

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE UN PREBIÓTICO Y UN PROBIÓTICO, EN  
ALEVINOS DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp.*) EN ESTANQUE TIPO  
INVERNADERO.**

**NORA TATIANA CASTILLO CASTILLO  
CLARA DEL ROSARIO MAYA TORO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO – COLOMBIA  
2008**

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE UN PREBIÓTICO Y UN PROBIÓTICO, EN  
ALEVINOS DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp.*) EN ESTANQUE TIPO  
INVERNADERO.**

**NORA TATIANA CASTILLO CASTILLO  
CLARA DEL ROSARIO MAYA TORO**

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

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

**Copresidente  
JAIME EDUARDO MAUNA DE LOS REYES  
Biólogo**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO – COLOMBIA  
2008**

“Las ideas y conclusiones aportadas en esta tesis de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

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

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

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

---

**JAIME EDUARDO MAUNA DE LOS REYES**  
Biólogo  
Copresidente de Tesis

---

**GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ**  
Ingeniera en Producción Acuícola  
Jurado Delegado

---

**WILMER RENE SANGUINO ORTÍZ**  
Ingeniero en Producción Acuícola  
Jurado

San Juan de Pasto, Enero del 2008

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos a:

<b>Jorge Nelson López Macías</b>	Director del Departamento de Recursos Hidrobiológicos. Universidad de Nariño. Profesor titular de la Universidad de Nariño.
<b>Jaime Eduardo Mauna de los Reyes</b>	Biólogo. Director Estación Piscícola Timbio. Recursos Hídricos. Corporación Autónoma Regional del Cauca. CRC.
<b>Wilmer Rene Sanguino Ortiz</b>	Ingeniero en producción acuícola. Profesor tiempo completo.
<b>Gloria Sandra Espinosa Narvárez</b>	Ingeniera en producción acuícola. Técnica Química laboratorio de Bromatología. Universidad de Nariño.
<b>Marco Antonio Imuez Figueroa</b>	Profesor tiempo completo. Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.
<b>Luis Alfonso Solarte Portilla</b>	Zootecnista, Secretario Académico Facultad de Ciencias Pecuarias.
<b>Piedad Mejía Santacruz</b>	Secretaria del Departamento de recursos Hidrobiológicos. Universidad de Nariño.
<b>Oscar Mejía Santacruz</b>	Auxiliar del Centro de Documentación Especializada del Departamento de Recursos Hidrobiológicos.

A los Ingenieros Ruth Dayana Lucero Salcedo, Pedro José Palacios Palacios, Camilo Lennin Guerrero Romero, Mario David Delgado, al Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño; el personal que labora en la Estación Piscícola de Timbio y a todas las personas que en una u otra forma apoyaron el desarrollo de esta investigación.

**Dedico a:**

A Dios por que “lo que antes fue, ya es, y lo que ha de ser, fue ya; y Él restaura lo pasado”. *Eclesiastés 3:15.*

Mis padres por su compañía, apoyo, confianza, paciencia y su amor.

Mi hermano por su respaldo, comprensión, por estar siempre a mi lado y por ser mi mejor amigo.

Clara Maya por ser mi amiga a pesar de todo, por su paciencia, comprensión y por los momentos buenos y malos que compartimos juntas.

A todas las personas que influyen en mi vida y hacen que sea más agradable vivirla.

***NORA TATIANA CASTILLO CASTILLO***

**Dedico a:**

Dios por ser la luz que siempre guía mis pasos, demostrándome que “no basta con pasos que un día puedan conducir a la meta, sino que cada paso ha de ser una meta, sin dejar de ser un paso”.

Mis padres Luís Gerardo y María Rosa por el apoyo, confianza, paciencia y porque puedo compartir este triunfo con ellos.

Mis hermanos por el apoyo incondicional, a todos mis familiares y amigos que estuvieron pendientes en la realización de este proyecto.

Tatiana Castillo por su amistad, el tiempo compartido, las experiencias ganadas, el apoyo y su compañía.

“La naturaleza nunca tiene prisa y no le preocupa que nosotros siempre la tengamos. Ella trabaja siempre SIN PAUSA PERO SIN PRISA”.

*DANIEL VAL REGUEIRO*

***CLARA DEL ROSARIO MAYA TORO***

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	22
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
3. OBJETIVOS	25
3.1. OBJETIVO GENERAL	25
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
4. MARCO REFERENCIAL	26
4.1. TILAPIA ROJA <i>Oreochromis spp.</i>	26
4.1.1. Conocimientos generales de la especie	26
4.1.2. Clasificación taxonómica	27
4.2. RESEÑA HISTÓRICA DE LA ESPECIE	27
4.3. ALIMENTACIÓN Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES	28
4.3.1. Proteína	29
4.3.2. Carbohidratos	30
4.3.3. Fibra	30
4.3.4. Lípidos	31
4.3.5. Vitaminas	31
4.3.6. Minerales	32
4.4. FISILOGIA DIGESTIVA DE LOS ORGANISMOS HIDROBIOLÓGICOS DE CULTIVO	32

4.4.1.	Digestión en el estómago	32
4.4.2.	Digestión en el intestino	33
4.5.	PARAMETROS FISICO-QUIMICOS PARA LA ESPECIE	33
4.6.	PREBIÓTICOS	34
4.6.1.	Definición de Prebióticos	35
4.6.2.	Características de los prebióticos	35
4.6.3.	Beneficios de los prebióticos	35
4.6.4.	Mecanismos de acción de los prebióticos	36
4.6.5.	Sustancias que actúan como prebióticos	36
4.6.6.	Empleo de los prebióticos en acuicultura	39
4.7.	PROBIÓTICOS	40
4.7.1.	Definición	40
4.7.2.	Características de probióticos como suplemento alimenticio	41
4.7.3.	Beneficios de los probióticos como suplemento alimenticio	42
4.7.4.	Mecanismos de acción de los probióticos en el huésped	42
4.7.5.	Sustancias que actúan como probióticos	43
4.7.6.	Colonización y adhesión	44
4.7.7.	Empleo de probióticos en acuicultura	44

4.8.	SIMBIÓTICOS	45
4.9.	USO DE INVERNADEROS EN ACUACULTURA	45
4.10.	SISTEMAS DE CULTIVO INTENSIVOS	46
5.	DISEÑO METODOLÓGICO	47
5.1.	LOCALIZACIÓN	47
5.2.	PERIODO DE ESTUDIO	47
5.3.	MATERIAL BIOLÓGICO	48
5.4.	INSTALACIONES Y EQUIPOS	48
5.4.1.	Corrales	48
5.4.2.	Materiales y equipos	49
5.5.	PLAN DE MANEJO	50
5.5.1.	Manejo de estanques	50
5.5.2.	Aclimatación	50
5.5.3.	Parámetros físico-químicos del agua	51
5.5.4.	Muestreos	51
5.5.5.	Profilaxis	52
5.6.	ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN	52
5.6.1.	Alimento	52
5.6.2.	Alimentación	53
5.6.3.	Incorporación de los promotores de crecimiento	53
5.7.	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	54

5.8.	TRATAMIENTOS	54
5.9.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	55
5.10.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	55
5.11.	VARIABLES EVALUADAS	55
5.11.1.	Incremento periódico de peso	55
5.11.2.	Tasa de crecimiento simple	56
5.11.3.	Incremento de longitud	56
5.11.4.	Tasa de mortalidad	56
5.11.5.	Conversión alimenticia aparente	57
5.11.6.	Análisis parcial de costos	57
6.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
6.1.	PARAMETROS FISICO-QUIMICOS DEL AGUA	58
6.2.	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	60
6.3.	VARIABLES EVALUADAS	60
6.3.1.	Consumo aparente de alimento	61
6.3.2.	Incremento periódico peso	62
6.3.3.	Incremento periódico de longitud total	66
6.3.4.	Conversión alimenticia aparente	69
6.3.5.	Tasa de crecimiento específica	71
6.3.6.	Tasa de mortalidad	73
6.3.7.	Análisis parcial de costos	74
6.3.8.	Producción Proyectada por ciclo de tilapia roja ( <i>O. spp.</i> )	76

7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
7.1.	CONCLUSIONES	77
7.2.	RECOMENDACIONES	78
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

### LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Parámetros físico-químicos óptimos del agua para el cultivo de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> ).	34
Tabla 2.	Valores de temperatura, oxígeno disuelto y pH promedio durante el periodo de estudio.	59
Tabla 3.	Análisis bromatológico proximal de los tratamientos.	60
Tabla 4.	Tasa de alimentación y consumo quincenal de alimento promedio de los tratamientos.	61
Tabla 5.	Peso inicial y final de la población para cada tratamiento.	62
Tabla 6.	Incrementos individuales promedios por muestreo de peso y longitud total.	63
Tabla 7.	Incrementos individuales diarios de peso, Incrementos individuales por muestreo e incrementos individuales durante el período experimental.	64
Tabla 8.	Longitud total inicial y final promedio durante el período experimental.	67
Tabla 9.	Incrementos individuales diarios de longitud total, incrementos individuales por muestreo e incrementos individuales durante el periodo experimental.	68
Tabla 10.	Conversión alimenticia aparente promedio por tratamiento durante el período de estudio.	69

Tabla 11. Tasa de crecimiento específica de los tratamientos, durante el período experimental.	71
Tabla 12. Porcentaje de mortalidad de los tratamientos.	73
Tabla 13. Costos parciales de producción por tratamiento de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> ) con y sin estimulantes de crecimiento.	75
Tabla 14. Costos e ingresos de producción durante el periodo experimental.	76
Tabla 15. Costos e ingresos de producción proyectada durante el ciclo.	76

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> )	27
Figura 2. Estación piscícola Pambio.	47
Figura 3. Alevino de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> )	48
Figura 4. Estanque tipo invernadero.	48
Figura 5. División del estanque tipo invernadero en corrales.	49
Figura 6. Distribución de los tratamientos en los corrales.	49
Figura 7. Aclimatación y siembra de alevinos de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> )	51
Figura 8. Medición y pesaje de ejemplares de tilapia roja ( <i>Oreochromis spp.</i> )	51
Figura 9. Labores de profilaxis.	52
Figura 10. Probiótico y promotor de crecimiento utilizados en las dietas.	53
Figura 11. Curva de temperatura promedio quincenal.	58
Figura 12. Comportamiento quincenal para oxígeno disuelto.	59

Figura 13. Comportamiento quincenal para pH.	59
Figura 14. Incrementos individuales de peso promedio quincenal de los tratamientos.	63
Figura 15. Incremento de peso individual por muestreo en gramos durante el período experimental.	65
Figura 16. Curva de crecimiento de las tilapias durante el período de estudio.	66
Figura 17. Longitud total promedio individual de los tratamientos durante el período experimental.	67
Figura 18. Incremento promedio de longitud total quincenal en centímetros.	68
Figura 19. Conversión alimenticia aparente promedio por muestreo durante el período evaluado.	70
Figura 20. Conversión alimenticia aparente por muestreo durante el Período de evaluación.	71
Figura 21. Tasa de crecimiento específica promedio para los cuatro tratamientos.	72
Figura 22. Tasa de crecimiento específica por muestreo de los tratamientos durante la investigación.	73
Figura 23. Porcentaje de mortalidad durante el período de estudio.	74
Figura 24. Relación beneficio-costo para los cuatro tratamientos.	75

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Curva de temperatura durante 24 horas.	88
Anexo B. Análisis físico-químico del agua del estanque donde se realizó el ensayo.	89
Anexo C. Análisis bromatológico de balanceado comercial con 34% de proteína adicionado con 4 g de probiótico.	90
Anexo D. Análisis bromatológico de balanceado comercial con 34% de proteína, reemplazado en un 10% por el prebiótico.	91
Anexo E. Análisis bromatológico de balanceado comercial con 34% de proteína adicionado con 2 g de probiótico y 2 g de prebiótico.	92
Anexo F. Prueba estadística distancia ciudad para cada tratamiento.	93
Anexo G. Análisis de varianza de consumo de alimento.	94
Anexo H. Análisis de varianza de peso inicial promedio individual.	95
Anexo I. Análisis de varianza de incremento de peso individual promedio por muestreo.	96
Anexo J. Prueba de Tukey de incremento individual promedio de peso por muestreo.	97
Anexo K. Análisis de varianza de longitud total inicial.	98
Anexo L. Análisis de varianza de incremento de longitud total individual promedio por muestreo.	99
Anexo M. Prueba de Tukey de incremento de longitud total promedio individual por muestreo.	100
Anexo N. Análisis de varianza de conversión alimenticia aparente.	101
Anexo O. Análisis de varianza de tasa de crecimiento específica.	102

Anexo P. Prueba de Brand Snedecord de mortalidad por tratamiento.	103
Anexo Q. Registro de peso en gramos según muestreos realizados durante el período de estudio del tratamiento 0.	104
Anexo R. Registro de peso en gramos según muestreos realizados durante el período de estudio del tratamiento 1.	105
Anexo S. Registro de peso en gramos según muestreos realizados durante el período de estudio del tratamiento 2.	106
Anexo T. Registro de peso en gramos según muestreos realizados durante el período de estudio del tratamiento 3.	107
Anexo U. Registro de longitud total en centímetros según muestreos realizados durante el período de estudio del tratamiento 0.	108
Anexo V. Registro de longitud total en centímetros según muestreos realizados durante el período de estudio del tratamiento 1.	109
Anexo W. Registro de longitud total en centímetros según muestreos realizados durante el período de estudio del tratamiento 2.	110
Anexo X. Registro de longitud total en centímetros según muestreos realizados durante el período de estudio del tratamiento 3.	111

## GLOSARIO

**BIOMASA:** Total de organismos existentes en cualquier nivel trófico, área o volumen de un ecosistema, que se calcula en cantidad de materia viviente por unidad de superficie o volumen.

**DENSIDAD DE SIEMBRA:** Término que indica el número de organismos hidrobiológicos cultivados por superficie o volumen de cuerpo de agua.

**DIETA:** Alimento que se proporciona a un animal y suministra todos los nutrientes, de acuerdo a la especie, fase fisiológica, estado de salud y condiciones de manejo.

**INMUNOESTIMULANTES:** Sustancias naturales que potencializan la respuesta inmunológica del animal frente a agentes infecciosos o estresantes.

**INVERNADERO:** Sistema que se construye utilizando cubiertas principalmente plásticas que ayudan a elevar y mantener la temperatura en un determinado sistema.

**ISONITROGENADO:** Dietas que al incorporarles un nutriente adicional, contienen iguales cantidades de nitrógeno.

**ISOENERGETICO:** Dietas que al incorporarles un nutriente adicional, proporcionan iguales cantidades de energía.

**PREBIOTICO:** Ingredientes no digeribles de la dieta que estimulan selectivamente el crecimiento y/o la actividad de uno o mas tipos de bacterias en el intestino.

**PROBIÓTICO:** Suplemento microbiano formado por un cultivo simple o mixto de bacterias seleccionadas, que al adicionarlo al alimento, disminuye la adherencia intestinal de microorganismos patógenos.

**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 en los procesos metabólicos del animal que los consume.

**RACIÓN:** Cantidad de alimento proporcionado a un animal durante un periodo específico de tiempo.

## RESUMEN

La presente investigación, se realizó durante 9 meses comprendidos entre Febrero y Octubre del año 2006, en los cuales, se realizó adecuación del estanque, instalación de corrales, selección de los ejemplares y se evaluó durante 4 meses el efecto comparativo de un prebiótico a base de nucleótidos, fitohormonas y betaglucanos y un probiótico orgánico constituido por tres cepas de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*), como estimulantes de crecimiento de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*), bajo condiciones de invernadero. El estudio se realizó en La Estación Piscícola Pambio de la Corporación Regional del Cauca (CRC), localizada en el municipio de Timbio.

Se sembraron 720 alevinos machos de tilapia roja de 45 días de edad provenientes de una empresa comercial con un peso promedio de  $3.49\text{g} \pm 0.24\text{g}$  y una longitud total promedio de  $5.08\text{cm} \pm 0.51\text{cm}$ , en 12 corrales de  $12\text{ m}^2$  distribuidos en un estanque excavado de  $300\text{ m}^2$ .

Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar (DIA) conformado por 12 unidades experimentales distribuido en cuatro tratamientos y tres réplicas por tratamiento de la manera siguiente:

T<sub>0</sub>: Balanceado comercial de 34% de proteína.

T<sub>1</sub>: Balanceado comercial adicionado con 4 g de probiótico por Kg. de alimento.

T<sub>2</sub>: Balanceado comercial, reemplazado en un 10% por el prebiótico durante 45 días de suministro, según recomendaciones de la casa fabricante.

T<sub>3</sub>: Balanceado comercial adicionado con 2 g de probiótico y 2 g de prebiótico por Kg. de alimento.

Se efectuaron ocho muestreos quincenales con el fin de evaluar las variables: ganancia de peso, incremento de longitud, conversión alimenticia, tasa de crecimiento simple, mortalidad y relación beneficio-costos de los diferentes tratamientos.

El mejor tratamiento fue el T3 (2 g de probiótico y 2 g de prebiótico) debido a las mayores ganancias de peso y longitud obtenidas según el análisis de varianza, estas variables presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y de acuerdo a la prueba de Tukey el T3 registró el mejor resultado con incrementos diarios de 0.82 g y 0.11cm. seguido por el T1 con 0.58 g y 0.09 cm.; el T2 y T0 no presentan diferencias entre sí con incrementos de 0.43 g y 0.07 cm. para cada uno. Las variables conversión alimenticia, tasa de crecimiento simple y mortalidad no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, sin embargo, los tratamientos donde se incorporó los promotores de crecimiento presentaron ventajas económicas frente al tratamiento testigo.

## ABSTRACT

This research was conducted over nine months between February and October 2006, which was held adequacy of the pond, installing corrals, selection of copies and evaluated during an experimental period of 4 months the comparative effect of a prebiotic made of a homogeneous blend of nucleotides, fitohormons and betaglucans as well as an organic probiotic which was a blend of three types of stumps of alive yeast *Saccharomyces cerevisiae*, used as growth stimulant of the red Tilapia (*Oreochromis spp.*). The experiment was carried out at Fishculture Station of Pambio of the Regional Corporation of Cauca (CRC), located at municipality of Timbio, State of Cauca-Colombia.

A population of 720 males alevines, bought in a commercial farm with an average weight of  $3.49\text{g} \pm 0.24\text{g}$  average length of  $5.08\text{cm} \pm 0.51\text{cm}$ , and an average age of 45 days old were stocked at a density rate of 5 fish/m<sup>2</sup> in 12 cages of 12 square meters of area ubicated in an earthen pond of 300 m<sup>2</sup>.

An irrestricted random design (IRD) was used made up of 12 experimental units distributed in four treatments and three replications per treatment in the following way:

T<sub>0</sub>: Artifitial feed with 34% of protein.

T<sub>1</sub>: Artifitial feed with 4 g of probiotic per Kg. of feed.

