y su impacto en las variables productivas.
- Efectuar investigaciones de la incidencia de los prebióticos en las cadenas tróficas de un cuerpo de agua, en comparación con los antibióticos utilizados como promotores de crecimiento.

8. BIBLIOGRAFÍA

AGROVET LTDA. Comprobación del efecto como promotor de crecimiento en alevines de salmón (*Salmo salar*), 2005 – 2006 p.13.

BALICK, M. & GERSHOFF, N. Nutritional evaluation of the *Jessenia bataua* palm: source of high quality protein and oil from Tropical America. Economic Botany Vol. 35, 1981. p. 261-271.

BEZARD, D. Certificación en Productos de acuicultura. Ecuador, Quito, 2001. Disponible en Internet: URL: <http://www.rlc.fao.org/Foro/alimentos/bezard.pdf>

BIOCOMERCIO SOSTENIBLE. Módulos de Inteligencia de Mercados. Bogotá, Colombia, Alexander Von Humboldt, 2002. p 18. Disponible en Internet URL: www.coama.org.co/proyectos/aceites.htm

CASAS, G. Pro-nutrientes: alternativa a los antibióticos. Gemma- Biovet S.A. Disponible en Internet: <http://www.engormix.com>. Citado el 23 de agosto del 2006. p. 1.

CRUZ, E. y MENDOZA R. Principios de Nutrición. Madrid, España. 2000. Disponible en Internet, URL:<http://www.principiosnutricion.com.ar>.

BIOEXÓTICA. Información técnica del producto. Quito, Ecuador, 2007. Disponible en internet. URL: http://www.bioexotica.com/pages/02_01_peces.html.

BUREAU D. The partitioning of energy from digestible carbohydrates by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). PhD. Thesis, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada. 1997, p 170.

CAGIGAS, L.; BLANCO, J. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. 2002. Journal Aliment Nutr. Disponible en internet. URL: http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol16_1_02/ali10102.htm

CASTILLO, N.; TORO, C. Evaluación Comparativa de un Prebiótico y un Probiótico, en Alevinos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*) en Estanque Tipo Invernadero. Tesis de grado para optar con el título de Ingeniero en Producción Acuícola. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto – Colombia 2008. p. 112.

CORAL, I. & ZAMBRANO, A. Evaluación Comparativa del Efecto de un Probiótico Comercial y un Inmunoestimulante en la Fase de Levante Intensiva de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), en Jaulas Flotantes. Universidad de Nariño.

Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2006, p. 55.

CHARLES, R. & MARILENE, L. Padronização de medidas de crescimento e produção em experimento com pupunheiras para palmito. Sao Pablo, Brasil. 2001. p. 56.

CRAMPTON, V.; KREIBERG, H.; POWELL, J. Control en la Alimentación de Salmónidos. Congreso Internacional de Acuicultura, Vancouver, B.C. 1990. p. 108.

DEWICK, 2000. Componentes Activos de las Solanáceas, Universidad Complutense de España, Departamento de Ciencias Médicas y Farmacología, 336pp, 78-93. Edición Rojas (en línea). Consultado 25 de agosto de 2009. Disponible en: www.ucm.es/

DÍAZ, J. & ÁVILA, M. Sondeo del mercado mundial de Aceite de Seje (*Oenocarpus bataua*). Biocomercio Sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogota. Colombia. 2002, p. 18.

DONZELE, J.; ALVERANGA, J.; PEREIRA, J.; LOPES, D. & DA SILVA, D. Valor energético do caldo do cana de açúcar (*Saccharum spp*) para suínos na fase de terminação. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1986. Vol. 15: p. 311-313

ENGLER, H. Alimentos Funcionales en el Mundo Actual, Editorial Melendez, Caracas- Venezuela. 2007, p. 190.

FIGUEROA, V. Producción porcina con cultivos tropicales y reciclaje de nutrientes. CIPAV. Cali, Colombia. 1996, p. 132.

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

GATLIN, D.; WANG, G.; BURR, F. Potencial Application of Prebiotics in Aquaculture. Journal of Aquatic Animal Health 2009. p. 6.