T<sub>2</sub>: Artifitial feed, substituted in a 10% level with a growth prebiotic during a supply of 45 days, according to manufacturer recommendations of the house.

T<sub>3</sub>: Artifitial feed with 2 g of probiotic and 2 g. of growth prebiotic per Kg of feed.

There were eight different fortnightly in order to assess the variables: weight gain, length increase, feed conversion, simple growth rate, mortality and cost-benefit relationship to determine the viability of each of the different treatments.

The best treatment was the T3 (2 g of prebiotic and 2 g of probiotic) because of the major gains weight and length obtained according to the analysis of variance, these variables showed statistic significant differences between the treatments and according to the Tukey test T3 registered the best performance whit increases of 0.82 grams daily and 0.11 cm. T1 followed by 0.58 g. and 0.09 cm.; T2 and T0 not different among themselves in increments of 0.43 g and 0.07 cm. each. The variables feed conversion, simple growth rate of and mortality did not show statistic significant differences between treatments, but the treatments where he joined growth promoters and economic advantages compared to control treatment.

## INTRODUCCIÓN

Colombia es un país que posee variedad de suelos, topografía, riqueza hídrica, biodiversidad hidrobiológica y condiciones tropicales que favorecen la explotación de especies ícticas continentales y marinas. En los últimos años la acuicultura ha presentado avances tecnológicos significativos con relación a la producción intensiva y rentable de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) pez de excelentes condiciones fenotípicas y fisiológicas para su explotación intensiva y superintensiva en las distintas zonas cálidas del país.

Según López et al.<sup>1</sup> (2007), la acuicultura puede llegar a ser una producción limpia mediante la implementación de sistemas de control tendientes a la prevención de las enfermedades que no implique la utilización de sustancias químicas que se acumulan en el filete, generando problemas de salud pública o que afecten negativamente la productividad primaria de un cuerpo de agua con serias consecuencias ambientales. Por esta razón, se deben evaluar moléculas que fortalezcan el sistema inmunológico como es el caso de ciertas vitaminas (ácido ascórbico, vitamina A, vitamina E), minerales (Fe, Zn), ácidos grasos indispensables (Omega 3) y sustancias que estimulan el crecimiento o mejoran la capacidad del organismo como son los polisacáridos complejos derivados de levaduras o la incorporación en las dietas de organismos benéficos tipo bacterias ácido lácticas o levaduras de tipo *Saccharomyces* que compiten por el sitio de adherencia intestinal de los organismos patógenos.

De acuerdo con Boyd & Massaut<sup>2</sup>, la prevención y el control de las patologías acuáticas se ha efectuado tradicionalmente con la utilización indiscriminada de los antibióticos con graves perjuicios para el ecosistema. En consecuencia, diversos estudios se han realizado, intentando modificar la flora bacteriana de los peces, con el fin de prevenir enfermedades y aumentar la producción. Se han evaluado bacterias benéficas para optimizar la descomposición de materia orgánica, mejorar el crecimiento de las algas, controlar amonio y nitritos, disminuir la incidencia de enfermedades y aumentar la supervivencia.

---

<sup>1</sup> LÓPEZ, J.; PALACIOS, P.; CORAL, I. y ZAMBRANO, A. Evaluación comparativa de prebiótico, probiótico e inmunopotenciadores en especies ícticas nativas y foráneas. En: IV Seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola. Módulo de Sanidad e Inmunoestimulantes. 2007.

<sup>2</sup> BOYD, C.E. & MASSAUT, L. Risk associated with the use of chemicals in pond aquaculture. *Aquaculture engineering*, 1999. 20: p. 123.

Venkat<sup>3</sup> rechaza el uso de antibióticos como promotores de crecimiento, y los recomienda únicamente para el tratamiento de enfermedades, debido a que su uso terapéutico ha generado desórdenes intestinales, al remover la microflora autóctona, junto con los agentes causantes de la enfermedad. Por ende, la prohibición de estas sustancias como estimulantes del crecimiento, aumenta los costos de producción, lo que implica desarrollar alternativas válidas que ejerzan un efecto positivo sobre la producción animal y ausencia de riesgo para la salud humana, animal y el medio ambiente, como es el caso de cepas bacterianas que al ser incluidas en la ración, inhiben la proliferación de organismos patógenos.

Hoyos y Cruz<sup>4</sup>, comprobaron que los probióticos adicionados a la alimentación animal mejoran la respuesta productiva, al favorecer la proliferación de bacterias benéficas, contrarrestando la presencia de bacterias patógenas. Diferentes estudios citados por López et al (2007)<sup>5</sup> demuestran la importancia de incluir en las dietas ícticas bacterias ácido lácticas y levaduras de tipo *Saccharomyces* con el fin de incrementar las producciones por hectárea de peces.

De acuerdo con López<sup>6</sup>, en las explotaciones acuícolas, el costo de alimentación representa aproximadamente el 70% de los costos directos de producción, por tanto, toda técnica dirigida a mejorar la eficiencia en la utilización del alimento incidirá directamente sobre los márgenes de rentabilidad del cultivo. En consecuencia, el uso de probióticos e inmunoestimulantes en el alimento se convierte en una tecnología para mejorar el incremento de peso y la conversión alimenticia durante el período de cultivo.

El presente estudio, evaluó el efecto comparativo de un prebiótico compuesto por una mezcla homogénea de nucleótidos, fitohormonas, vitaminas y beta-glucanos y un probiótico orgánico constituido por tres tipos de cepas de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*), incluidos en dietas artificiales para optimizar el crecimiento y eficiencia alimenticia de alevinos de tilapia roja (*O. spp.*), levantados en cautiverio en estanques tipo invernadero.

---

<sup>3</sup> VENKAT, H.; SHAU, N. y JAIN, K. Effect of feeding Lactobacillus-based probiotics on the gut microflora, growth and survival of postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii*. html. [on line]. (India), 2004 (Citado el 1 de octubre de 2006). Disponible en internet: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2109.2004.01045.x>. p. 501

<sup>4</sup> HOYOS, G y CRUZ, C. Mecanismos de acción propuestos de los probióticos en cerdos. In Lyon, T., Ed. Biotecnología en la alimentación animal. Apligen, Mexico. p. 75

<sup>5</sup> LÓPEZ, J., PALACIOS, P., CORAL, I. y ZAMBRANO, A. Op cit. Módulo de Sanidad e Inmunoestimulantes. 2007.

<sup>6</sup> LÓPEZ, J. N. Diagnóstico y futuro de la producción acuícola en el contexto de la apertura agropecuaria. Pasto-Colombia. Universidad de Nariño. 1993. p. 28

## 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Según López et al (2007)<sup>7</sup>, la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) es la especie íctica más importante de la piscicultura intensiva y superintensiva de aguas cálidas de Colombia, pero uno de los grandes problemas que presenta en los cultivos es que no demuestra todo su potencial debido a la calidad genética de la semilla, falta de homogeneidad de los alevinos, deficiente calidad de los balanceados artificiales y fluctuaciones drásticas de temperatura que facilitan la incidencia de enfermedades y ocasionan altas mortalidades, lo que implica una baja rentabilidad de las empresas acuícolas.

Se han evaluado distintas prácticas de manejo para mitigar las pérdidas económicas en la explotación de estos organismos hidrobiológicos, pero la ausencia de métodos efectivos en el control de las enfermedades, promovió la utilización indiscriminada de productos químicos en el control de patologías, igualmente las altas dosis y la falta de información en cuanto a su espectro de acción, han sido las principales causas de aparición de cepas bacterianas resistentes en los cuerpos de agua. Por lo tanto, la tendencia actual es restringir el uso de químicos, evitando los efectos secundarios que ocasiona su permanente uso.

En las explotaciones acuícolas intensivas y superintensivas, se produce acumulación de metabolitos en el agua que conlleva a un estado de estrés permanente de las especies cultivadas, debilitando las defensas de los ejemplares propiciando la incidencia de enfermedades fúngicas, bacterianas, parasitarias y virales que generan grandes pérdidas económicas. Además, las regulaciones de la Food and Drug Administration (FDA), los retos que debe asumir la acuicultura dentro del Tratado de Libre Comercio (TLC) y las exigencias de los mercados globalizados, penalizarán el uso de antibióticos en el tratamiento de las enfermedades de los peces de consumo.

Por lo anteriormente expuesto, se justifica ampliamente la evaluación de nuevas sustancias para mejorar la capacidad defensiva de los organismos hidrobiológicos de cultivo como son los probióticos y los prebióticos con el propósito de disminuir costos de producción, fortalecer el sistema inmunológico y optimizar las ganancias de peso de los ejemplares cultivados<sup>8</sup>. En Colombia, la utilización de estas

---

<sup>7</sup> LÓPEZ, J., PALACIOS, P., CORAL, I. y ZAMBRANO, A. Op cit.

<sup>8</sup> GULLIAN, M. Estudio del efecto Inmunoestimulante de bacterias probióticas asociadas al cultivo de (*Penaeus vannamei*.) Trabajo de grado. (Magíster en ciencias). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de ingeniería marítima y ciencias del mar. [on line]. Ecuador: CENAIM, 2001. (Citado 3 de septiembre del 2007). Disponible en Internet: <http://www.cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/maestria/2001/gullian.pdf>. p. 10

sustancias en acuicultura es relativamente reciente, pero la inclusión de suplementos alimenticios en los balanceados comerciales para peces se ha intensificado, buscando reducir la incidencia de patologías sin que esto cause efectos adversos en los animales cultivados (alteraciones hormonales, intoxicación, neurosis y hemorragias en diferentes órganos) o residuales para el consumidor final.

Se han desarrollado algunas investigaciones evaluando diferentes tipos de promotores de crecimiento como probióticos y prebióticos, pero, no se ha logrado estandarizar una cantidad óptima de estos porque los resultados difieren de un lugar a otro, dependiendo de las características fisicoquímicas del agua, método de alimentación, sistema de cultivo y calidad de la semilla.

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué efecto produce la inclusión de un prebiótico y un probiótico en la alimentación de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) como estimulantes de crecimiento sobre la ganancia de peso, incremento de longitud, conversión alimenticia, tasa de crecimiento específica y tasa de mortalidad?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Evaluar el efecto comparativo de un prebiótico y un probiótico comercial en el desempeño productivo de alevinos de tilapia roja *Oreochromis spp.* en condiciones de cultivo intensivo en estanques tipo invernadero.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

**3.2.1** Establecer ganancias periódicas de peso y longitud de los diferentes tratamientos.

**3.2.2** Calcular el consumo de alimento y la conversión alimenticia aparente.

**3.2.3** Determinar la tasa de crecimiento específica.

**3.2.4** Cuantificar el porcentaje de mortalidad durante el periodo de estudio, en los distintos tratamientos.

**3.2.5** Realizar un análisis beneficio-costos de cada uno de los tratamientos.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp.*)

**4.1.1 Conocimientos generales de la especie.** Según Pillay<sup>9</sup> y de acuerdo con Arango et al<sup>10</sup>, la tilapia roja pertenece a la familia de los cíclidos; es un tetrahíbrido proveniente de tres especies de origen africano y una israelita: *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus*, *O. hornorum* y *O. aureus*.

El híbrido de tilapia roja junto con la tilapia del Nilo o tilapia nilótica es la de mayor producción a nivel mundial (Popma<sup>11</sup>). Por tanto, el género *Oreochromis* es el que se considera de mayor importancia dentro de los cultivos comerciales existentes. De acuerdo con Ramírez<sup>12</sup>, el avance de la acuicultura en el mundo entero demuestra que este grupo de peces ofrece ventajas comparativas inigualables, entre otros, porque los piensos para su nutrición requieren bajos niveles de harina de pescado y pueden manejarse en sistemas verdes aprovechando así la capacidad filtradora de esta especie. Según Ocampo<sup>13</sup>, la producción mundial alcanza cerca de 2 millones de toneladas, siendo China el principal productor. La producción en Colombia llega a las 24.500 toneladas en el año 2005, pero en 1990 esa producción sólo llegaba a 2.500 toneladas lo que se traduce en un crecimiento cercano al 900% en los últimos 15 años. El 80% de la producción mundial es aportado por la Tilapia nilótica, situación contraria a lo que sucede en nuestro país en donde el 90% de la producción está representado por diferentes variedades de Tilapia roja.

---

<sup>9</sup> PILLAY. Acuicultura principios y prácticas. Limusa. Noriega Editores. México. 1997. p. 445

<sup>10</sup> ARANGO, J.; ALVAREZ, L. A. y MUÑOZ, J. Selección masal por peso y talla de dos generaciones de tilapia roja *Oreochromis spp.* En: Acta agronómica. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Vol. 50, Número 1 (Enero a Junio, 2000) p. 78-84

<sup>11</sup> POPMA, T. & L. Lovshin. Auburn University. Auburn, E.U.A. 1994. Disponible en Internet: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/.../cultivo/Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20De%20Nilo.pdf>. p. 1-40.

<sup>12</sup> RAMÍREZ, R. Observaciones de crecimiento de tilapias nilóticas *Oreochromis niloticus* de la línea chitralada en Colombia. En: Revista Agropesca. Asociación nacional de promotores de la pesca. Numero 25. Octubre 2.003. p. 20.

<sup>13</sup> OCAMPO, F. Cultivo de tilapia como una alternativa de desarrollo socioeconómico. En: IV Seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola. Módulo de Producción. 2007.

**Figura 1. Tilapia roja (*Oreochromis spp.*)**



**4.1.2 Clasificación taxonómica.** López<sup>14</sup> afirma que existen más de 70 especies de tilapia y 100 subespecies, agrupadas en cuatro géneros: *Oreochromis*, *Sarotherodon*, *Tristamella* y *Pelmatochromis*.

<b>Reino:</b>	Animal
<b>Subreino:</b>	Metazoa
<b>Phylum:</b>	Cordata
<b>Grupo:</b>	Craniata (Vertebrata)
<b>Subphylum:</b>	Gnathostomata
<b>Superclase:</b>	Piscis
<b>Clase:</b>	Osteichtys
<b>Orden:</b>	Perciformes
<b>Suborden:</b>	Percoides
<b>Familia:</b>	Cichlidae
<b>Género:</b>	<i>Oreochromis spp.</i>
<b>Nombre común:</b>	tilapia roja

## **4.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LA ESPECIE**

Castillo<sup>15</sup> afirma que las tilapias son peces endémicos originarios de África y el Cercano Oriente, en donde se inicia la investigación a comienzos del siglo XIX; aprovechando sus características, se consideró ideal para la piscicultura. A partir

---

<sup>14</sup> LÓPEZ, J. N. Biología, cultivo, explotación y manejo de las tilapias. Universidad de Nariño. Facultad de Zootecnia. Pasto. Colombia.1992. p. 15

<sup>15</sup> CASTILLO, L. F. Tilapia roja. Una evolución de 20 años de la incertidumbre al éxito. Html [Online] Colombia: Abril 2001. Colombia [Noviembre 2006]. Disponible en Internet: <http://www.canola-council.org/pubs/mealguide/especiales.pdf>.

de 1924 se intensifica su cultivo en Kenia, sin embargo fue en el extremo oriente, en Malasia, en donde se obtuvo los mejores resultados y se da inicio a su progresivo cultivo a nivel mundial. El mismo autor menciona que las tilapias tienen ancestros netamente marinos adaptados a los ambientes lóuticos y lénticos de aguas continentales. Estos peces han sido introducidos en forma acelerada hacia otros países tropicales y subtropicales por la "aparente facilidad de su cultivo" en cuanto a su manejo, alta adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y geográficas del medio, fácil reproducción, alta resistencia a enfermedades y alta productividad.

Bardach<sup>16</sup> señala que la distribución original de la tilapia fue en la costa oriental de África y que a partir del año 1939 comenzó su distribución en otros países, de tal forma que hoy en día se la encuentra en casi todo el mundo. Según Kubitz & Kubitz<sup>17</sup>, en la década de 1950 el entusiasmo por cultivar la tilapia roja (*O. spp.*) se detuvo notablemente, debido a la superpoblación suscitada por cultivo simultáneo de machos y hembras. Problema que se soluciona en parte con la obtención de poblaciones monosexo, adquirida con los métodos de control de la reproducción con predadores y con el de inducción al sexo. Pillay<sup>18</sup> concuerda con lo dicho por Kubitz & Kubitz y afirma que la maduración temprana y reproducción frecuente, si es un problema para este cultivo en los climas tropicales, por tal razón es necesario desarrollar prácticas especiales de manejo y alimentación de las poblaciones.

#### 4.3 ALIMENTACIÓN Y REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Bardach<sup>19</sup>, (1.990) y Castillo<sup>20</sup>, (2.000) coinciden en afirmar que las tilapias son generalmente herbívoras, aunque aceptan todo tipo de alimentos naturales como plantas altas o plancton; se adaptan a la alimentación artificial incluyendo alimentos producidos por intermedio de la fertilización orgánica o química lo que las convierte en especies omnívoras y en algunos casos aceptan hasta alimento animal.

---

<sup>16</sup> BARDACH, J.; RYTHYER, J. y McLARNEY, W. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, S.A. México D.F. 1.990. p. 288

<sup>17</sup> KUBITZA & KUBITZA, Panorama da Acuicultura. (On line) 2000 (citado el 20 /Oct/ 2005). Disponible en Internet: <http://sagpya.mecon.gov.ar./cultivo/Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20%20Del%20Nilo.pdf>. p. 2

<sup>18</sup> PILLAY, Op cit. p.445

<sup>19</sup> BARDACH et al. Op cit. p. 289

<sup>20</sup> CASTILLO, L. F. Op cit. p. 10

Hepher y Pruginin<sup>21</sup> sugieren que en la alimentación se debe tener en cuenta el comportamiento fisiológico de las tilapias, su tendencia es alimentarse en horas de la mañana, cuando la acidez en el tracto digestivo es óptima y existe una mejor asimilación del alimento. Las secreciones en el tracto digestivo se van incrementando en el transcurso del día y en las primeras horas de la tarde alcanza su nivel máximo de acidez, para empezar a declinar y llegar a ser mínima en horas de la noche, por ese motivo, se recomienda realizar la alimentación a esta especie entre las 8:00 a.m. y las 2:00 p.m.

Según López, citado por Cabrera y Santacruz<sup>22</sup>, los alimentos balanceados para organismos hidrobiológicos de aguas frías, medias y cálidas, deben cubrir los requerimientos nutricionales en cuanto a proteínas, energía, fibra, vitaminas y minerales; dependiendo de la especie, fase de desarrollo, densidad de siembra, características físico-químicas del agua y condiciones de manejo. Esteves<sup>23</sup> afirma que la producción piscícola es más rentable cuando se usan raciones que tienen el óptimo nivel de nutrientes. Este nivel varía con la edad, el tamaño y con la temperatura promedio del agua. Entre más alta sea la temperatura del agua mayor debe ser el nivel de proteína en la dieta.

**4.3.1 Proteína.** Para Vásquez y Arias<sup>24</sup>, la proteína es el compuesto más importante por varias razones: es el constituyente básico de las células; como un nutriente, es utilizado para el crecimiento y fuente de energía y como un ingrediente en dietas artificiales, es el más escaso y costoso. Martínez<sup>25</sup> asegura que el nivel óptimo de proteína en las dietas está influenciado por factores biológicos y nutricionales entre ellos el valor biológico de la proteína, composición de los aminoácidos, nivel de energía de la dieta y cantidad de alimento suministrado.

---

<sup>21</sup> HEPHER, B. y PRUGININ, Y. Cultivo de peces comerciales basados en experiencias de granjas piscícolas de Israel. Editorial limusa. México.1994. p.150

<sup>22</sup> CABRERA, S. y SANTACRUZ, C. Efecto de un promotor de crecimiento sobre post-larvas de camarón. Cultivo en estanques. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Zootecnia. 1993. p. 52

<sup>23</sup> ESTEVES, M. Manual de piscicultura. Universidad Santo Tomás. Santa Fe de Bogotá. Colombia. 1990. p. 87

<sup>24</sup> VÁSQUEZ, W. y ARIAS, A. Exigencias de proteína, carbohidratos y lípidos en dietas para juveniles de cachama blanca *Pyaractus brachipomus*. En: Memorias VIII Jornada de acuicultura. Universidad de los Llanos Villavicencio. Colombia. Noviembre 1 de 2002, p 76

<sup>25</sup> MARTÍNEZ, E. Diseño de alimento para peces. En: Segundo seminario nacional. Presente y futuro de la acuicultura en Colombia. Santa fe de Bogotá. 1990. p. 98

De acuerdo con López<sup>26</sup>, el valor nutricional de la proteína, conocido también como calidad proteica, esta basado en el perfil de los aminoácidos de la materia prima, lo mismo que en la cantidad de aminoácidos indispensables y la disponibilidad biológica de los aminoácidos en la fuente proteica. Hidalgo y Alliot<sup>27</sup> manifiestan que al haber un desequilibrio entre la proporción de proteína y las demás fuentes de energía, carbohidratos y lípidos, la proteína es metabolizada para producir energía. El nivel óptimo para alevinos de tilapia roja esta en 40%.

**4.3.2 Carbohidratos.** Lovell<sup>28</sup> asegura que los carbohidratos son una importante fuente de energía y hacen parte de un gran número de metabolitos intermediarios en el organismo de los peces tales como la glucosa sanguínea, nucleótidos, glucoproteínas, etc.; además demuestra que la ausencia de dichos nutrientes en la dieta reduce significativamente la ganancia de peso diaria como consecuencia directa de una hipotrofia muscular, la cual ocasiona una reducción del tamaño celular hasta en un 50%. Zamora y Echavarría<sup>29</sup> afirman que los carbohidratos son la fuente de energía dietética más barata y ayudan a mejorar la calidad del pellet de las dietas comerciales, sin embargo, la eficiencia metabólica de estos compuestos puede diferir de acuerdo con la complejidad de los mismos y según Vásquez<sup>30</sup>, la presencia de los carbohidratos en el cuerpo de los animales es relativamente baja en comparación con la proteína y las grasas. La dosis recomendada de carbohidratos para cultivos de tilapia se encuentra entre 25 - 30% según lo reportado por Popma<sup>31</sup>.

**4.3.3 Fibra.** Como indica López<sup>32</sup>, la fibra no es un requerimiento nutricional pero si un requerimiento fisiológico, debido a que regula la tasa de pasaje intestinal. La fibra esta representada por la celulosa, hemicelulosa, pectina y un componente asociado a la fibra como la lignina, por consiguiente, una fracción alta de ésta en

---

<sup>26</sup> LÓPEZ, J. Nutrición Acuícola. Requerimientos nutricionales de los organismos hidrobiológicos de cultivo. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. 1997. p. 18

<sup>27</sup> HIDALGO, F. Y ALLIOT, E. La digestión en los peces. En: Comisión asesora de investigación científica y técnica CAYCIT. Nutrición en acuicultura I. Madrid: U. Labarta 1987. p. 136

<sup>28</sup> LOVELL, T. Nutrición y alimentación en peces. En: Nutrición en acuicultura. Volumen 2. Numero 9 (Jun - Dic. 1987); p. 54

<sup>29</sup> ZAMORA, S y ECHEVARRIA, G. Los carbohidratos en la nutrición de peces. En: Nutrición acuícola, Volumen 3. Santa fe de Bogotá. 1993. p 75

<sup>30</sup> VÁSQUEZ, W. Nutrientes esenciales: función y necesidades en la dieta para peces. html. [cd room] Colombia: Universidad de los Llanos. Diciembre. 2002. [Noviembre de 2004]. Disponible en Internet: [http://www.iiall.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS\\_VALIDAS/contenidos.pdf](http://www.iiall.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/contenidos.pdf).

<sup>31</sup> POPMA, T & L. 1994. Op cit p. 1-40

<sup>32</sup> LÓPEZ, J. 1997 Op cit. p. 130

las dietas de peces ejerce una influencia negativa en la digestibilidad de los nutrientes y en la velocidad de absorción. Los niveles máximos permitidos en alimentos para peces son del 6%; Popma<sup>33</sup> recomienda 4% de fibra en cultivos de tilapia.

**4.3.4 Lípidos:** Halver citado por López<sup>34</sup> afirma que los lípidos, especialmente fosfolípidos y esteroides desempeñan un papel fundamental en la estructura de las membranas biológicas, tanto a nivel celular y subcelular, están relacionados con el sabor y consistencia no solo de los alimentos consumidos por los peces, sino que influyen positivamente en las características organolépticas del filete de los mismos. Además, 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.

De otra parte Lovell citado por López<sup>35</sup> demostró que la mayoría de especies ícticas requieren una mezcla de ácidos grasos de la serie omega 3 y omega 6 sin embargo el mismo autor, determinó que la temperatura y las diversas condiciones medio ambientales, como la salinidad, pueden afectar los requerimientos de ácidos grasos esenciales en los cíclidos. Hopher y Pruginin<sup>36</sup> comprobaron que los organismos de aguas cálidas como las carpas y las tilapias demandan principalmente ácidos grasos de la serie omega 6 y que la principal fuente energética de las dietas para peces son los lípidos su nivel fluctúa entre 10 – 20% para peces de agua fría y de 5 – 10% para peces de aguas cálidas. Popma<sup>37</sup> de acuerdo con los anteriores autores afirma que el nivel óptimo de lípidos para cultivos de tilapia es de 10%.

**4.3.5 Vitaminas:** Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos en cantidades muy pequeñas y obtenidas a partir de fuentes exógenas como la dieta o mediante la síntesis microbiana intestinal necesaria para el crecimiento y funcionamiento normal de los animales. Castaldo citado por Moreno et al<sup>38</sup> recomienda entre 10 – 15% de vitaminas para tilapia. Los requerimientos vitamínicos de los peces son similares a los de los animales terrestres, con la

---

<sup>33</sup> POPMA, T & L. 1994. Op cit p. 1-40

<sup>34</sup> LÓPEZ, J. 1997 Op cit. p. 22

<sup>35</sup> Ibid. P. 29

<sup>36</sup> HEPHER, B. y PRUGININ, Y. Cultivo de peces comerciales. México. Editorial Limusa. 1988. p. 316

<sup>37</sup> POPMA, T & L. 1994. Op cit p. 1-40

<sup>38</sup> MORENO, M. J.; HERNÁNDEZ, J. G.; ROVERA, R.; TABLENTE, A.; RANGEL, L. Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. Universidad Simón Rodríguez. Canoabo. Estado de Carabobo. Venezuela. Disponible en Internet: <http://www.geocities.com/capecanaverallab/2654/cyta/cyta-3-2000-29-33.pdf>. p. 31

excepción de la vitamina C (ácido ascórbico) que no es sintetizada por los organismos hidrobiológicos de cultivo<sup>39</sup>. Por su parte Lovell<sup>40</sup> sostiene que entre las vitaminas más importantes están: las vitaminas A, C, D, E, K, tiamina (B1), riboflavina (B2), piridoxina (B6), ácido pantoténico, biotina (H), colina, cianocobalamina (B12), niacina, ácido fólico e inositol.

**4.3.6 Minerales:** Los requerimientos en minerales no están totalmente estudiados para las tilapias, sin embargo, Castaldo citado por Moreno et al<sup>41</sup> recomienda en cultivos de tilapia niveles de calcio entre 0,5 – 0,7% y 0,7% de fósforo. Vásquez<sup>42</sup> declara que los minerales son elementos químicos inorgánicos que hacen parte del organismo de los peces y que son necesarios para su correcto desarrollo y funcionamiento. Se considera que entre los minerales más importantes están Ca, Mg y P porque componen la mayor parte de los tejidos estructurales. En altas producciones como prevención y por el bajo costo de los suplementos minerales en el mercado, se recomienda agregar un 1% a la dieta de los existentes en el comercio.

#### **4.4 FISIOLÓGÍA DIGESTIVA DE LOS ORGANISMOS HIDROBIOLÓGICOS DE CULTIVO**

**4.4.1 Digestión en el estómago.** De acuerdo con Smith, citado por López<sup>43</sup>, 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 y suele fluctuar entre 2 y 5, según el tiempo transcurrido después de una comida. Hidalgo y Alliot, citados por López<sup>44</sup> señala que el poder tampón del alimento y su pH pueden influir sobre la eficacia de la digestión gástrica en función de la magnitud del pH óptimo para la actividad de las enzimas secretadas en el estómago, esto es importante en la alimentación artificial de peces de agua dulce, a diferencia de los peces de agua salada en que el pH es neutralizado por la actividad buffer del agua marina.

---

<sup>39</sup> HALVER, J. The vitamins. Fish nutrition. Edited by Jhon E. Halver. Academic Press Inc., New York, 1988. p. 398

<sup>40</sup> LOVELL, T. 1997. Op cit. p. 130

<sup>41</sup> MORENO, M. et al. Op cit. p. 31

<sup>42</sup> VÁSQUEZ, W. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Villavicencio Colombia: Universidad de los Llanos, 2004. p. 35

<sup>43</sup> LÓPEZ, J. 1997. Op cit. p. 2.

<sup>44</sup> *Ibíd.*, p. 2.

Las diferentes células glandulares del estómago secretan proteasas y ácido clorhídrico. La principal proteasa gástrica es una enzima análoga a la pepsina de los mamíferos, que hidroliza el enlace peptídico de las proteínas y produce peptonas y polipéptidos, es secretada en forma inactiva como pepsinógeno y activada en el medio ácido del estómago<sup>45</sup>.

**4.4.2 Digestión en el intestino.** Smith, citado por López<sup>46</sup> demuestra que tanto en los peces de estómago verdadero, como en los agóstros de aguas frías y cálidas, el pH del flujo intestinal es aproximadamente neutro o básico. Generalmente el pH se aproxima a la neutralidad en la parte anterior del intestino y es alcalino en la porción posterior. La alcalinidad se debe al igual que en los mamíferos a los bicarbonatos secretados por el duodeno, que neutralizan las secreciones ácido gástricas.

Según Hidalgo y Alliot<sup>47</sup>, la digestión en el intestino tiene lugar gracias a la acción de distintos productos secretados por la pared intestinal o por las glándulas anexas como el páncreas y el hígado. El páncreas vierte al intestino, enzimas digestivas como las proteasas, carbohidrasas y lipasas. La bilis procedente del hígado se acumula en la vesícula biliar y aporta principalmente las sales biliares, cuya función es emulsionar los lípidos, permitiendo así la acción de la lipasa procedente del jugo intestinal y pancreático en la digestión de las grasas.

#### **4.5 PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS DE LA ESPECIE**

Esta especie tolera amplios rangos de temperatura del agua; resiste bajos niveles de oxígeno disuelto y también tolera salinidades hasta 20 ppt<sup>48</sup>. La alimentación de la tilapia roja cesa cuando la temperatura de su ambiente está por debajo de los 16°C; las enfermedades o muertes se producen cuando se las maneja por debajo de los 13°C y la reproducción se inhibe cuando la temperatura se sitúa por debajo de los 20°C. Por tales razones, la temperatura óptima efectiva para el manejo de esta especie fluctúa entre los 24 a 32°C, con variaciones inferiores a 5,0°C<sup>49</sup>. Para Wicky<sup>50</sup>, (Tabla 1) el rango máximo de temperatura para el cultivo de tilapia roja es de 36°C y el mínimo de 18°C.

---

<sup>45</sup> HIDALGO, F y ALLIOT, E. Op cit. p. 86.

<sup>46</sup> LÓPEZ, J. 1997. Op. cit. p. 6.

<sup>47</sup> HIDALGO, F y ALLIOT, E. Op. cit. p. 87.

<sup>48</sup> USECHE, C. Algunas experiencias de policultivos en Colombia. Fundamentos de Acuicultura Continental. INPA. Santa Fé de Bogotá. 1.993. p.276

<sup>49</sup> KUBITZA & KUBITZA. Op cit. p. 3

<sup>50</sup> WICKY, G. Estrategia para un desarrollo acuícola con tilapia roja en el agro argentino. Coquimbo, Chile. Acuicultura en Latinoamérica, IX Congreso latinoamericano de acuicultura (ALA), 1996. p. 39

La concentración de iones hidrógeno en el agua (pH), neutro o levemente alcalino acompañado por la concentración normal de oxígeno de 2,0 a 3,0 mg/L. favorecen la producción de tilapia roja, pero, cuando los niveles de oxígeno son bajos o se mantienen bajos por periodos prolongados, disminuye el metabolismo y crecimiento de esta especie<sup>51</sup>.

**Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos óptimos del agua para el cultivo de tilapia roja.**

PARAMETRO	VALOR
Oxígeno	> 4.5 ppm
Temperatura	24 – 32 °C
Dureza	50 – 350 ppm
pH	6.5 – 9
Amonio	0.01 – 0.1 ppm
Nitritos	< 0.1 ppm
Alcalinidad	20 ppm
Dióxido de carbono	< 20 ppm
Fosfatos	0.6 y 1.5 ppm
Cloruros	< 10 ppm
Sulfatos	< 18 ppm

\*FUENTE: Wicky p. 39

#### 4.6 PREBIÓTICOS

La intensificación de la producción animal y la difusión del empleo de estirpes o líneas genéticas de alto rendimiento, han condicionado al uso generalizado de promotores de crecimiento<sup>52</sup>. Olaya, citado por Narváez y Recalde<sup>53</sup>, manifiesta que los prebióticos son sustancias de carácter hormonal, antibiótico o compuestos sintetizados, cuyos efectos de estímulo al crecimiento van estrechamente ligados a la actividad antimicrobiana, mejorando el incremento de peso, mayor sobrevivencia y mejor conversión alimenticia.

Algunos de estos compuestos denominados prebióticos son utilizados como ingredientes funcionales de los alimentos para manipular la composición de la

<sup>51</sup> KUBITZA & KUBITZA. Op cit. p. 3

<sup>52</sup> 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

<sup>53</sup> NARVAEZ, A. y RECALDE, A. M. Evaluación de un promotor de crecimiento (Oxitetraciclina) en la fase de levante de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Zootecnia. 2004 p. 30

microflora y por ende la salud del hospedador, son ampliamente aceptados como promotores de crecimiento en la nutrición animal.

**4.6.1 Definición de prebióticos.** De acuerdo con Cagigas y Blanco<sup>54</sup>, el término prebiótico fue descrito inicialmente por Trowel como diferentes compuestos de origen vegetal que presentan como común denominador el estar constituidos por macromoléculas no digestibles, debido a que las enzimas del intestino no pueden hidrolizarlas; más tarde Gibson y Roberfroid, citados por Rycroft<sup>55</sup>, los definen como ingredientes alimenticios no digestibles que benefician la salud del hospedador por estimular selectivamente el crecimiento y/o la actividad de un grupo limitado de bacterias en el intestino.

**4.6.2 Características de los prebióticos.** Según Casas<sup>56</sup>, este tipo de moléculas se adicionan a la formulación de los alimentos balanceados en un porcentaje relativamente bajo, sin cambiar considerablemente la composición del alimento. La inclusión de estos en la ración diaria permite alcanzar mayores índices de crecimiento en tiempos más cortos y por tanto, mejorar los parámetros productivos, como el índice de conversión. Los prebióticos para ser efectivos, deben mantener su integridad y no deben ser absorbidos durante el proceso de digestión.

**4.6.3 Beneficios de los prebióticos.** Posee una buena estabilidad y compatibilidad con el alimento y no tiene ninguna propiedad antigénica ni cancerígena<sup>57</sup>, mejora los índices de crecimiento y conversión del alimento, aumentando diariamente el peso en rangos del 1,0 al 10,0% con carnes de mejor calidad<sup>58</sup>, reduce la mortalidad, se eliminan rápidamente las sustancias residuales del producto activo, de tal, forma que no se detectan niveles superiores de los

---

<sup>54</sup> CAGIGAS, Ada y BLANCO, Anesto. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. En: Revista Cubana Aliment Nutr. Cuba: Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Vol. 16, No. 1 (Abr, 2002). p. 64.

<sup>55</sup> RYCROFT, E; JONES, M; GIBSON, R AND RASTALL, R. A comparative in vitro evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. [on line]. Ucrania: The Society for Applied Microbiology, 2001. p. 878. (citado el 13 de mayo de 2006). Disponible en internet: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-2672.2001.01446.x>

<sup>56</sup> CASAS, Op Cit. p. 1

<sup>57</sup> RIOS, G. Uso de antimicrobiales como promotores de crecimiento en cerdos. En: Revista facultad de agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela. 1992 p.

<sup>58</sup> ERRECALDE, J. Uso de antimicrobianos en animales de consumo. Facultad de ciencias veterinarias. Universidad nacional de la Plata. Argentina. 2004. Disponible en Internet: [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/007/y5468s/y5468s0g.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/y5468s/y5468s0g.htm).

tolerados en los productos para consumo humano y no presenta peligros directos o indirectos para la salud humana<sup>59</sup>.

**4.6.4 Mecanismos de acción de los prebióticos.** Los prebióticos según Santomá<sup>60</sup> 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 en la superficie epitelial del tracto gastrointestinal 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.

Casas<sup>61</sup> afirma que estos promotores de crecimiento tienen una acción sinérgica y como consecuencia, mejoran e incrementan el índice productivo, estos: Estabilizan la peristalsis intestinal, mejorando el tiempo de tránsito intestinal de los nutrientes (proteínas, minerales, vitaminas, electrolitos), permitiendo su óptima absorción; dentro del intestino, permiten la separación de las moléculas de diferentes tamaños y mejoran la absorción de las moléculas pequeñas. Mas aún, actúan como soporte para el crecimiento de bacterias benéficas y optimizan la mucosa intestinal.