GOBERNACION DE NARIÑO. Municipios. Pasto – Nariño. San Juan de Pasto Enero 2008. Disponible en Internet: <http://www.gobernar.gov.co>

GUEVARA, J. & MATEUS, R. Evaluación de la utilización de prebióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis sp*). Trabajo de

grado (Zootecnista). Bogotá. Universidad de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. 2001. p. 80

HALVER, J. The vitamins. Fish nutrition. Edited by John E. Halver. Academic Press Inc. New York, 1988, p. 798.

_____. Proteins and aminoacids. Fish feed technology. United Nations Development programme. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 1980, p. 395.

HARRIS, L. Feedstuffs. Fish feed Technology. United Nations Development programme. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome, 1980, p. 395.

HAZEL, J. Lipids, Academic Press Inc. New York, 2002, p. 516.

HEPHER, B. Nutrición de peces comerciales en estanques. México. Editorial Limusa, 1993. p. 197.

HERMES, P. et al. Triploidía en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*): posibilidades en Colombia Corporación Biogénesis. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín, 2003, p.8.

JIMÉNEZ, H. Anatomía del sistema de ecología basada en zonas de vida de L. R. Holdridge. San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical. 2003. p. 32.

KAJITA, Y.; M. SAKAI, S.; ATSUTA & KOBAYASHI, M. The immunomodulatory effects of levamisole on rainbow trout *O. mykiss*. Fish Pathol. 1990, p. 98

LOPEZ, J. ; IMUEZ, M.; BURGOS, A.; RODRIGUEZ, J.; MENA, P. & TORRES, C. Evaluación de inmunoestimulantes en las fases de levante y ceba de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), cultivada en jaulas flotantes. En el lago Guamuez. Universidad de Nariño. Vicerrectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales. Sistema de Investigaciones. Pasto. Colombia. 2005. p. 75.

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

_____. Caracterización Sanguínea y Variabilidad Genética de Especies Ícticas de Interés Acuícola del Valle Geográfico del Río Cauca. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Programa de Doctorado en Ciencias – Biología. Santiago de Cali, 2009. p. 534.

LÓPEZ, J. & ESPINOSA, S. Revista electrónica. Ingeniería en Producción Acuícola. Universidad de Nariño. 2006.

LÓPEZ, J. & PALACIOS-PALACIOS, J. Evaluación Comparativa de Inmunopotenciadores en el Cultivo del Sábalo (*Brycon melanopterus*). Memorias, IX Simposio Colombiano de Ictiología, I Encuentro colombo-venezolano de Ictiólogos. Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia. 2007. 313 p.

LOVELL, T. Diet and Fish husbandry. Halver, J.E. (Ed.) Fish nutrition, Academic Press, New York. 1989, p. 798.

_____. Fattiness in cultured fish. En: Aquaculture Magazine, Vol. 4, No. 9, 1983, p. 45.

LUGO, M. Certificación y Proceso de Evaluación en Biofertilizantes. Concepto Azul. Quito - Ecuador. 2001. p. 62.

MATHIENSEN. Determinación de la eficacia productiva y seguridad de una formulación de un prebiótico tipo natural en alevines de trucha arcoíris, Investigación y Desarrollo de Productos, 2005, Quillaipe, Chile. P. 25.

MERCADO SOSTENIBLES. Módulos de inteligencia en producción. Bogota, Colombia, Alexander Von Humboldt, 2002.p. 37. Disponible en Internet URL: <http://www.abago.com/herbaceos,industries/canaazucar.asp>.

MELO, O.; LÓPEZ, L.; MELO, S. Diseño de bloques (métodos y aplicaciones). Universidad Nacional de Colombia. Editorial Pro – offeset. Bogotá. 2007. P. 304-305

MILLAR, L. AGT Editor, Ictiopalotogía México D.F. 1984, p. 141.

MIRANDA, J.; MONTAÑO, F.; ZENTENO, F.; NINA, H. Mercado de el Majo (*Oenocarpus bataua*): una Alternativa de Biocomercio en Bolivia. TRÓPICO - PNBS - FAN. Ediciones TRÓPICO. La Paz, Bolivia. 2008. p. 100. disponible en Internet http://www.tropico.org/attachments/libro_majo.pdf

MOLINA, A. Efecto de bacterias con potencial probiótico y sustancias prebióticos en el crecimiento y supervivencia de tilapia *Oreochromis niloticus* (linneaus 1758), cultivada en el laboratorio. Guasave Sinaloa, Trabajo de Grado para Optar el Título de Maestría en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional. 2007. p. 78.