**4.6.5 Sustancias que actúan como prebióticos.** De acuerdo con Venkat et al<sup>62</sup>, los antibióticos han sido usados como agentes terapéuticos y promotores de crecimiento en la alimentación animal, desde 1950. Sin embargo su uso en exceso ha ocasionado resistencia en algunas bacterias patógenas. Esta situación conlleva a buscar otras alternativas en la producción animal, Robert y Vatsala, citados por Pérez<sup>63</sup> señalan que algunos carbohidratos, péptidos, proteínas y lípidos, pueden ser incluidos en el concepto de prebióticos, entretanto, los carbohidratos denominados oligosacáridos, (cadenas cortas de polisacáridos

---

<sup>59</sup> ARCOS, O. y CHÁVEZ, L. Evaluación de un probiótico y/o un promotor de crecimiento en la fase de preiniciación de lechones. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Zootecnia. 1994. p. 19

<sup>60</sup> SANTOMA., G. Estimuladores de la inmunidad. Avances en nutrición y alimentación animal. html. [on line]. (España), 2001 (citado el 15 de mayo de 2006). Disponible en internet: <http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/98CAPVII.pdf>

<sup>61</sup> CASAS. Op cit. p. 1

<sup>62</sup> VENKAT, H.; SHAU, N. y JAIN, K. Op cit. p. 501

<sup>63</sup> PÉREZ, Robinson. Efecto de la inclusión de probióticos y prebióticos en dietas para la fase de alevinaje de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado (Zootecnia). Santa fe de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 2004, p. 39.

compuestos de tres a diez azúcares simples ligados entre si), son los más utilizados.

- **Nucleótidos.** Leon<sup>64</sup> sostiene que los nucleótidos son monómeros constituyentes de los ácidos nucleicos. Todos los nucleótidos están compuestos de una base nitrogenada (un compuesto cíclico con átomos de nitrógeno), un azúcar (ribosa o desoxirribosa), y un grupo fosfato. Si el azúcar es ribosa se trata de un ribonucleótido, constituyente del ARN. Si el azúcar es desoxirribosa se trata de un desoxirribonucleótido, constituyente del ADN. Existen sólo cinco bases nitrogenadas: adenina (A), timina (T), guanina (G), citosina (C) y uracilo (U). Sólo las cuatro primeras bases se encuentran en el ADN, mientras que en el ARN la timina es reemplazada por el uracilo. Es decir, existen ribonucleótidos y desoxirribonucleótidos con A, G y C, pero sólo un desoxirribonucleótido con T y un ribonucleótido con U. La secuencia de nucleótidos que componen un ácido nucléico se representa indicando las bases nitrogenadas que forman parte de cada nucleótido: GATTACA indicaría una secuencia de ADN (hay timina). La misma secuencia de ARN sería GAUUACA, con el uracilo reemplazando a la timina.<sup>65</sup>
- **Fitohormonas.** Las hormonas fueron inicialmente descubiertas en las plantas. Charles Darwin y su hijo Francis se dieron cuenta de que debía existir en ellas algún tipo de factor químico interno que les permitía responder a los estímulos externos. Al demostrar que la inclinación de los retoños de pasto biche hacia donde se encuentra la luz era debida a la acción de una sustancia química difundible, reconocieron que una sustancia generada en una parte de la planta podía influir en el crecimiento de otra en un sitio más distante, una definición inicial para hormona en sentido amplio y fitohormona, cuando se hace referencia a las plantas<sup>66</sup>.

Las diferencias de las fitohormonas con las hormonas animales es que son más sencillas molecularmente, que no existe órgano de síntesis específico, un transporte no es esencial para su funcionamiento (funcionan incluso en la célula de síntesis), pueden transportarse por mecanismos especializados aunque no es esencial, no hay un órgano diana y se da el pleitropismo (una hormona ejerce múltiples funciones). El control de respuesta hormonal es por concentración y

---

<sup>64</sup> LEON, J. Los nucleótidos. disponible en Internet: <http://grupos.unican.es/asignaturabioquimica/documentos/javier/WEB-tema%2028-metab%20nucleotidos%2007.pdf>. p. 1

<sup>65</sup> Ibid. p. 1

<sup>66</sup> JÁCOME, R. A. Fisiología Endocrina 3ª Edición. Academia Nacional de Medicina, Bogotá. 2005. Disponible en Internet: <http://encolombia.com/medicina/materialdeconsulta/Suplemento28/Suplemento28Fitohormonas.htm>

sensibilidad, el número de receptores varía con la edad y el tejido<sup>67</sup>. Las principales fitohormonas vegetales son las auxinas, mejor conocidas como ácido Indolacético, determina el crecimiento de la planta y favorece la maduración del fruto; giberelinas, determina el crecimiento excesivo del tallo e induce la germinación de la semilla; ácido Abscísico, propicia la caída de las hojas, detiene el crecimiento del tallo e inhibe la germinación de la semilla; citocininas, incrementa el ritmo de crecimiento celular y transforma unas células vegetales en otras; florígenos, determinan la floración y, traumatina, estimula la cicatrización de las heridas en la planta<sup>68</sup>.

- **Betaglucanos.** Rodríguez<sup>69</sup> menciona que los betaglucanos son estructuras polisacáridas de paredes celulares de hongos y levaduras compuestas por unidades de glucosa que son enlazados a través de  $\beta$ -1,3- $\beta$ -1,6. Es una micropartícula con un diámetro de alrededor de 2-4  $\mu$ m, compuesta de más de un 95% de glucosa. Estas sustancias tienen dos componentes: fibrilares y amorfos. Los fibrilares contienen la quitina y la celulosa conformando las microfibrillas; mientras que los amorfos o matriciales contienen el glucano. Thanardkit et al, citado por Pérez<sup>70</sup>, han demostrado que algunos compuestos, como los sacáridos, los peptidoglucanos y los glucanos, pueden actuar sobre las respuestas defensivas del sistema inmune. De esta forma, Sakai, citado por Irianto y Austin<sup>71</sup> afirma que los glucanos incrementan el sistema de defensa del hospedador contra agentes patógenos, por la activación de la fagocitosis, producción de anticuerpos y del anión superóxido.
- **Biotina.** La vitamina B7, o biotina, pertenece al complejo de la vitamina B al igual que el ácido pantoténico, con el cual trabaja conjuntamente, es una coenzima responsable de numerosos procesos del organismo. La palabra biotina procede de “bios” que significa vida, dada la importancia que esta vitamina tiene para que el cuerpo funcione bien. Esta vitamina fue descubierta en Alemania en 1936 y sintetizada en estados unidos en 1943. La biotina se encuentra en muchos alimentos y, además es sintetizada por las bacterias intestinales, por lo que es

---

<sup>67</sup> PARRA, R. Las hormonas vegetales. Artículo publicado el 09 de marzo del 2002. Disponible en Internet: <http://www.biologia-en-internet.com/default.asp?Id=4&Fs=2> p. 5

<sup>68</sup> Ibid. p. 6

<sup>69</sup> RODRÍGUEZ, J. Información sobre el uso de inmunoestimulante en cultivo de camarón con particular referencia a los  $\beta$ -glucanos. En: CENAIM Informa. Vol. 1 (2005); p. 1.

<sup>70</sup> PÉREZ, R. Op cit. p. 42 – 43.

<sup>71</sup> IRIANTO, A y AUSTIN, B. Probiotics in aquaculture. Indonesia: Blackwell science ltd, 2002. Disponible en Internet: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-2761.2002.00422.x>, p. 639.

muy difícil la carencia de la misma a no ser por el uso frecuente de ciertos medicamentos como, antibióticos y antiepilépticos<sup>72</sup>.

La biotina es necesaria para el metabolismo de las proteínas, grasas, e hidratos de carbono; ayuda a utilizar el ácido pantoténico (vitamina B5) y el ácido fólico (vitamina B9); ayuda a transformar la glucosa en energía; ayuda a mantener la salud de la piel y la creación de la hemoglobina de la sangre<sup>73</sup>.

**4.6.6 Empleo de los prebióticos en acuicultura.** Marquina y Santos<sup>74</sup> declaran que el consumo de estos productos genera una serie de beneficios, pues la configuración beta del carbono anomérico los hace que no sean digeribles, al menos en el tracto superior del aparato digestivo, y que sean utilizados preferentemente por la microbiota del intestino, transformándolos por vía fermentativa en ácido láctico y otros ácidos orgánicos de cadena corta que estimulan de forma selectiva la proliferación de las bacterias ácido lácticas. Según Santomá<sup>75</sup>, estos compuestos han encontrado aplicación en productos lácteos, nutraceúticos, alimentos para pequeños animales y en menor medida en animales de producción.

Sung et al, citado por Smith<sup>76</sup>, demuestran que la exposición con altas dosis de glucanos en peces y camarones generan bajas sobrevivencias e incrementan los niveles de estrés. Para Smith et al<sup>77</sup>, es evidente que el uso a largo plazo de algunos inmunoestimulantes representan un “costo” fisiológico que puede afectar las tasas de crecimiento, la calidad de la carne y el vigor reproductivo de las especies acuícolas y en contraste, Thanardkit et al, citado por Pérez<sup>78</sup>, establecen que los prebióticos utilizados como inmunoestimulantes en camarones, tienen ventajas como: no son tóxicos ni presentan residualidad, no generan acostumbamiento, bajo costo, facilidad de dosificación, no ocasionan una demanda de energía por lo que no retardan el crecimiento y pueden usarse de

---

<sup>72</sup> MARTINEZ, V. Botánico. Revista gratuita. Las vitaminas. Propiedades de la vitamina B7 (Biotina). 1999-2007. Disponible en Internet: <http://www.botanical-online.com>. p. 6

<sup>73</sup> Ibid. p. 6

<sup>74</sup> MARQUINA, D. y SANTOS, A. Probióticos, prebióticos y salud. html. [on line]. (España), 2002 (citado el 15 de mayo de 2006). Disponible en Internet: [http://www.semicro.es/Actualidad/SEM32\\_24.pdf](http://www.semicro.es/Actualidad/SEM32_24.pdf)

<sup>75</sup> SANTÓMA, G. Op cit. p18

<sup>76</sup> SMITH, Valerie; BROWN, Janet y HAUTON, Chris. Immunostimulation in crustaceans: does it really protect against infection?. html. [On line]. (Escocia), 2002 (citado 3 de junio de 2006). Disponible en internet: <http://www.elsevier.com/locate/fsi>.

<sup>77</sup> Ibid. p. 76.

<sup>78</sup> PÉREZ, Robinson. Op. cit., p. 43.

forma continua y no ocasionan un impacto negativo en el animal cultivado, en el entorno o en el consumidor.

Gatesoupe<sup>79</sup> sugiere que las sustancias específicas asimilables por las bacterias probióticas no sólo deben tener un efecto antagonista contra los patógenos, sino también estimular el sistema inmune del hospedador.

#### 4.7. PROBIÓTICOS

Lara et. al<sup>80</sup> muestran que el uso de los probióticos inicia desde que los seres humanos comenzaron a tomar leche fermentada, pero, su relación con sus beneficios para la salud datan de principios del siglo XX, cuando Metchnikoff llamó la atención sobre los efectos nocivos de la microflora intestinal en el anfitrión y sugirió que la ingestión de leche fermentada disminuye esta “autointoxicación”.

Piñeros citado por Coral y Toro<sup>81</sup> afirma que entre los promotores de crecimiento más utilizados se encuentran los probióticos. Rodríguez<sup>82</sup>, por su parte, expresa que los microorganismos utilizados como probióticos en la alimentación son cepas bacterianas pertenecientes a diferentes géneros como *Lactobacillos*, *enterococcus*, *pediococcus* y bacillos y algunos hongos microscópicos como levaduras de tipo *Saccharomyces*.

**4.7.1 Definición.** Balcazar<sup>83</sup>, define el probiótico como un suplemento microbiano formado por un cultivo simple o mixto de microorganismos seleccionados, que al adicionarlo manipula a las comunidades microbianas presentes en los sistemas de producción.

---

<sup>79</sup> GATESOUBE, F. J. The use of probiotics in aquaculture. En: Review. Aquaculture.1999. p. 152

<sup>80</sup> LARA, M.; ESCOBAR, L. y OLVERA, M. Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). En: Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Cancún, Quintana Roo. México. 2002, p. 330.

<sup>81</sup> CORAL, J. y TORO, N. Efecto del 17  $\beta$ -estradiol como estimulante en el crecimiento en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante la fase de alevinaje. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de zootecnia.1998. p. 17

<sup>82</sup> RODRIGUEZ, N. Evaluación del crecimiento de juveniles de “chivo cabezón” *Ariopsis bonillai* (Miles, 1945) utilizando dos probióticos comerciales bajo condiciones de laboratorio. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales. Facultad de ciencias agropecuarias. Santa fe de Bogotá. 2005. p.31

<sup>83</sup> BALCAZAR, J. L. 2002. Uso de probióticos en acuicultura. Aspectos generales. Congreso iberoamericano virtual de acuicultura (CIVA) .citado el 15 Agosto.2003. En: [http://: www.civa2002.org](http://www.civa2002.org).

Aguirre<sup>84</sup> menciona que el uso del término probiótico data del año 1974 cuando Parker definió el término como “organismos y sustancias que contribuyen al equilibrio microbiano intestinal”. Actualmente se suprime el uso del término general “sustancias” porque éstas también incluyen a los antibióticos”. Por este motivo, la definición reciente y más acertada es: “Suplemento alimenticio microbiano vivo cuyo beneficio en el huésped es mejorar su equilibrio intestinal”.

Verschuere et al<sup>85</sup> enuncian el término probiótico como un suplemento de microorganismos vivos, que tiene un efecto benéfico sobre la especie acuícola que lo recibe, al modificar la asociación de la comunidad microbiana con el hospedador y/o el medio ambiente acuático, asegurando un mejor aprovechamiento del alimento al incrementar su valor nutricional, mejorar la respuesta contra enfermedades y la calidad del agua de cultivo.

A lo largo de los años se han propuesto más definiciones pero según Scherezzenmeir<sup>86</sup>, se podría decir que “los probióticos son microorganismos vivos que al ser administrados a un huésped, en cantidades suficientes pueden influir en la microflora de una determinada superficie del mismo, produciendo un impacto positivo en la salud”.

#### **4.7.2 Características de los probióticos como suplemento alimenticio.**

Miranda y Orozco citados por Pereira y Rosero<sup>87</sup> coinciden en afirmar que la característica principal de un probiótico es deprimir la flora nociva mediante los productos resultantes de su metabolismo e inducir el incremento de flora benéfica.

Para Salazar y Montoya<sup>88</sup>, las cepas de microorganismos probióticos deben presentar y mantener unas características que garanticen su crecimiento y

---

<sup>84</sup> AGUIRRE G. Aplicación de probióticos en la acuicultura. Memorias del primer simposium internacional de nutrición acuícola. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. 11 al 13 de noviembre de 1992. Disponible en Internet: <http://fmvz.uat.edu.mx/Investigacion/alfabetico/probioti.pdf>. p. 332-337.

<sup>85</sup> VERSCHUERE, L.; ROMBAUT, G.; SORGELOOS, P. y VERSTRAETE, W. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and molecular biology .Reviews*. Vol. 64. Número 4. 2000. p. 653

<sup>86</sup> SCHEREZENMEIR, S. y DE VRESE, M. Probiotics, prebiotics and symbiotics: approaching a definition. 2001. p. 362

<sup>87</sup> PEREIRA, R. y ROSERO, R. Efecto del *Lactobacillus acidophilus* (ATCC 4356) y la Levadura de Cerveza *Saccharomyces cerevisiae* como probióticos en la alimentación de pavos durante la fase de cría. Tesis. Zootecnia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Pasto. Colombia. 1997. p. 7

<sup>88</sup> SALAZAR, B. y MONTOYA, O. Importancia de los probióticos y prebióticos en la salud humana. *En: Vital*, Revista de la facultad de química farmacéutica. Volumen 10, numero 2. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 2001. p. 20-26

supervivencia en el alimento que lo contiene o al que se adiciona; entre esas características están: Viabilidad durante el procesamiento y almacenamiento del alimento (capacidad que tienen estos microorganismos de permanecer vivos, tanto en el alimento como en el intestino del consumidor durante un tiempo determinado), estabilidad frente a ácidos gástricos y biliares (resistir las concentraciones de ácido y sales biliares del estómago o intestino delgado del consumidor), adherencia a la mucosa intestinal (los microorganismos del probiótico deben colonizar el ecosistema del tracto intestinal fijándose al epitelio del mismo, esto se logra gracias a un flujo lento del probiótico a través del tracto)<sup>89</sup> y producción de sustancias antimicrobianas (cuando estos microorganismos metabolizan carbohidratos y sintetizan compuestos como: ácido láctico, fórmico, acético entre otros).

**4.7.3 Beneficios de los probióticos como suplemento alimenticio.** Los probióticos fomentan el equilibrio natural de la flora intestinal en los animales produciendo importantes mejoras en los procesos digestivos, reducen las concentraciones de microorganismos patógenos y su producción de toxinas perjudiciales para los animales y estimulan el sistema inmunológico del huésped, mejorando su resistencia a las enfermedades más comunes permitiendo un crecimiento acelerado y de mejor calidad<sup>90</sup>.

**4.7.4 Mecanismos de acción de los probióticos en el huésped.** Es necesario aclarar que la microflora intestinal de un huésped está compuesta por agentes patógenos y benéficos los cuales se encuentran en equilibrio. Los mecanismos de acción utilizados por las diferentes bacterias son: Producción de sustancias inhibitoras (inhibe la proliferación de bacterias patogénicas al producir ácidos orgánicos, sustancias antibióticas y reducir el pH del intestino)<sup>91</sup>, competencia por nutrientes esenciales (hierro) y por energía disponible de fuentes de carbono, mejorar la respuesta inmune (aumenta las propiedades defensivas de la mucosa intestinal actuando como una barrera frente a los antígenos)<sup>92</sup>, pueden ser fuente de macro o micro nutrientes y/o suministrar enzimas que contribuyan a la digestión y no crea resistencia como sucede con los antibióticos y quimioterapéuticos.<sup>93</sup>

---

<sup>89</sup> AGUIRRE. Op cit. p. 336

<sup>90</sup> LEOVIZ, D. Beneficios de los probióticos. Disponible en Internet: [http:// www.Probioticos.com](http://www.Probioticos.com). 2005.

<sup>91</sup> PEREIRA, R y ROSERO, R. Op cit. p.8

<sup>92</sup> CHUKEATIROTE, E. 2003. Potential use of probiotics songklanakarin. Journal of science and tecnoligy. p. 275-282

<sup>93</sup> BALCAZAR, J. L. Op cit. p. 877

**4.7.5 Sustancias que actúan como probióticos.** Según Irianto y Austin<sup>94</sup>, los probióticos en acuicultura abarcan bacterias Gram positivas y Gram negativas, levaduras, bacteriófagos y algas unicelulares; los cuales se han suministrado incorporados en el alimento artificial, en el alimento vivo (artemia y rotíferos) y en el agua de cultivo. De acuerdo con Lara et al<sup>95</sup>, las levaduras son la opción más viable para ser utilizadas como probióticos en organismos hidrobiológicos de cultivo, debido a su mayor capacidad de adaptación en el medio acuático en comparación a las bacterias ácido lácticas *Lactobacillus* y *Streptococcus*.

- **Levaduras.** Madigan, Martinko y Parker<sup>96</sup>, afirman que los hongos unicelulares *Saccharomyces* pertenecientes a las levaduras, normalmente son células ovales o cilíndricas y su división es por gemación (no desarrollan un micelio, sino que permanecen en estado unicelular durante todo el ciclo de crecimiento). La levadura *S. cerevisiae* es capaz de formar micelio bajo ciertas condiciones, a diferencia de las bacterias las células de las levaduras presentan organelos como el núcleo y prosperan normalmente en ambientes abundantes en azúcares. Algunas de ellas viven en simbiosis con animales, en especial, en insectos y solo algunas son patógenas para los animales y el hombre siendo las más importantes desde el punto de vista comercial las cepas cerveceras y panaderas de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, que a su vez es el hongo más conocido y fácilmente manipulable para su empleo industrial. Además, desde que se conocen sus componentes –selenio orgánico, vanadio, vitaminas, enzimas, monoproteínas y glucanos- se ha empleado como un suplemento en la dieta de pacientes en tratamiento médico y como aditivo alimenticio en la cría de animales con el fin de mejorar la digestibilidad de los alimentos y la producción<sup>97</sup>.

El empleo de *Saccharomyces* como probiótico, ha demostrado aumento en la supervivencia en casi el 90% de los reportes. Las evidencias indican que estimula el sistema inmune de los huéspedes y en este proceso se cree que están involucrados algunos componentes de su pared celular (manoproteínas y glucanos). Se ha sugerido su empleo como probióticos en maricultura, por la capacidad que tiene para adaptarse a altas salinidades<sup>98</sup>.

---

<sup>94</sup> IRIANTO, A. y AUSTIN, B. Op cit, p. 634.

<sup>95</sup> LARA et al. Op cit p. 315.

<sup>96</sup> MADIGAN, M. T.; MARTINKO J. M.; PARKER J. Brock: Biología de los microorganismos. 8ª Edición. Prentice Hall Iberia. Madrid, España. 1999. p. 776

<sup>97</sup> BYOUNG-GEOUN M.; YONGSEONG K. Analysis of health related microbes by capillary electrophoresis. Bulletin of Korean chemical society. Volumen 24, N°8, 2003. En: <http://journal.kcsnet.org.kr/publi/bul/by03n8/1203.pdf>. Acceso 15 de mayo de 2006. p. 1204.

<sup>98</sup> SCHOLZ U.; GARCIA G.; RICQUE D.; CRUZ L. E.; VARGAS F.; LATCHFORD J. Enhancement of vibriosis resistance in juvenile (*Penaeus vanamei*) by supplementation of diets with different yeast products. Aquaculture 176, 1999 p. 273

**4.7.6 Colonización y adhesión.** Son los principales procesos para que los organismos probióticos puedan ejercer su efecto benéfico en el tracto gastrointestinal de las especies hidrobiológicas de cultivo<sup>99</sup>. Fuller citado por Gullian<sup>100</sup> manifiesta que la colonización es el proceso por el cual los microorganismos ingresan en el huésped y se mantienen viables, siendo aquellos de rápido crecimiento los que presentan mayor habilidad de penetración. Aguirre<sup>101</sup> menciona que la verdadera colonización ocurre cuando la cepa permanece por largo tiempo en el intestino del huésped y forma parte del ecosistema del tracto intestinal. Un importante sitio para la adhesión y colonización bacteriana es la mucosa que cubre las células intestinales que es la superficie de contacto inicial para los microorganismos ingeridos, Vine et al. citados por Palacios<sup>102</sup>.

**4.7.7 Empleo de probióticos en acuicultura.** Una alternativa que se ha encontrado en los probióticos, es el control de microorganismos patógenos debido a que los animales acuáticos constantemente los están ingiriendo del medio y que por su alta concentración dentro del ecosistema influyen en su estado de salud<sup>103</sup>. Balcazar<sup>104</sup> sostiene que las investigaciones se están orientando hacia las relaciones presentes entre la microflora intestinal con el medio acuático y/o la dieta, por lo que resulta favorable el empleo de probióticos para contribuir al establecimiento temprano de una flora benéfica en el intestino del huésped que actúa como una barrera frente a posibles patógenos invasores que son los causantes de grandes pérdidas y mortalidades en las primeras etapas de vida.

El uso de probióticos busca bacterias benéficas que sean residentes normales de la microflora de los organismos acuáticos con lo que se espera asegurar la permanencia de éstas cepas en las diferentes superficies mucosas del huésped, constituyendo una barrera de protección en la piel, branquias y tracto gastrointestinal<sup>105</sup>.

---

<sup>99</sup> 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

<sup>100</sup> GULLIAN, M. Op cit p. 3

<sup>101</sup> AGUIRRE, G. Op cit. p 336

<sup>102</sup> PALACIOS, P. Op cit. p. 47

<sup>103</sup> VERSCHUERE, L y Otros. Op. cit., p. 656.

<sup>104</sup> BALCAZAR, J. L. Op cit. p. 878

<sup>105</sup> GATESOUPE, F. J. Op. cit., p. 152.

## 4.8 SIMBIÓTICOS

De las Cagigas y Blanco<sup>106</sup> la definen como la combinación de prebióticos con probióticos que benefician al huésped mediante el aumento de la sobrevivencia e implantación de los microorganismos vivos en el sistema gastrointestinal. Los mismos autores describen un efecto sinérgico entre ambos, es decir, los simbióticos pueden estimular el crecimiento de cepas específicas y por tanto contribuir a la instalación de una microflora bacteriana propia del hospedador.

De acuerdo con Santóma<sup>107</sup>, varios investigadores afirman que los oligosacáridos en combinación con un inoculante microbiano apropiado son efectivos en el establecimiento o reestablecimiento de un ecosistema microbiano intestinal con un efecto barrera elevado frente a los patógenos.

La simbiosis entre los prebióticos y los probióticos en la dieta actúan como beneficiadores de las bacterias presentes en los probióticos. Esta asociación de funciones trae al hospedadero beneficios también duplicados, pues si se tiene la suplementación constante de prebióticos en la dieta, siempre acarreará el desarrollo de las bacterias intestinales, con el consecuente beneficio al hospedero. Gibson y Roberfroid, citados por Rycroft<sup>108</sup>.

## 4.9. USO DE INVERNADEROS EN ACUACULTURA

Calderon y Sonnenholzner<sup>109</sup> mencionan que aun falta mucho para que la industria pueda contar con un modelo aceptable de invernaderos aptos para la acuicultura. Entre los retos que se debe enfrentar están: El control de la temperatura del agua, control de las pérdidas de calor y entender el efecto de la radiación que penetra en el invernadero en la dinámica del estanque. Dentro de la gama de invernaderos los más económicos de construir son los que tienen estructura en guadua; pero, aun se está lejos de tener un diseño estándar que garantice una operación adecuada del sistema con una amortización razonable de la inversión. En especies acuícolas especialmente camarón (*Penaeus vannamei*) se han hecho algunos ensayos con el fin de probar el beneficio de cultivo con temperaturas del agua relativamente altas, incremento que se logra utilizando invernaderos.

---

<sup>106</sup> DE LAS CAGIGAS, A. y BLANCO, J. Op cit. p. 67.

<sup>107</sup> SANTÓMA, G. Op. cit., p. 20.

<sup>108</sup> RYCROFT, E. Op cit. P 10.

<sup>109</sup> CALDERON, J Y SONNENHOLZNER. Cultivo de camarón. Experiencias y desafíos en el uso de invernaderos. Panorama de acuicultura. Disponible en Internet: <http://www.cámaradeacuiculturadel ecuador.ec>.

#### 4.10. SISTEMAS DE CULTIVO INTENSIVO

Mariño<sup>110</sup> afirma que el cultivo intensivo es un sistema que busca una elevada producción en el menor espacio (alta concentración de animales, control estricto del alimento y del medio de cultivo). Se realizan normalmente en instalaciones separadas del medio natural, tanques o piscinas aisladas que cuenten con sistemas técnicos de captación, recirculación de agua, y control total del medio y de los individuos.

---

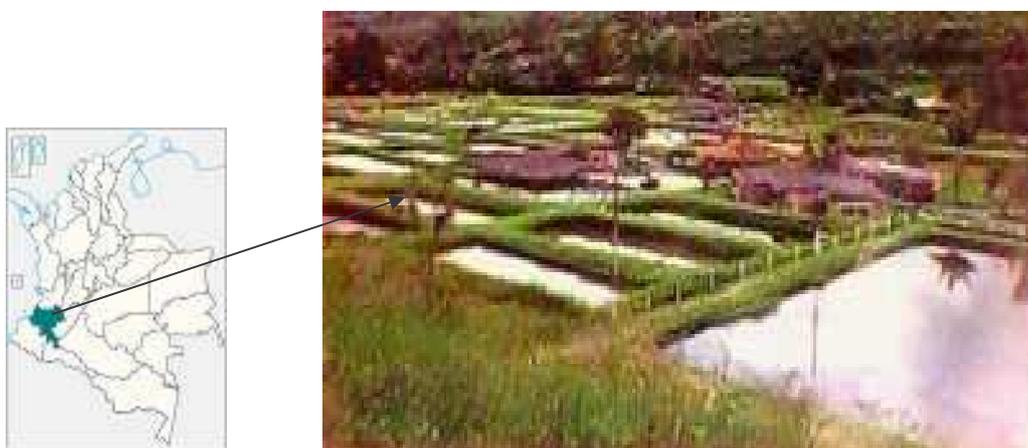
<sup>110</sup>MARIÑO, M. Cultivo de tilapia en Cuba, consideraciones generales, características y perspectivas. Disponible en Internet: <http://www.sipsa-e.com/ipac-noticias.htm>.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se llevó a cabo en La Estación Piscícola de Pambio perteneciente a la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), se encuentra localizada en el municipio de Timbio (Cauca); con una temperatura ambiental promedio de 19°C, precipitación anual de 1.250 mm., altura de 1.750 msnm.<sup>111</sup>, latitud de 4°35'56.57" Norte y Longitud de 74°4'51.30" Oeste<sup>112</sup>. (Figura 2).

**Figura 2. Estación piscícola Pambio**



### 5.2 PERIODO DE ESTUDIO

La investigación se realizó durante el periodo comprendido entre los meses de Febrero a Octubre de 2006, en los cuales, se realizó adecuación del estanque, instalación de corrales, selección de los ejemplares y se evaluó durante 4 meses el efecto comparativo de un prebiótico a base de nucleótidos, fitohormonas y betaglucanos y un probiótico orgánico constituido por tres cepas de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*), como estimulantes de crecimiento de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*).

---

<sup>111</sup> VILLA, W. y JURADO, I. Análisis de la producción y mercadeo de la tilapia roja *Oreochromis spp.* en el municipio de Timbio. Cauca. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Zootecnia. 1999. p. 22

<sup>112</sup> SIGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento el Cauca. Citado el 10 de septiembre del 2007. Disponible en Internet: [http://209.15.138.224/colombia\\_mapas/m\\_Cauca.htm](http://209.15.138.224/colombia_mapas/m_Cauca.htm)

## 5.2 MATERIAL BIOLÓGICO

Se evaluaron 720 alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) (Figura 3) adquiridos en una empresa privada ubicada en el municipio de Tuluá (Valle del Cauca) con un peso promedio de  $3.49\text{g} \pm 0.24\text{g}$ , coeficiente de variación de 6.88% y una longitud total promedio de  $5.08\text{cm} \pm 0.51\text{cm}$ , coeficiente de variación de 10.04%. El transporte se efectuó en bolsas plásticas, calibre 6 con una capacidad de 15 litros, temperatura promedio de  $25^{\circ}\text{C}$  y oxígeno de 6.2 ppm. El tiempo de transporte fué de 4 horas y no generó mortalidad. Los alevinos se sembraron en un estanque excavado de  $300\text{ m}^2$ , a una densidad de 5 alevinos por metro cuadrado y 60 alevinos por corral.

**Figura 3. Alevino de tilapia roja (*Oreochromis spp.*)**



## 5.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS

**5.3.1 Corrales.** El ensayo se realizó en un estanque excavado de  $300\text{ m}^2$  y una profundidad promedio de 1,0 m., cubierto con plástico calibre 8 (Figura 4) para corregir las fluctuaciones bruscas de temperatura que se presentan en el agua de la estación.

**Figura 4. Estanque tipo invernadero**

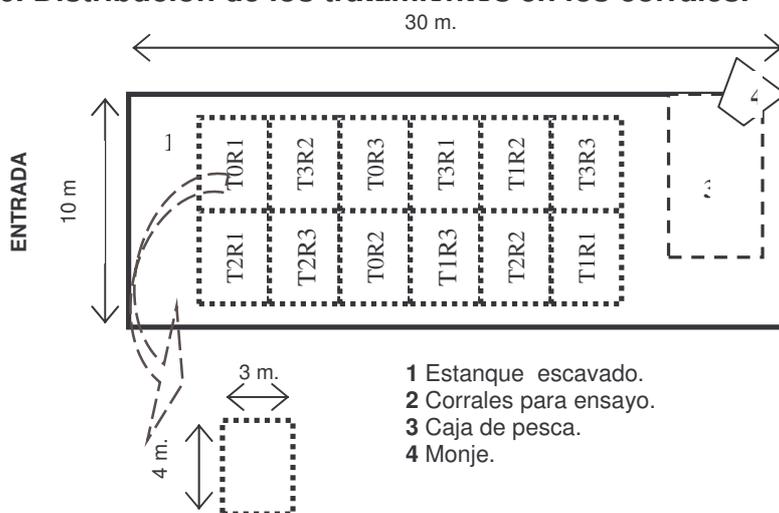


Se implementaron en este estanque 12 corrales de 12 m<sup>2</sup> (3,0 m de largo x 4,0 m de ancho) cada uno, para un total de 12 unidades experimentales (Figura 5 y 6) construidas en un área de 144 m<sup>2</sup>., malla de anqueo de 1/8" de ojo de malla sostenida por alambre de amarre galvanizado y soportes en guadua.

**Figura 5. División del estanque tipo invernadero en corrales.**



**Figura 6. Distribución de los tratamientos en los corrales.**



### 5.3.2 Materiales y equipos.

- ⊕ Balanza analítica de precisión marca Quality ref. Precisa, 202 Arango, con escala de 0.0001 a 120 g.
- ⊕ Balanza gramera digital. Marca Tanita, modelo 1479 rango 0.1 a 100 g.
- ⊕ Ictiómetro
- ⊕ Nasa con mango de aluminio

- ⊕ Malla de arrastre (Velo de malla mosquetero)
- ⊕ Molino eléctrico con un motor de 1/2 HP marca Magnetek
- ⊕ Malla (1/8 ojo de malla)
- ⊕ Hilo Terlenca
- ⊕ Guadua
- ⊕ Alambre de amarre galvanizado
- ⊕ Serchas
- ⊕ Manguera de 1/2"
- ⊕ Manguera azul para gas
- ⊕ Tubería y accesorios PVC
- ⊕ Beaker de 200 ml
- ⊕ Sal marina industrial
- ⊕ Azul de metileno
- ⊕ Agua destilada
- ⊕ Almidón de yuca
- ⊕ Termómetro escala 0 a 100 °C
- ⊕ Bandejas de aluminio
- ⊕ Baldes y platos plásticos de 30 L.
- ⊕ Estufa eléctrica Mettler.
- ⊕ Horno Memmert con graduación de temperatura.

## 5.4 PLAN DE MANEJO

**5.4.1 Manejo del estanque.** Antes de iniciar con la fase experimental, se secó completamente el estanque, se desinfectó y neutralizó la acidez con cal en proporciones de 100 a 200 g/m<sup>2</sup> aplicados en paredes y taludes durante dos días de exposición. Por tratarse de un sistema intensivo donde predomina el alimento artificial no se utilizó ningún tipo de abono, evitando así la proliferación de algas en el estanque y la disminución considerable de las concentraciones de oxígeno en las noches.

**5.4.2 Aclimatación.** Se llenó el estanque y se dejó madurar durante cinco días para permitir la estabilización de los parámetros fisicoquímicos y evitar mortalidades a la siembra. Antes de colocar los alevinos en los corrales, se dejaron flotar las bolsas plásticas que contenían los alevinos durante 20 minutos en la superficie del agua para equilibrar temperaturas. Pasado este tiempo, se comparó la temperatura del agua de las bolsas con la temperatura del agua del estanque hasta que fueron iguales y posteriormente se permitió la salida voluntaria de los ejemplares. (Figura 7).

**Figura 7. Aclimatación y siembra de alevinos de tilapia roja (*O. spp.*)**



**5.4.3 Parámetros físico-químicos del agua.** Se levantó un registro diario de temperatura con un termómetro de escala de 0.0 a 100 °C para establecer las posibles variaciones, en caso de constatar fluctuaciones amplias, se procedía a efectuar un recambio del 10% del volumen del estanque con el fin de mantener las condiciones de temperatura lo mas estables posibles. Los niveles de oxígeno disuelto y pH, se monitorearon quincenalmente y otros parámetros como: nitritos, nitratos, amonio, dureza, alcalinidad, acidez, turbidez, hierro y fosfatos se determinaron una vez durante el periodo experimental, en el laboratorio ambiental de la CRC.

**5.4.4 Muestreos.** Los muestreos se realizaron quincenalmente en horas de la mañana para evitar el estrés, colectando el 24% de los alevinos de cada unidad experimental. En los días de muestreo, no se alimentó a los ejemplares para reducir el consumo de oxígeno y la actividad metabólica. Los alevinos se capturaron mediante una malla tipo mosquetero y se procedió a medir y pesar los ejemplares utilizando un ictiómetro de madera en escala de 0,0 cm. a 50,0 cm. y una balanza de 0,1 g. a 100 g. (Figura 8).

**Figura 8. Medición y pesaje de ejemplares de tilapia roja (*O. spp.*)**



La información obtenida se registró en una base de datos y posteriormente se calculó y analizó los incrementos de peso y longitud, peso total de la población y cantidad de alimento a suministrar.

**5.4.5 Profilaxis.** Después de cada muestreo se realizaron tratamientos profilácticos de inmersión con azul de metileno en proporción de 30 ppm. durante 15 minutos. (Figura 9). Cuando se observaban lesiones externas en los animales manipulados, se implementaba un baño con sal marina en proporción de 5 g/L de agua, en baldes plásticos con capacidad de 80 L.