MORENO, C. Honduras Desarrollo y evaluación de un chocolate funcional incorporando dos tipos de extracto a dos concentraciones de dulcamara (*Solanum dulcamara L.*) Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria. Grado Académico de Licenciatura. Honduras, 2009, p. 100.

MORALES, G. & QUIRÓS, R. Desempeño productivo de la trucha arcoíris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación. Área de Sistemas de Producción Acuática, Departamento de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. 2006. p.119.

MORAES R. Flora de palmeras de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Carrera de Biología, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 2004, p. 212.

NARVAEZ, F.; RECALDE, A.; CEBALLOS, R.; LÓPEZ, J. Evaluación de un Promotor de Crecimiento, (*Oxitetraciclina*) en la fase de levante de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). Centro Experimental Amazónico – CEA, Putumayo – Mocoa. 2000 p. 32.

OWEN, J.; ALDRON, C. & COWEY, C. Lipids, Academic Press Inc. New York, 2002, p. 528.

PALACIOS, P. Evaluación comparativa de dos estimulantes de crecimiento tipo probiótico y prebiótico en el levante y ceba del Sábalo amazónico (*Brycon melanopterus* COPE, 1872), en el centro experimental amazónico, Mocoa, Putumayo Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2007 p. 46.

PAREDES, A. & MONTENEGO, J. Evaluación de Promotor de Crecimiento en el Cultivo de Trucha Arcoíris (*Onchrorinchus mykiss*), fase alevinaje, Estación Experimental Guairapungo – Nariño Colombia (Lago Guamuez). Investigación. 2007, 35 p.

PERALTA, F. Estudio de Efecto in Vitro Sobre la Dinámica de Crecimiento de Microorganismos. Concepto Azul. 2001. Guayaquil, Ecuador. p. 36.

POSTON, R. Factors affecting dietary requirements and deficiency signs of L-tryptophan in rainbow trout. J. Nutri. 113(2): p. 226-257, 1983.

REBOLLEDO, G. Sistemas de Recirculación para la Acuicultura. Ed. Quebecor World Chile S.A. Santiago de Chile, 2002. p. 746.

ROBERTS, R. Patología de los peces, ediciones mundi prensa University Stirling, Scotland, 1981, p. 41

ROBERTFROID, M.; SLAVIN, J. Oligosacáridos no digestibles. Crit Rev Food Sci Nutr, vol. 40. 2000, p. 62.

RYCROFT, E.; JONES, M.; GIBSON, R. & RASTALL, R. A comparative in vitro evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. Ucrania: The Society for Applied Microbiology, 2001. p. 878. Disponible en internet: <http://www.blackwellsynergy.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-2672.2001.01446>.

SANTOMA, G. Estimuladores de la inmunidad. Avances en nutrición y alimentación animal. España, 2006 Disponible en internet. URL: <http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/98CAPVII.pdf>.

SAKAI, M. Current research status of fish immunostimulants. Aquaculture. 1999, p. 92.

SILVEIRA, R.; NUÑEZ, M.; MARTINEZ, M.; PRIETO, A.; POZO, M. Actividad terapéutica de extractos naturales de origen vegetal para el control de parásitos y bacterias de organismos acuáticos de cultivo. Centro de Investigación pesquera 5ta Ave y 248, Barlovento Santa Fe, Ciudad Habana Cuba. Laboratorio de control de calidad de empresa medicamentos playa Cuba. 2000, p. 8.

STEVENSON, J. Manual de la cría en cautiverio de la trucha arcoíris, Zaragoza, España, Ed. Acribia, 1985. p. 132.

SALAZAR, A. Estimación del Efecto de un Promotor de Crecimiento Utilizado en Juveniles de Corvina (*Cilus Gilberto*), Investigación y Desarrollo de Productos, Fundación Chile y Bioexótica, 2006, p. 35.

TAYO, C. Comprobación de un Promotor de Crecimiento en Post-lavas de Camarón. Investigación y Desarrollo de Productos, ENACA, Guayaquil – Ecuador, 2007. p. 16.

_____. Ensayos experimentales de comprobación de propiedades en alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp*). Investigación y Desarrollo de Productos, ENACA, Guayaquil – Ecuador, 2006, p. 20.