**Figura 9. Labores de profilaxis**



## **5.5 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN**

**5.5.1 Alimento.** Se utilizó un alimento comercial balanceado con 34.0% de proteína, 12.0% de humedad, 8.0% de grasa, 6.0% de fibra y 12.0% de ceniza, según datos consignados en etiqueta, de acuerdo a las necesidades nutricionales de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*). A tres dietas experimentales se les adicionó probiótico y/o prebiótico (Figura 10). El probiótico a base de levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*) especialmente seleccionada y fortificada con fines acuícolas; a una concentración de 10.000 a 20.000 millones de células vivas por gramo; en contraste, el prebiótico fué una mezcla homogénea de nucleótidos, fitohormonas, fortalecido con biotina y  $\beta$ -glucanos.

**Figura 10. Probiótico y promotor de crecimiento utilizados en las dietas**



**5.5.2 Alimentación.** El alimento se suministró diariamente a razón del 8.0% del peso vivo durante los primeros 45 días y se redujo quincenalmente a 5.0% al final del periodo hasta completar los cuatro meses de estudio, evitando así desperdicio del alimento. Los peces fueron alimentados seis días a la semana, en tres comidas diarias, a las 8:00 a.m., 11:00 a.m. y 2:00 p.m., según lo reportado por Hepher y Pruginin<sup>113</sup>.

La dosificación del tratamiento 2 se realizó de acuerdo a las instrucciones de la casa fabricante, se reemplazó el 10% del alimento artificial durante 45 días, después de este lapso de tiempo los ejemplares recibieron alimento balanceado comercial con 34% de proteína similar al tratamiento testigo.

**5.5.3 Incorporación de los promotores de crecimiento.** Los estimulantes de crecimiento se adicionaron al alimento mediante el método de impregnación con almidón establecido por López y Espinosa<sup>114</sup> que consistía en pesar 10 g. de almidón de yuca y se disolvió en 200 ml. de agua destilada. Esta solución se calentó en una estufa eléctrica hasta conseguir el punto de ebullición, agitando constantemente para evitar la formación de grumos. Se dejó enfriar y se adicionó agua destilada para recuperar el agua evaporada durante el proceso y obtener los 200 ml. iniciales. Posteriormente; se adicionaba 4 g de probiótico o promotor de crecimiento en la solución de almidón, obteniendo una mezcla homogénea y se incorporaba esta solución de almidón con los inmunopotenciadores a un kilogramo de balanceado comercial mediante micromezcla. Con el fin de reducir el

<sup>113</sup> HEPHER, B. y PRUGININ, Y. 1994. Op cit. p. 150

<sup>114</sup> LÓPEZ, J. N. y ESPINOSA, S. Revista electrónica. Ingeniería en Producción Acuícola. Universidad de Nariño. 2006.

porcentaje de humedad que adquiriría el alimento durante el proceso, se secaba en un horno a 30°C por 5 horas.

## 5.6 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Se efectuó el análisis bromatológico para cada una de las dietas experimentales en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño; con el fin de establecer las posibles modificaciones nutricionales del alimento con relación a humedad, materia seca, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda, proteína y extracto no nitrogenado. Se comprobó además que las dietas eran isonitrogenadas e isoenergéticas por medio de la medida estadística no paramétrica denominada distancia ciudad<sup>115</sup>, representada con el siguiente modelo:

$$Dc = | X_i - X |$$

Donde:

**Dc:** Distancia ciudad

$X_i$ : Datos de nitrógeno y energía para cada uno de los tratamientos.

$X$ : Dato promedio de nitrógeno y energía.

## 5.7 TRATAMIENTOS

Los ejemplares fueron distribuidos aleatoriamente a una densidad de siembra de 5 peces/m<sup>2</sup> en 12 unidades experimentales de 60 peces cada una, en un Diseño Irrestrictamente al Azar (DIA) conformado por cuatro tratamientos y tres réplicas de la siguiente forma:

**T<sub>0</sub>** = Balanceado comercial con 34% de proteína.

**T<sub>1</sub>** = Balanceado comercial adicionado con 4g de probiótico comercial por kilogramo de alimento.

**T<sub>2</sub>** = Balanceado comercial, reemplazado en un 10% por el prebiótico comercial durante 45 días de suministro, según recomendaciones de la casa fabricante

**T<sub>3</sub>** = Balanceado comercial adicionado con 2g de prebiótico y 2g de probiótico por kilogramo de alimento.

---

<sup>115</sup> IMUEZ, M. A. 2007. Com. Per.

## 5.8 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>**= Hipótesis nula: El balanceado comercial con y sin la inclusión de probiótico y/o prebiótico en la alimentación de tilápia roja (*Oreochromis spp.*), genera estadísticamente el mismo valor medio sobre las variables evaluadas.

**H<sub>1</sub>**= Hipótesis alterna: El balanceado comercial con y sin la inclusión de probiótico y/o prebiótico en la alimentación de tilápia roja (*Oreochromis spp.*), genera estadísticamente un resultado medio diferente en por lo menos una de las variables evaluadas.

## 5.9 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos recolectados quincenalmente durante los muestreos; fueron analizados mediante el siguiente modelo matemático:

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

Donde:

**Y<sub>ij</sub>**: Respuesta de la i-ésima unidad experimental que recibe el j-ésimo tratamiento.

**μ**: Media

**t<sub>j</sub>**: Efecto del j-ésimo tratamiento

**j**: Tratamiento 0, 1, 2,3

**i**: Replicas 1, 2,3

**e<sub>ij</sub>**: Error experimental asociado a la i-ésima unidad experimental sometida al j-ésimo tratamiento.

Con el software estadístico STATGRAPHICS PLUS 5.1 se efectuó un análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y en aquellas variables que registraron diferencias estadísticas, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 95% de confiabilidad con el propósito de establecer el mejor tratamiento.

## 5.10 VARIABLES EVALUADAS

**5.10.1 Incremento periódico de peso (IP)**. Se refiere a la ganancia de peso obtenido por un individuo, en un determinado periodo de tiempo y se calcula de acuerdo a la siguiente formula:

$$IP = W_f - W_i$$

Donde:

**IPD:** Incremento de peso.

Wf: Peso final en gramos.

Wi: Peso inicial en gramos.

**5.10.2 Tasa de crecimiento específica (TCE):** Es el incremento de peso expresado en porcentaje, ganado por un individuo durante un periodo de observación.

$$\text{TCE (\%)} = \left( \frac{\text{Ln } W_f - \text{Ln } W_i}{T} \right) \times 100$$

Donde:

**TCE (%):** Porcentaje del crecimiento quincenal.

Ln: Logaritmo natural.

Wi: Peso inicial en gramos.

Wf: Peso final en gramos.

T: Periodo de tiempo en días.

**5.10.3 Incremento de Longitud (IL):** El aumento de longitud durante un periodo de tiempo, y se calcula mediante la fórmula:

$$\text{IL} = L_f - L_i$$

Donde:

**ILD:** Incremento de longitud.

Lf: Longitud final en centímetros.

Li: Longitud inicial en centímetros.

**5.10.4 Tasa de Mortalidad.** Es el porcentaje de animales muertos en un periodo de tiempo específico.

$$\text{TM (\%)} = \left( \frac{P_i - P_f}{P_i} \right) \times 100$$

Donde:

**TM (%):** Porcentaje de mortalidad

Pi: Población al iniciar la investigación.

Pf: Población al final de la investigación.

Para determinar si existían diferencias estadísticas significativas con relación a esta variable se utilizó la prueba de Brandt Snedecor por ser ésta una variable binomial discreta con la fórmula:

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

$\chi^2 c \geq \chi^2 t_{(1-\alpha/2)}$  existen diferencias estadísticas significativas.

Donde:

$\alpha_i$ : Respuesta de éxitos.

$p_i$ : Probabilidad de éxito.

$p$ : Éxitos.

$q$ : Fracazos.

**5.10.5 Conversión Alimenticia Aparente.** Es la relación entre unidades de alimento suministrado y unidades de peso incrementado durante un periodo de observación y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{C.A.A.} = \frac{\text{A.S.}}{\text{I.P}}$$

Donde:

**C.A.A.:** Conversión alimenticia aparente.

**A.S.:** Alimento suministrado en kilogramos.

**I.P.:** Incremento de peso en kilogramos.

**5.10.6 Análisis parcial de costos.** Se implementó teniendo en cuenta el valor de los alevinos, consumo de alimento artificial, cantidad del probiótico y promotor comercial incorporados en los distintos tratamientos. Con base en estos se calculó la relación beneficio-costos y la rentabilidad aparente, para determinar el mejor tratamiento desde el punto de vista económico con la fórmula:

$$\text{B-C} = \frac{\text{IT}}{\text{CT}}$$

Donde:

**B-C:** Relación beneficio-costos.

**IT:** Ingreso total (kilogramos de producción por precio de venta).

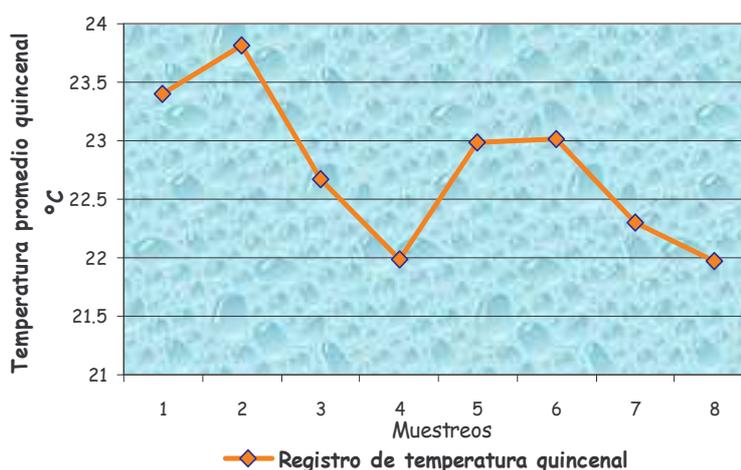
**CT:** Costo total (Costos fijos más costos variables).

## 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

La temperatura promedio registrada en esta investigación fue de 22.77°C, con un valor mínimo de 21.97°C y un máximo de 23.81°C (Figura 11), valores que son considerados como temperaturas mínimas efectivas para especies de aguas calidas como las tilapias, López<sup>116</sup> y Kubitza & Kubitza<sup>117</sup>, las fluctuaciones de temperatura durante las 24 horas, no afectaron negativamente las variables de crecimiento de los ejemplares de tilapia roja, debido a la rusticidad de esta especie. (Anexo A).

**Figura 11. Curva de temperatura promedio quincenal.**



En la Tabla 2 se muestran los valores de temperatura, oxígeno disuelto y pH promedio quincenal durante el periodo de estudio. El pH promedio en el estudio fue de 7.95 con un mínimo de 7.75 y un máximo de 8.21 y el promedio para oxígeno disuelto fue de 6.50 mg/L con un valor mínimo de 6.35 mg/L y un máximo de 6.65 mg/L la muestra para el análisis de agua fue tomada de un punto medio del estanque.

Las Figuras 12 y 13, indican el comportamiento quincenal para pH y Oxígeno disuelto. Estos valores son adecuados para cultivos intensivos y extensivos de tilapia, Wicky<sup>118</sup>.

<sup>116</sup> LOPEZ, J. N. 1997. Op cit. p.19.

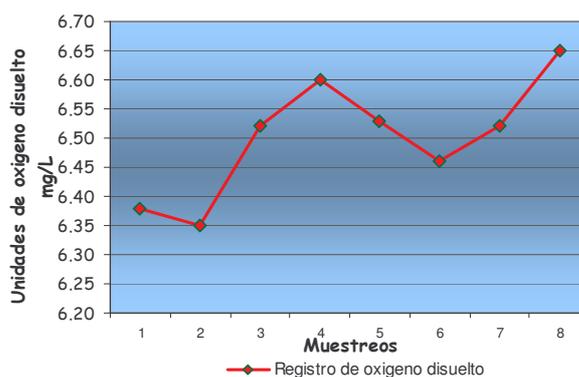
<sup>117</sup> KUBITZA & KUBITZA. Op cit. p. 3

<sup>118</sup> WICKY, G. Op cit. p. 39

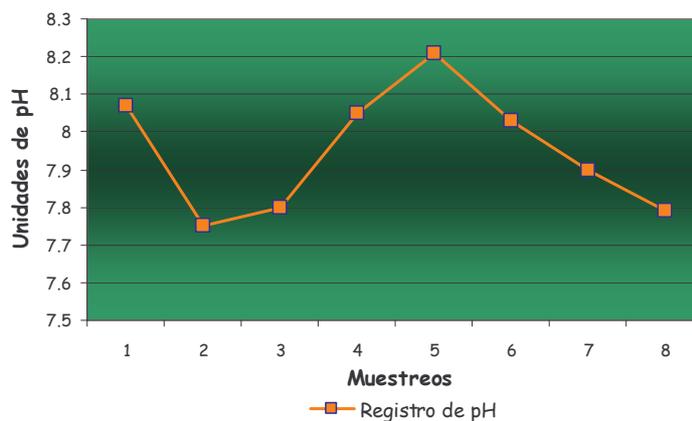
**Tabla 2. Valores de temperatura, oxígeno disuelto y pH promedio durante el periodo de estudio.**

Muestreo	Temperatura °C	Oxígeno disuelto mg/L	pH
Siembra	23.40	6.38	8.07
15 días	23.81	6.35	7.75
30 días	22.67	6.52	7.80
45 días	21.99	6.60	8.05
60 días	22.98	6.53	8.21
75 días	23.01	6.46	8.03
90 días	22.30	6.52	7.90
105 días	21.97	6.65	7.79

**Figura 12. Comportamiento quincenal para Oxígeno disuelto.**



**Figura 13. Comportamiento quincenal para pH.**



Los demás parámetros fisicoquímicos como, amonio, alcalinidad, nitritos, dureza, fosfatos, turbidez, nitratos, hierro y acidez; se registraron una vez durante todo el periodo de estudio. (Anexo B). Según Wicky<sup>119</sup>, los parámetros químicos de amonio y alcalinidad del agua se encuentra dentro de los rangos normales para el crecimiento adecuado de la tilapia roja, pero, para el mismo autor<sup>120</sup>, los valores de nitritos, dureza y fosfatos están por debajo del rango óptimo.

## 6.2 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Se efectuó un análisis bromatológico proximal para cada una de las dietas que contenían los estimulantes de crecimiento (Anexo C - E), siguiendo el protocolo de Weende, al balanceado comercial no se le realizó este análisis y sus valores fueron copiados directamente de la etiqueta del producto comercial. Se verificó que la composición de la dieta no fue afectada por la inclusión del probiótico y prebiótico y se demostró que eran isonitrogenadas e isoenergéticas, aportando los nutrientes necesarios para el crecimiento adecuado de la tilapia roja, según lo reportado por López (1997)<sup>121</sup> (Tabla 3). Igualmente la prueba estadística no paramétrica, distancia ciudad, demostró que las dietas eran similares al presentar un coeficiente de variación menor a 5%. (Anexo F).

**Tabla 3. Análisis bromatológico proximal de los tratamientos**

<b>Análisis</b>	<b>T0 %BS</b>	<b>T1 %BS</b>	<b>T2 %BS</b>	<b>T3 %BS</b>
Ceniza	12	8.87	10.40	8.17
Extracto etéreo	8	3.07	2.58	3.03
Fibra cruda	6	6.40	5.89	5.70
Proteína	34	36.12	35.75	36.34
E.N.N.	40	45.53	45.38	46.75

## 6.3 VARIABLES EVALUADAS

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

<sup>119</sup> WICKY, G. Op cit. p. 39

<sup>120</sup> Ibid. p. 39

<sup>121</sup> LÓPEZ, J. N. 1997 Op cit. p. 22

**6.3.1 Consumo aparente de alimento.** La estimación del consumo de alimento se realizó con base en el suministro diario en tasas que variaron del 8 al 5%. Los promedios quincenales en Kg de alimento, fueron: 2.33 para el tratamiento testigo, 2.79 tratamiento 1, 2.52 tratamiento 2 y 3.49 tratamiento 3. (Tabla 4).

**Tabla 4. Tasa de alimentación y consumo quincenal de alimento promedio de los tratamientos.**

Tratamiento	Tasa de alimentación %	Consumo de alimento (g)
T0	6.86	2330
T1	6.71	2790
T2	6.86	2520
T3	6.14	3490

Cabrera y Santacruz<sup>122</sup> establecen las mismas diferencias en el consumo de alimento al evaluar el efecto de un promotor de crecimiento (flavofosfolipol) sobre postlarvas de camarón, concluyendo que los efectos profilácticos y antiestresantes de los promotores de crecimiento favorecen la síntesis y asimilación de nutrientes de la dieta, debido, a que el alimento se distribuyó teniendo en cuenta los datos aportados por el muestreo con relación al incremento periódico de biomasa. En consecuencia, se observaron los valores más altos de consumo en los tratamientos que presentaron mayores incrementos de peso.

El análisis de varianza realizado para consumo de alimento en esta investigación ( $p > 0.05$ ) (Anexo G) detectó que no existían diferencias estadísticas significativas lo que permite asegurar que los tratamientos evaluados se comportaron de igual manera en cuanto a esta variable.

Valores estadísticos similares obtuvieron López et. al.<sup>123</sup>; Coral y Zambrano<sup>124</sup>, al incluir inmunoestimulantes en la alimentación de trucha arco iris, demostrando así que la adición de estimulantes de crecimiento en la dieta de los organismos hidrobiológicos no afectan el consumo de alimento promedio. Corroborando lo

<sup>122</sup> CABRERA, S. y SANTACRUZ, C. Op cit. p.48 – 51

<sup>123</sup> LOPEZ, J.; IMUEZ, M.; BURGOS, A.; RODRIGUEZ, J.; MENA, P. y TORRES, C. Evaluación de inmunoestimulantes en las fases de levante y ceba de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), cultivada en jaulas flotantes. En el lago Guamuez. Universidad de Nariño. Vicerectoría de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales. Sistema de investigaciones. Pasto. Colombia.2005. p. 75

<sup>124</sup> CORAL, I. y ZAMBRANO, A. Evaluación comparativa del efecto de un probiótico comercial y un inmunoestimulante en la fase de levante intensiva de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencia Pecuarías. Departamento de recursos hidrobiológicos. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2006. p 55

expuesto López et al.<sup>125</sup>, comprobaron que el control riguroso en la distribución de alimento de acuerdo a talla, edad, salud, características fisicoquímicas del agua, número de comidas por día y validez de los muestreos realizados son las condiciones determinantes en el consumo de alimento individual y total de la población. Igualmente no detectan diferencias Narváez y Recalde<sup>126</sup> al evaluar un promotor de crecimiento (oxitetraciclina) en la fase de levante de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) reafirmando que los antibióticos actúan sobre el intestino y sobre el metabolismo en general.