THORNE H, CLARKE G, SKUCE R. The inactivation of herpes simplex virus by some Solanaceae glycoalkaloids. Antiviral Research Vol. 5. 1985, p. 343.

TIMMONS, M.; EBELING, J.; WHEATON, F. Sistemas de Recirculación para la Acuicultura. Quebecor World Chile S.A. Santiago de Chile, 2002, p. 746.

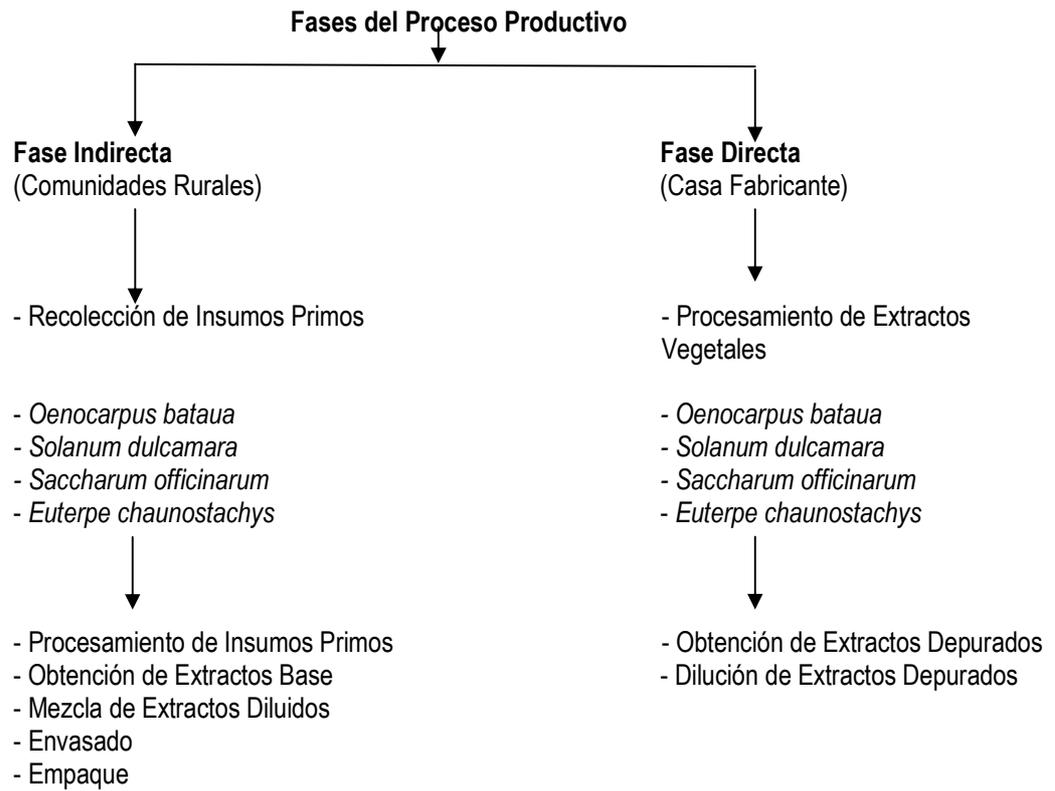
TRIVIÑO, M. Evaluación del B-Glucán de *S. cerevisiae* en camarones *Litopenaeus vannamei* afectados por el síndrome viral de la mancha blanca (WSSV) bajo condiciones de laboratorio en la ensenada de Tumaco. Trabajo de grado. Ingeniería en producción Acuícola. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Tumaco 2001. p. 48.

TROWEL, L. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. En: Revista Cubana Aliment Nutr. Cuba: Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Vol. 16, No. 1 (2002). p. 64.

WILSON, R. Aminoacids and protein Fish Nutrition. Edited by Jhon Halver, Academic Press Inc., New York, 1988. p. 798.

9. ANEXOS

ANEXO A. Fases del proceso productivo del prebiótico natural a base de extractos vegetales.



ANEXO B. Descripción de Tratamientos y distribución aleatoria de las unidades experimentales

Descripción	T1	T2	Bloques	
			T3	T4
Denominación	Balanceado comercial	B.C. + Almidón 5%	B.C. + 2,5 ml prebiótico + Almidón 5%	B.C. + 6,0 ml prebiótico + Almidón 5%
Dimensiones de jaulas (m)	2,0x2,0x2,0	2,0x2,0x2,0	2,0x2,0x2,0	2,0x2,0x2,0
Volumen (m ³)	8	8	8	8
Nº inicial de individuos	2000	2000	2000	2000
Nº final de individuos	1956	1965	1970	1961
Nº de muestreos	8	8	8	8

ANEXO C. Registro de parámetros fisicoquímicos y promedio mensuales por muestreo del agua durante el periodo de investigación

Descripción	Temperatura (°C)	pH	OD (mg/L)
Agosto	15,8	6,9	7,2
Septiembre	16,1	6,2	7,0
Octubre	16,2	6,8	6,9
Noviembre	15,7	7,1	7,1
Diciembre	15,7	7,3	7,1
Febrero	15,9	7,0	7,1
Promedio final investigación	15,9	6,9	7,1

ANEXO D. Análisis bromatológico de balaceado comercial proteína 48% correspondiente al tratamiento testigo fase de manejo alevinaje

Muestra: Balanceado Comercial según la etiqueta 48% de proteína
Procedencia: Trucha 48 S.P.
Análisis: Proximal

Análisis	Base seca (%)
Ceniza máxima	10
Fibra máxima	5
Grasa mínima	6
Humedad máxima	12
Proteína mínima	48

ANEXO E. Análisis bromatológico de balanceado comercial proteína 45% correspondiente al tratamiento testigo, fase de manejo levante y ceba

Muestra: Balanceado Comercial según la etiqueta 45% de proteína

Procedencia: Trucha 45 S.P.

Análisis: Proximal

Análisis	Base seca (%)
Ceniza máxima	12
Fibra máxima	5
Grasa mínima	10
Humedad máxima	12
Proteína mínima	45

ANEXO F. Análisis bromatológico de balanceado comercial 48% de proteína adicionado con 2,5 ml de prebiótico y encapsulado con almidón de yuca al 5% correspondiente al tratamiento tres

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS		Código: LBE-PRS-FR-76	
			Página: 1 de 1	
			Versión: 1	
	REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO BROMATOLOGÍA		Vigente a partir de: 26/04/2010	

DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		Reporte No.	LB-R-042A-10
Solicitante:	Julián Montenegro	Muestra	T 3. Concentrado Trucha alevino-levante	Código lab	257
Dirección:	Cra 4 A No. 20 - 32 B/ Bernal. Pasto	Procedencia	Municipio: Pasto		
cc / nit:	13072084				
Teléfono	3003838348	Fecha de Muestreo	DD 05 MM 05 AA 10		
e-mail	eljulimon@gmail.com	Fecha Recepción Muestra	DD 05 MM 05 AA 10		
		Fecha Reporte	DD 21 MM 04 AA 10		
ANÁLISIS SOLICITADO		Proximal, Energía			

PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	T 3 Concentrado trucha	
					B.P.S.	B.S.
Humedad			g/100g		2,53	
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g		97,47	
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g		8,80	9,03
Extracto etéreo	Extracción Soxhlet	Gravimétrica	g/100g		10,89	11,17
Fibra cruda	Digestión ácida-básica	Gravimétrica	g/100g		1,69	1,74
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	Volumétrica	g/100g		46,87	48,09
Extracto No Nitrogenado	Cálculo		g/100g		29,22	29,98
Fibra Detergente Neutro	Van Soest	Gravimétrica	g/100g			
Fibra Detergente Ácido	Van Soest	Gravimétrica	g/100g			
Lignina	Van Soest	Gravimétrica	g/100g			
Celulosa	Van Soest	Gravimétrica	g/100g			
Hemicelulosa	Van Soest	Gravimétrica	g/100g			
Energía	Bomba calorimétrica	Calorimétrica	Kcal/100g		499	512
Nitrógeno	Kjeldahl	Volumétrica	g/100g			
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	g/100g			
Fósforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	Espectrofotométrica	g/100g			
Magnesio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	g/100g			
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	g/100g			
Azufre	Oxidación húmeda, Turbidimetría	Espectrofotométrica	g/100g			
Cobre	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	mg/Kg			
Manganeso	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	mg/Kg			
Zinc	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	mg/Kg			
Hierro	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	mg/Kg			
OBSERVACIONES	RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA					