**6.3.2 Incremento periódico de peso.** El peso inicial de la población (Tabla 5) presentó un coeficiente de variación de 6.25% para el T0, de 8.26% T1, de 7.78% T2 y de 4.64% T3; los cuales están por debajo del 15% demostrando así la homogeneidad de la población en el momento de la siembra lo que permite concluir que el peso inicial no fué fuente de variación en el análisis. Acuña y Guevara citados por Palacios<sup>127</sup>; y Rodríguez<sup>128</sup>, sostienen que coeficientes superiores a 15% demuestran escasez de alimento, variaciones en tallas y pesos y espacio insuficiente para el crecimiento. Además, el peso promedio de los cuatro tratamientos al momento de la siembra no presentó diferencias estadísticas significativas según análisis de varianza ( $p \geq 0.05$ ) (Anexo H).

**Tabla 5. Peso inicial y final de la población para cada tratamiento.**

	T0	T1	T2	T3
<b>Peso inicial</b>				
<b>Promedio g.</b>	3.52 ± 0.22	3.51 ± 0.29	3.34 ± 0.27	3.45 ± 0.16
<b>Peso final</b>				
<b>Promedio g.</b>	48.26 ± 7.99	64.37 ± 13.83	48.48 ± 7.62	89.49 ± 10.58
<b>Coeficiente de Variación peso Inicial. %</b>	6.25	8.26	7.78	4.64

En la tabla 6 se reportan los resultados de las variables incremento de peso e incremento de longitud. El análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) demuestra que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos. (Anexo I).

<sup>125</sup> LOPEZ, J. N. et al. 2005 Op cit. p. 75

<sup>126</sup> NARVAEZ, A Y RECALDE, A. Op cit. p.41 – 42

<sup>127</sup> PALACIOS, P. Op cit. p. 100

<sup>128</sup> RODRIGUEZ, N. Op cit. p. 48-49.

**Tabla 6. Incrementos individuales promedios por muestreo de peso y longitud total.**

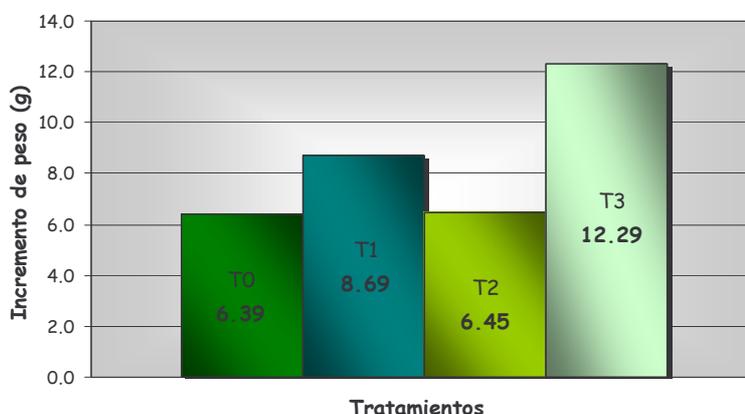
Tratamiento	T0		T1		T2		T3	
	IP	IL	IP	IL	IP	IL	IP	IL
<b>1</b>	5.87	1.01	8.47	1.30	6.51	1.04	12.20	1.56
<b>2</b>	6.81	1.05	8.56	1.25	6.34	1.08	12.42	1.59
<b>3</b>	6.50	1.06	9.05	1.38	6.50	1.06	12.26	1.58
<b>Promedio</b>	<b>6.39<sup>a</sup></b>	<b>1.04<sup>a</sup></b>	<b>8.69<sup>b</sup></b>	<b>1.31<sup>b</sup></b>	<b>6.45<sup>a</sup></b>	<b>1.06<sup>a</sup></b>	<b>12.29<sup>c</sup></b>	<b>1.58<sup>c</sup></b>

\*Medias con superíndices iguales no son significativamente diferentes, ( $p \leq 0.05$ ).

Además la prueba de significancia de Tukey, ( $P \geq 0.05$ ) (Anexo J) estableció que el tratamiento T3, el cual corresponde a la adición simultanea de 2 g de prebiótico y 2 g de probiótico por kilogramo de alimento, presentó el mejor resultado, con un incremento de 92.33% superior al testigo, seguido por T1 con 35.99% y el T2 con 0.94%. (Figura 14).

Valores que son excelentes para esta estación piscícola teniendo en cuenta sus condiciones medioambientales hacen que un ciclo productivo para tilapia roja (*O. spp.*) se demore nueve meses.

**Figura 14. Incrementos individuales de peso promedio quincenal de los tratamientos.**



Lo anterior esta de acuerdo con Lara et al<sup>129</sup>, quienes estudiaron el efecto del promotor de crecimiento convencional (oxitetraciclina) y un probiótico comercial a base de (*Lactobacillus acidophillus* y *Streptococcus faecium*) en el crecimiento de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) y obtuvieron mejores incrementos de peso

<sup>129</sup> LARA et al. Op cit. p. 317.

con el probiótico. Los mismos autores<sup>130</sup>, al comparar la mezcla señalada con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) concluyeron que la adición de ésta a la dieta se refleja en mayores ganancias de peso. De acuerdo con Vershuere<sup>131</sup>, los ensayos con probióticos de cepas específicas presentan resultados positivos, pero, no son tan efectivos, como las mezclas de diferentes tipos de probióticos. Gatesoupe (2002)<sup>132</sup>, evaluó *S. cerevisiae*, adicionada a nauplios de artemia en la alimentación de larvas de (*Poecilia pollachius*), no determinó efecto significativo en el crecimiento, contrastando con el incremento de peso registrado en larvas alimentadas con bacterias ácido lácticas. Igualmente, Ashraf (2002)<sup>133</sup> obtuvo resultados semejantes al evaluar la supervivencia y el crecimiento de *Salvelinus alvinus* con una mezcla bacteriana, logrando una tasa promedio de crecimiento superior al control.

En la Tabla 7 se reporta los incrementos individuales por muestreo, individuales diarios promedio y durante todo el periodo experimental de los diferentes tratamientos, obteniendo una mejor ganancia de peso diaria en el tratamiento 3 con 0.82 g, siendo 90.7% superior al tratamiento testigo, seguido por el tratamientos T1 con 0.58 g/día. Sin embargo, los incrementos de peso durante el periodo experimental para el tratamiento testigo y el T2 fueron estadísticamente similares.

**Tabla 7. Incrementos individuales diarios de peso, incrementos individuales por muestreo e incrementos individuales durante el periodo experimental.**

Tratamiento	Incremento* g/muestreo	Incremento promediog/día	Incremento periodo g
T0	6.39 <sup>a</sup>	0.43	44.74
T1	8.69 <sup>b</sup>	0.58	60.86
T2	6.45 <sup>a</sup>	0.43	45.15
T3	12.29 <sup>c</sup>	0.82	86.04

\*Medias con superíndices iguales no son significativamente diferentes, ( $p \leq 0.05$ ).

Guevara y Mateus<sup>134</sup>, al utilizar una mezcla probiótica de *lactobacillus*, *bacillus* y levadura del género *Saccharomices* en juveniles de tilapia roja (*O. spp.*) en dosis

<sup>130</sup> Ibid. p. 318.

<sup>131</sup> VERSHUERE, L; ROMBAUT, G; SORGELOOS, P; VERSTRAETE, W. 2002. Op cit. p. 668

<sup>132</sup> GATESOUBE, F. 2002. Op cit. p. 356

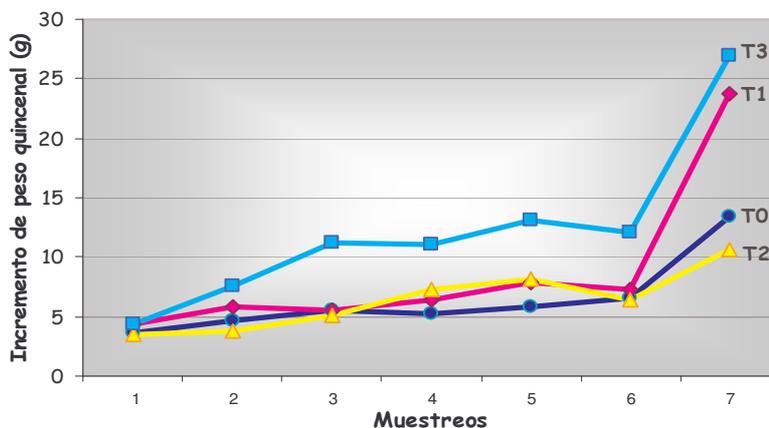
<sup>133</sup> ASHRAF, A. Probiotics in fish farming – evaluation of a candidate bacterial mixture. Vattenbruks institutionen. Rapport 19, Umeå. 2000. p. 12

<sup>134</sup> GUEVARA, J. y MATEUS, R. Evaluación de la utilización de probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis sp.*). Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Bogotá. 2001. p. 25

de 2, 4 y 6 g por Kg de alimento reportaron, incrementos similares a esta investigación con valores promedio de 0.31, 0.45 y 0.52 g/día respectivamente. Resultados estadísticamente superiores al testigo, siendo mejor el tratamiento de 6 g de probiótico por kilogramo de alimento. De igual modo Palacios<sup>135</sup> obtiene diferencias estadísticas significativas en la variable incremento de peso al evaluar dos estimulantes de crecimiento tipo probiótico y prebiótico en el levante y ceba del sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*)

La gráfica del incremento del peso quincenal y el tiempo de cultivo (Figura 15) indica en que periodo se obtienen los mayores y menores incrementos de peso. Según este ensayo los mejores incrementos para todos los tratamientos se encuentran a partir de los 90 días de cultivo (muestreo 6). Lo anterior está de acuerdo a lo demostrado por López<sup>136</sup> (1997) con respecto a la curva de crecimiento de especies ícticas de aguas cálidas que inicialmente las ganancias son aritméticas y después de unas semanas son geométricas, debido a los cambios de la eficiencia metabólica del organismo hidrobiológico de acuerdo a la temperatura del agua.

**Figura 15. Incremento de peso individual por muestreo en gramos, durante el periodo experimental.**



La curva de crecimiento individual promedio por tratamiento durante el periodo de estudio (Figura 16), demuestra el mejor comportamiento productivo en el T3 (adición simultanea de 2 g de prebiótico y 2 g de probiótico por kilogramo de alimento), similar a lo comprobado por Coral y Zambrano<sup>137</sup> y Guevara y Mateus<sup>138</sup>

<sup>135</sup> PALACIOS, P. Op cit. p. 102

<sup>136</sup> LOPEZ, J. N. 1997. Op cit. p.12

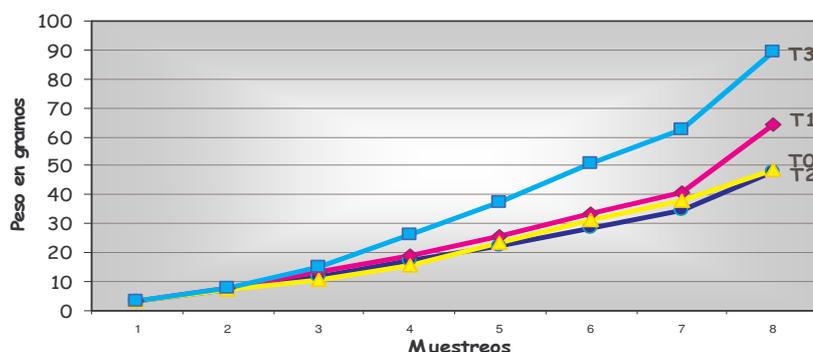
<sup>137</sup> CORAL, I. y ZAMBRANO, A. Op cit. p.52

<sup>138</sup> GUEVARA, J Y MATEUS, R Op cit. p. 61

quienes estudiaron que la combinación de probióticos con inmunoestimulantes actúan sinérgicamente como promotores de crecimiento debido a que favorecen la absorción y utilización de nutrientes.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Narváez y Recalde<sup>139</sup>, Cabrera y Santacruz<sup>140</sup> quienes no encontraron diferencias estadísticas significativas sobre las ganancias de peso obtenidas al final del periodo de evaluación mediante la adición de antibióticos al balanceado comercial como promotor de crecimiento. De igual modo Guerrero y Estrada<sup>141</sup> incluyendo niveles de 0.05 y 0.1% de flavomycin como promotores de crecimiento en balanceado comercial en trucha arco iris. Lo anterior demuestra la ineficiencia de utilizar antibióticos como promotores de crecimiento y su impacto adverso en la ecología trófica de los sistemas acuáticos (López, 2005<sup>142</sup>)

**Figura 16. Curva de crecimiento de las tilapias durante el periodo de estudio.**



**6.3.3 Incrementos periódicos de longitud Total.** Los datos de talla inicial fueron analizados con el fin de descartar posibles diferencias entre los peces de cada tratamiento. En la Tabla 8 se registra la longitud promedio al inicio y al final del periodo de estudio. Al inicio de la investigación la población de cada tratamiento registró una longitud promedio y un coeficiente de variación de 5.09 cm. y 10.81% para el T0, de 5.10 cm. y 10.00% para el T1, de 5.06 cm. y 10.27% para el T2 y de 5.08 cm. y 9.64% para el T3. La longitud total promedio al inicio del ensayo fue  $5.08 \pm 0.51$ cm con un coeficiente de variación de 10.04%, que indica una distribución homogénea de los ejemplares con respecto a esta variable.

<sup>139</sup> NARVAEZ, A Y RECALDE, A. Op cit. p. 43

<sup>140</sup> CABRERA, S Y SANTACRUZ, C. Op cit. p.53

<sup>141</sup> GUERRERO, J. Y ESTRADA, G. Evaluación de un promotor de crecimiento en la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Trabajo de grado (zootecnia). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Pasto. Colombia. 1996. p.52

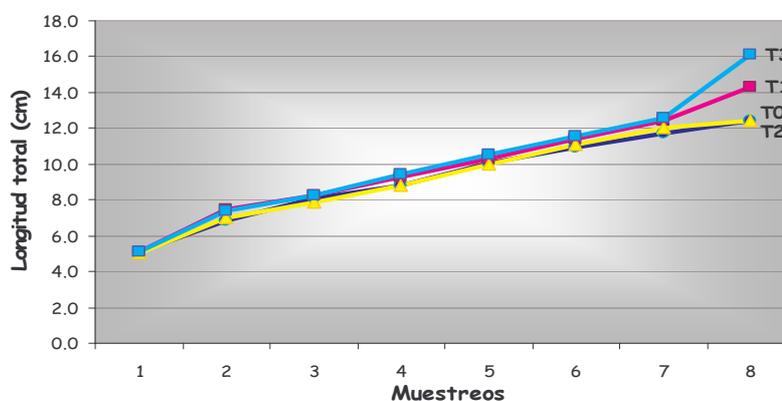
<sup>142</sup> LOPEZ, J. N. et al. 2005 Op cit. p. 75

**Tabla 8. Longitud total inicial y final promedio durante el periodo experimental.**

	T0	T1	T2	T3
<b>Longitud inicial</b>				
<b>Promedio cm.</b>	5.09 ± 0.55	5.10 ± 0.51	5.06 ± 0.52	5.08 ± 0.49
<b>Longitud final</b>				
<b>Promedio cm.</b>	12.38 ± 1.23	14.28 ± 1.04	12.45 ± 1.18	16.12 ± 1.30
<b>Coefficiente de Variación Inicial. %</b>	10.81	10.00	10.27	9.64

Según el análisis de varianza ( $p \geq 0.05$ ), (Anexo K) la longitud promedio de los cuatro tratamientos al momento de la siembra no reportó diferencias estadísticas significativas. Lo cual permite concluir que la longitud inicial no fue una fuente de variación.

**Figura 17. Longitud total promedio individual de los tratamientos durante el periodo experimental.**



En la Tabla 9 se consignan los incrementos de longitud por día, quincenales y por periodo. El incremento de longitud quincenal calculado en los diferentes tratamientos (Figura 17) demostró según el análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) (Anexo L), que existen diferencias estadística significativas. Los alevinos de tilapia roja (*O.spp.*) del tratamiento 3 registraron los mejores incrementos de longitud total promedio individual, con valores de 11.06 cm. durante el periodo de estudio y un incremento de longitud promedio quincenal de 1.58 cm., superior en 51.92% con respecto al T0, seguido por el T1 con 25.96% y T2 con 1.92%. (Figura 18).

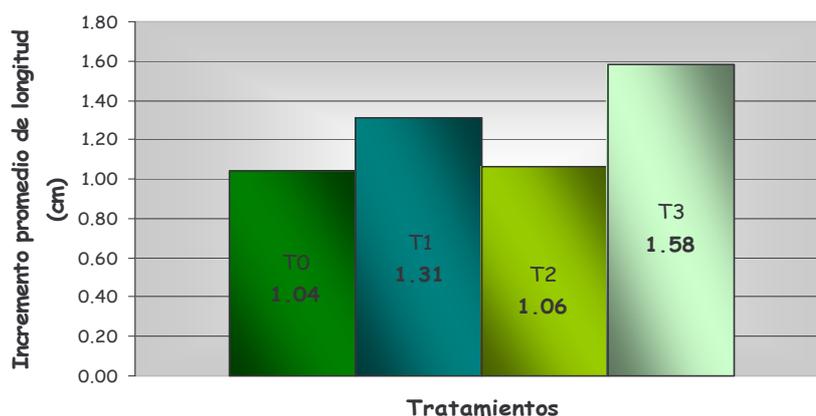
**Tabla 9. Incrementos individuales diarios de longitud total, incrementos individuales por muestreo e incrementos individuales durante el periodo experimental.**

Tratamiento	Incremento* cm/muestreo	Incremento longitud cm/día	Incremento periodo cm
T0	1.04 <sup>a</sup>	0.07	7.28
T1	1.31 <sup>b</sup>	0.09	9.17
T2	1.06 <sup>a</sup>	0.07	7.84
T3	1.58 <sup>c</sup>	0.11	11.06

\*Medias con superíndices iguales no son significativamente diferentes, ( $p \leq 0.05$ )

Según la prueba de Tukey, con el 95% de confianza (Anexo M), el mejor tratamiento en incremento de longitud es el T3. Sin embargo, el tratamiento T2 y el testigo no presentaron diferencias significativas entre si.

**Figura 18. Incremento promedio de longitud total quincenal en centímetros.**



Los resultados de esta investigación demostraron la relación entre el aumento de peso y el incremento de longitud en los distintos tratamientos, estableciendo el tratamiento tres como el mejor tanto en términos absolutos como estadísticos. Lo anterior está de acuerdo a las investigaciones de Guevara y Mateus<sup>143</sup>, y Rodríguez<sup>144</sup>, quienes calcularon los mejores incrementos de peso y longitud en las especies *Oreochromis. sp* y *Ariopsis bonillai* en los tratamientos con probióticos.