 Gloria Sandra Espinosa Narváez
 Téc. Laboratorio Bromatología

ANEXO G. Análisis bromatológico de balanceado comercial 45% de proteína adicionado con 6,0 ml de prebiótico y encapsulado con almidón de yuca al 5% correspondiente al tratamiento cuatro

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS	Código: LBE-PRS-FR-76
	REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO BROMATOLOGÍA	Página: 1 de 1
		Versión: 1
		Vigente a partir de: 26/04/2010

DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		Reporte No.	LB-R-042B-10
Solicitante:	Julián Montenegro	Muestra	T 4. Concentrado Trucha alevino-levante	Código lab	258
Dirección:	Cra 4 A No. 20 - 32 B/ Bernal. Pasto	Procedencia	Municipio: Pasto		
cc / nit:	13072084				
Teléfono	3003838348	Fecha de Muestreo	DD 05 MM 05 AA 10		
e-mail	eljulimon@gmail.com	Fecha Recepción Muestra	DD 05 MM 05 AA 10		
		Fecha Reporte	DD 21 MM 04 AA 10		

ANÁLISIS SOLICITADO	Proximal, Energía
----------------------------	-------------------

PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	T 4 Concentrado trucha	
					B.P.S.	B.S.
Humedad			g/100g		2,82	
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g		97,18	
Ceniza	Incineración mufla	Gravimétrica	g/100g		9,26	9,53
Extracto etéreo	Extracción Soxhlet	Gravimétrica	g/100g		10,21	10,51
Fibra cruda	Digestión ácida-básica	Gravimétrica	g/100g		1,79	1,85
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	Volumétrica	g/100g		43,23	44,48
Extracto No Nitrogenado	Cálculo		g/100g		32,69	33,64
Fibra Detergente Neutro	Van Soest	Gravimétrica	g/100g			
Fibra Detergente Ácido	Van Soest	Gravimétrica	g/100g			
Lignina	Van Soest	Gravimétrica	g/100g			
Celulosa	Van Soest	Gravimétrica	g/100g			
Hemicelulosa	Van Soest	Gravimétrica	g/100g			
Energía	Bomba calorimétrica	Calorimétrica	Kcal/100g		478	492
Nitrógeno	Kjeldahl	Volumétrica	g/100g			
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	g/100g			
Fósforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	Espectrofotométrica	g/100g			
Magnesio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	g/100g			
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	g/100g			
Azufre	Oxidación húmeda, Turbidimetría	Espectrofotométrica	g/100g			
Cobre	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	mg/Kg			
Manganeso	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	mg/Kg			
Zinc	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	mg/Kg			
Hierro	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotométrica	mg/Kg			
OBSERVACIONES	RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA					


 Gloria Sandra Espinosa Narváez
 Téc. Laboratorio Bromatología

ANEXO H. Análisis de varianza de peso inicial (g)

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente -F	P- valor
Entre grupos	0,693632	3	0,231211	0,45	0,7160NS
Residuos	243,499	476	0,511553		
Total (corr.)	244,193	479			

NS = No presenta diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0,05$)

GL = Grados de libertad

P – Valor = Valor de Probabilidad de F.

ANEXO I. Análisis de varianza de longitud total inicial (cm).

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente -F	P- valor
Entre grupos	0,0418542	3	0,0139514	0,47	0,7008 NS
Residuos	14,021	476	0,029456		
Total (corr.)	14,0629	479			

NS = No presenta diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0,05$)

GL = Grados de libertad

P – Valor = Valor de Probabilidad de F.

ANEXO J. Análisis de varianza de consumo de alimento

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente -F	P- valor
Entre grupos	222,258	3	74,0861	13,99	0,0000
Residuos	656,754	124	5,2964		
Total (corr.)	879,012	127			

Presenta diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$)

GL = Grados de libertad

P – Valor = Valor de Probabilidad de F.

ANEXO K. Prueba de comparación múltiple de Tuckey para variable consumo de alimento para tratamientos

Tratamiento	Recuento	Media LS	Grupos homogéneos
1	32	11,2	X
2	32	11,25	X
3	32	13,9063	X
4	32	13,8125	X

Contraste	Diferencias	+/- Limites
T1 - T2	-0,05	1,49573
T1 - T3	* -2,70625	1,49573
T1 - T4	*-2,6125	1,49573
T2 - T3	*-2,65625	1,49573
T2 - T4	*-2,5625	1,49573
T3 - T4	0,09375	1,49573

* indica una diferencia significativa.

ANEXO L. Análisis de varianza de incremento de peso final individual por muestreo.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente F	P- valor
Entre grupos	2358,76	3	786,255	61,79	0,0000
Residuos	8500,01	668	12,7246		
Total (corr.)	10858,8	671			

Presenta diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$)

GL = Grados de libertad

P – Valor = Valor de Probabilidad de F.

ANEXO M. Prueba de comparación múltiple de Tuckey para variable incremento de peso final individual por muestreo para tratamientos.

Tratamiento	Recuento	Media LS	Grupos homogéneos
1	168	5,9953	X
2	168	6,21173	X
3	168	9,74923	X
4	168	9,94071	X

Contraste	Diferencias	+/- Limites
T1 -T2	-0,216429	0,762835
T1 -T3	*-3,75393	0,762835
T1 -T4	*-3,94542	0,762835
T2 -T3	*-3,5375	0,762835
T2 -T4	*-3,72899	0,762835
T3 -T4	-0,191488	0,762835

* indica una diferencia significativa.

ANEXO N. Análisis de varianza de incremento de longitud total individual final (cm) por muestreo.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente -F	P- valor
Entre grupos	5,1107	3	1,70357	14,42	0,0000
Residuos	78,906	668	0,118123		
Total (corr.)	84,0167	671			

Presenta diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$)

GL = Grados de libertad

P – Valor = Valor de Probabilidad de F.

ANEXO Ñ. Prueba de comparación múltiple de Tuckey para la incremento de longitud (cm).

Tratamiento	Recuento	Media LS	Grupos homogéneos
1	168	0,57631	X
2	168	0,58869	X
3	168	0,752679	X
4	168	0,760536	X

Contraste	Diferencias	+/- Limites
T1 - T2	-0,012381	0,0965736
T1 - T3	*-0,176369	0,0965736
T1 - T4	*-0,184226	0,0965736
T2 - T3	*-0,163988	0,0965736
T2 - T4	*-0,171845	0,0965736
T3 - T4	-0,00785714	0,0965736

* indica una diferencia significativa.

ANEXO O. Análisis de varianza para conversión alimenticia aparente.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente -F	P- valor
Entre grupos	1,32344	3	0,441146	6,76	0,0014
Residuos	1,82625	28	0,0652232		
Total (corr.)	3,14969	31			

Presenta diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$)

GL = Grados de libertad

P – Valor = Valor de Probabilidad de F.

ANEXO P. Prueba de comparación múltiple de Tuckey para conversión alimenticia aparente.

Tratamiento	Recuento	Media LS	Grupos homogéneos
1	32	1,5125	X
2	32	1,4875	X
3	32	1,1	X
4	32	1,0875	X

Contraste	Diferencias	+/- Limites
T1 - T2	0,025	0,348715
T1 - T3	*0,4125	0,348715
T1 - T4	*0,425	0,348715
T2 - T3	*0,3875	0,348715
T2 - T4	*0,4	0,348715
T3 - T4	-0,0125	0,348715

* indica una diferencia significativa.

ANEXO Q. Análisis de varianza para tasa de crecimiento específica.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente -F	P- valor
Entre grupos	29,6758	3	9,89194	3,15	0,0244 NS
Residuos	2095,24	668	3,13659		
Total (corr.)	2124,92	671			

NS = No Presenta diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0,05$)

GL = Grados de libertad

P – Valor = Valor de Probabilidad de F.

ANEXO R. Prueba estadística de Brand Snedecor para la variable sobrevivencia

Bloques					
Respuesta	T1	T2	T3	T4	Total
Éxito	1956	1965	1970	1961	7852
Fracaso	44	35	30	39	148
Total	2000	2000	2000	2000	8000
Pi	0,978	0,983	0,985	0,981	0,982
Pi*ai	1912,968	1930,613	1940,450	1922,761	7706,738

$n = 4$
 $n - 1 = 3$
 $\alpha = 0,05$
 $1 - \alpha = 0,95$
 $p = 0,982$
 $q = 0,019$

$$\chi^2_c = \frac{[\sum a_i \cdot p_i] - [p \cdot \sum a_i]}{pq}$$

$\chi^2_c = 2.91$ Decisión = No existen diferencias significativas

$\chi^2_{t(1-\alpha)} = 9,49$