<sup>143</sup> GUEVARA, J. y MATEUS, R. Op cit. p. 27

<sup>144</sup> RODRIGUEZ, N. Op cit. p.54

Triviño<sup>145</sup> no registra diferencias estadísticas significativas en cuanto a esta variable, al evaluar,  $\beta$ -glucán en camarones (*Litopenaeus vannamei*) levantados en cautiverio, afectados con síndrome de mancha blanca (WSSV). Igualmente no detectan diferencias Coral y Toro<sup>146</sup> y Cabrera y Santa Cruz<sup>147</sup>, sin embargo, obtuvieron mayores incrementos de longitud en los tratamientos con estimulantes de crecimiento. **6.3.4 Conversión alimenticia aparente.** La conversión alimenticia aparente promedio durante el periodo de estudio para el T3 fue de 1.76, T1 de 2.27, T2 de 2.44 y tratamiento testigo 2.63; (Tabla 10, Figura 19). Se pudo observar que los peces del T3 con 2 g prebiótico y 2 g de probiótico por kilogramo de alimento presentan mejor conversión alimenticia. Sin embargo los resultados obtenidos para esta variable, no presentaron diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) (Anexo N), esta conversión representa mejor desempeño económico con respecto a los demás tratamientos permitiendo ahorrar 0.86 Kg de alimento por cada kilogramo de carne producido.

**Tabla 10. Conversión alimenticia aparente promedio por tratamiento durante el periodo de estudio.**

Tratamiento	Conversión Alimenticia
T0	2.63
T1	2.27
T2	2.44
T3	1.76

Lara et al.<sup>148</sup> registran resultados similares de 2.12 para el tratamiento control, 2.25 para el tratamiento con antibiótico y 1.69 para el tratamiento con probiótico. Igualmente De Almeida et al.<sup>149</sup>, y Freccia et al.<sup>150</sup>, no encontraron diferencias

<sup>145</sup> TRIVIÑO, M. Evaluación del  $\beta$ -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

<sup>146</sup> CORAL, J. Y TORO, N. Op cit p.44

<sup>147</sup> CABRERA, S Y SANTACRUZ, C. Op cit. p. 48

<sup>148</sup> LARA. et al, Op cit p. 318.

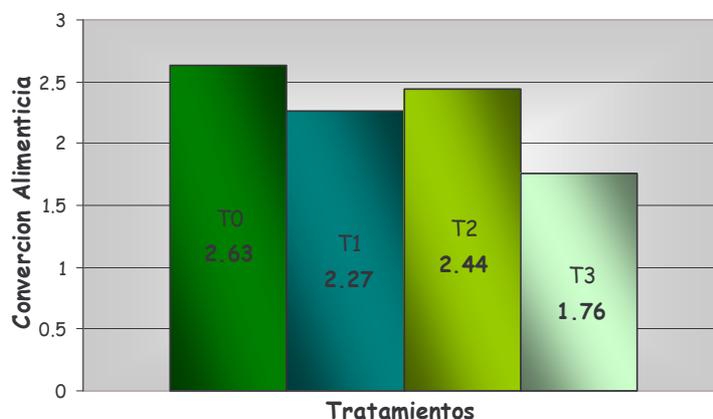
<sup>149</sup> DE ALMEIDA, R. MERIGHI, R. POSSEBON, J. Efecto de diferentes niveles dietéticos de levadura deshidratada (*Saccharomyces cerevisiae*) sobre el desempeño y comportamiento corporal de tilapia del nilo (*O. niloticus*) revertida sexualmente. Escuela Superior de Agronomía Luiz de Queiroz. ESALQ. Universidad de Sao Paulo. USP (Brasil).2005

<sup>150</sup> FRECCIA, A.; MEURER, F.; SILVA, M.; BUENO, J. y MAEURWERK, L. Efeito do probiotico *Saccharomyces cerevisiae* no desempenho de larvas de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em

estadísticas significativas al analizar el comportamiento corporal de la tilapia del Nilo utilizando diferentes niveles de levadura (*S. cerevisiae*), logrando mejor conversión alimenticia en los tratamientos con levadura.

Lara et al.<sup>151</sup>, al suministrar una mezcla probiótica y una levadura (*S. cerevisiae*) en dietas para tilapia nilotica (*O. niloticus*) y Pérez et al.<sup>152</sup>, al evaluar el efecto de la inclusión de dos probióticos y un prebiótico en la dieta para alimentación de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) calcularon mejor conversión alimenticia en los tratamientos con probióticos.

**Figura 19. Conversión alimenticia aparente promedio por muestreo durante el periodo de evaluación.**



En la Figura 20 se aprecian los cambios de conversión alimenticia aparente por muestreo durante el tiempo de estudio, comprobando que el tratamiento con mezcla de probiótico y prebiótico fue el mejor, lo que representa una mayor asimilación y utilización anabólica del alimento. Palacios<sup>153</sup>, al evaluar dos estimulantes de crecimiento en el levante y ceba del sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*), y Coral y Zambrano<sup>154</sup> registran resultados similares concluyendo

---

agua de tanque de cultivo [on line]. Brasil, 2002. (citado el 20 de octubre del 2006) Disponible en Internet: <http://www.pucpr.br/educacao/pibic/arquivo/2004/evento/vimp/MPCV22.html>. p.1

<sup>151</sup> LARA, ESCOBAR Y OLVERA, Op cit p. 318.

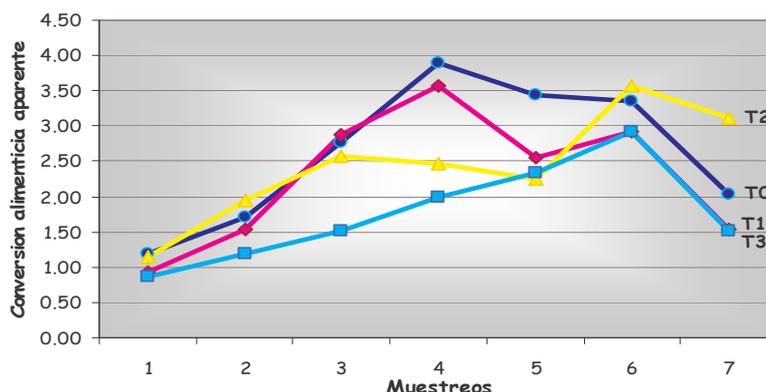
<sup>152</sup> PÉREZ, R.; FIGUEROA, J. y QUINTERO, L. Efecto de la inclusión de dos probióticos y un prebiótico en la dieta para alimentación de alevinos de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. En: memorias II congreso colombiano de acuicultura. X jornada de acuicultura IALL. Retos frente a la globalización de mercados. Villavicencio-Meta, octubre 27-29 del 2004. p. 75

<sup>153</sup> PALACIOS, P. Op. cit. p. 108

<sup>154</sup> CORAL, I. Y ZAMBRANO, A. Op cit. p. 56

que los tratamientos que incluían estimulantes de crecimiento, registran mejores índices de conversión alimenticia, corroborando lo expuesto por López et al<sup>155</sup>, quienes demuestran que la utilización de promotores de crecimiento tiene efecto beneficioso en la asimilación y aprovechamiento del alimento con el fin de cubrir los requerimientos nutricionales que demandan los procesos de remodelación y construcción de tejidos.

**Figura 20. Conversión alimenticia aparente por muestreo durante el periodo de evaluación.**



**6.3.5 Tasa de crecimiento específica.** La tasa promedio de crecimiento específica (Tabla 11, Figura 21) para los alevinos de tilapia roja durante el periodo experimental, registró para el T0, 2.54%, T1, 2.77%, T2, 2.51% y T3, 3.10%. Los anteriores resultados indican la medida de crecimiento expresado en porcentaje quincenal que obtuvieron los animales. La diferencia proporcional entre los tratamientos indica que el tratamiento T3 y T1 son superiores al tratamiento testigo en valores de 22.04% y 9.05% respectivamente, el T2 fue inferior en 1.18% al tratamiento testigo.

**Tabla 11. Tasa de crecimiento específica de los tratamientos, durante el periodo experimental.**

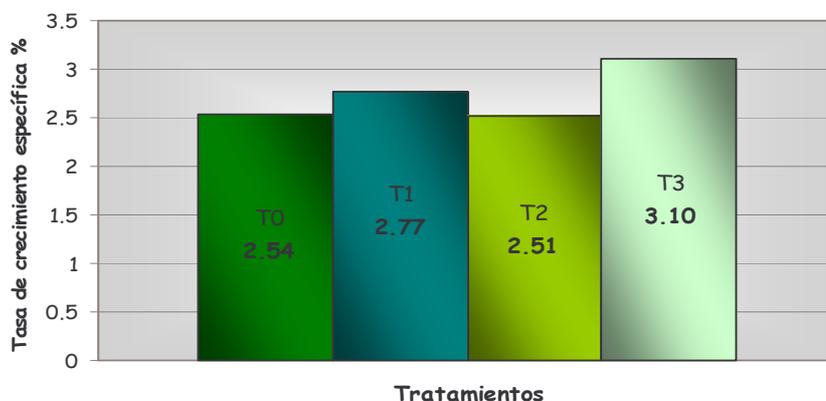
Tratamiento	Tasa de crecimiento específica %
T0	2.54
T1	2.77
T2	2.51
T3	3.10

El análisis estadístico para esta variable indicó que no existen diferencias significativas entre tratamientos (Anexo O), Sin embargo, el tratamiento que

<sup>155</sup> LOPEZ, J. et al. 2005 Op cit . p. 79

estudia la mezcla prebiótico más probiótico presenta mejor tasa de crecimiento específica, representando una mayor rentabilidad en el cultivo obteniéndose mejor relación beneficio-costos. Lo mismo obtuvieron Pérez et al.<sup>156</sup> y Lara et al.<sup>157</sup> confirmando que el crecimiento y el aprovechamiento del alimento mejora en los tratamientos donde reciben algún suplemento probiótico. Gatesoupe (2002)<sup>158</sup> comprobó que al tratar nauplios de artemia con bacteria acidoláctica (*Pediococcus acidilactici*) y luego suministrarlos en la alimentación de larvas de *Pollachius pollachius*, se registran las tasa más altas de crecimiento, frente a los nauplios tratados con formaldehído.

**Figura 21. Tasa de crecimiento específica promedio para los cuatro tratamientos.**



La Figura 22 indica que el comportamiento de la tasa de crecimiento disminuyó quincenalmente observándose que en los primeros días las tilapias registran las mayores tasas. Esto se explica porque los animales pequeños utilizan el alimento consumido más eficientemente en los procesos de crecimiento, lo cual va disminuyendo en la medida que van creciendo Hopher<sup>159</sup>.

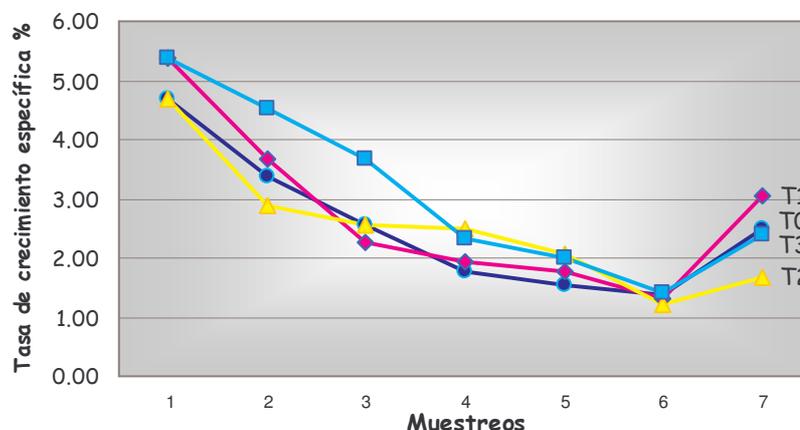
<sup>156</sup> PÉREZ, R.: FIGUEROA, J. y QUINTERO, L. Op cit. p. 75

<sup>157</sup> LARA, ESCOBAR Y OLVERA, Op cit p. 317.

<sup>158</sup> GATESOUBE, F. J. Probiotic and formaldehyde treatments of artemia nauplii as food for larval pollack *pollachius pollachius*. 2002. Aquaculture 212, 356 p.

<sup>159</sup> HEPHER, B. Nutrición de peces comerciales en estanques. México. Editorial Limusa, 1993. p 197.

**Figura 22. Tasa de crecimiento específica por muestreo de los tratamientos durante la investigación.**



**6.3.6 Tasa de mortalidad.** La prueba estadística de Brand Snedecor (Anexo P) muestra la proporción de animales muertos y vivos, no encontrándose diferencias estadísticas entre tratamientos, aunque hay que resaltar que el tratamiento T3 presentó una menor mortalidad (12.78%), al terminar el ensayo (Tabla 12), siendo consistente con los resultados obtenidos en las demás variables (mayor incremento de peso, longitud, tasa de crecimiento simple y conversión alimenticia aparente). Estos valores son aceptables comparados con Espejo<sup>160</sup> quien reporta mortalidades del 30% en la fase de alevinaje de la tilapia roja cultivada en jaulas flotantes en la represa Hidroprado.

**Tabla 12. Porcentaje de sobrevivencia y mortalidad de los tratamientos.**

	T0	T1	T2	T3
Nº Inicial de peces	180	180	180	180
Nº Final de peces	144	153	154	157
Nº de Peces Muertos	36	27	26	23
% de Mortalidad	20.00	15.00	14.44	12.78
% de Sobrevivencia	80.00	85.00	85.56	87.22

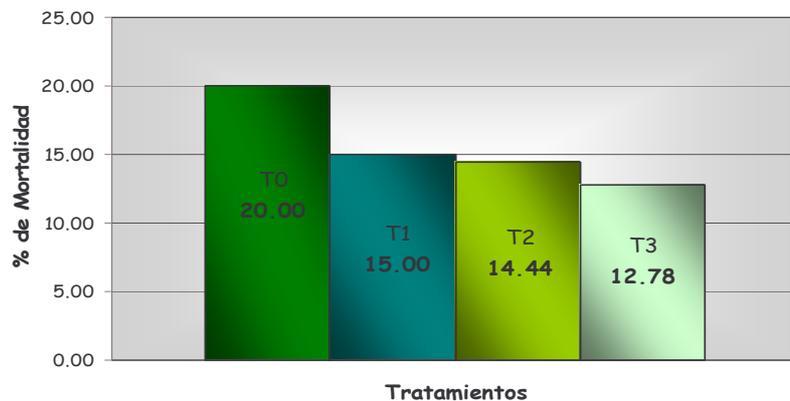
En esta investigación se observó que la inclusión de promotores de crecimiento a las dietas disminuyó significativamente la mortalidad (Figura 23). Lara et al<sup>161</sup>

<sup>160</sup> ESPEJO, C. Cultivo de tilapia roja en jaulas. Tecnología en Colombia. 2007. Disponible en Internet: <http://www.zoetecnocampo.com/foro/forum17/HTML/000252.html>

<sup>161</sup> LARA; ESCOBAR Y OLVERA. Op cit. p 325

incrementaron la sobrevivencia de tilapia nilótica al incluir mezclas probióticas a la dieta. Lo mismo Gatesoupe<sup>162</sup>, cuando logró disminuir la mortalidad de larvas de *Pollachius pollachius* alimentadas con nauplios de artemia tratados con bacterias ácido lácticas, *S. cerevisiae* y formaldehído; de igual forma López et al<sup>163</sup>; Palacios<sup>164</sup> determinaron una sobrevivencia del 100% en los tratamientos con inmunoestimulantes, corroborando el efecto positivo de estos como potenciadores de las defensas del organismo, en la prevención de enfermedades.

**Figura 23. Porcentaje de mortalidad durante el periodo de estudio.**



Diferentes estudios han demostrado efectos positivos de los estimulantes de crecimiento en el sistema inmune de especies hidrobiológicas. Triviño<sup>165</sup> utilizando  $\beta$ -glucán en camarones (*Litopenaeus vannamei*) demostró efectos positivos con relación a sobrevivencia, incremento de peso, longitud y conversión alimenticia.

**6.3.7 Análisis parcial de costos.** En este análisis se consideró, los costos por alimento, mano de obra, compra de alevinos y la cantidad de probiótico y prebiótico incorporados en los diferentes tratamientos y se determinó la relación beneficio costo y rentabilidad aparente (Tabla 13 y 14). El tratamiento T3 registró los mejores resultados en cuanto a relación beneficio costo (Figura 24) y rentabilidad aparente 1.12 y 12.20 respectivamente. La adición de prebióticos y probióticos en el alimento balanceado incrementó el costo en 16.90% en el T1, 45.14% en el T2 y 34.91% en el T3 con respecto al tratamiento testigo. Sin

<sup>162</sup> GATESOUBE, F. Op cit. p. 356

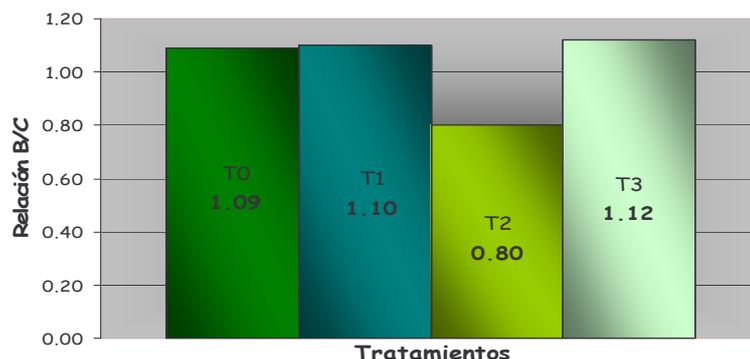
<sup>163</sup> LOPEZ J. N. et al 2005 Op Cit. p.82

<sup>164</sup> PALACIOS, P. Op Cit p.

<sup>165</sup> TRIVIÑO, M. Op cit. p. 60.

embargo el ingreso bruto promedio logrado en los tratamientos que lo recibieron fueron superiores en 17.62% en el T1, 6.94% en el T2 y 38.62% en el T3 con respecto al tratamiento testigo, debido a que generaron las mejores ganancias de peso.

**Figura 24. Relación beneficio-costo para los cuatro tratamientos.**



Lo anterior se explica por la mayor sobrevivencia, incremento de peso y conversión alimenticia de este tratamiento, seguido por el T1 demostrando que la adición simultanea de 2 g. de probiótico y 2 g. prebiótico mejoran los parámetros productivos de las especies acuícolas y disminuye la incidencia de enfermedades obteniendo mayor rentabilidad en los cultivos.

**Tabla 13. Costos parciales de producción por tratamiento de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) con y sin estimulantes de crecimiento.**

ITEM	T0		T1		T2		T3		
	VLR UNIT \$	CANT	VLR TOTAL \$	CANT	VLR TOTAL \$	CANT	VLR TOTAL \$	CANT	VLR TOTAL \$
<b>COSTOS VARIABLES</b>									
Balanceado Comercial con 34% de proteína (Kg)	1000	16,31	16310	19,53	19530	17,65	17650	24,43	24430
Alevinos de tilapia roja de 3.5 g (unidad )	200	180	36000	180	36000	180	36000	180	36000
Probiótico comercial (kg)	23000			0,08	1796,76			0,05	1123,79
Prebiotico (kg)	46000					0,76	34795,71	0,05	2247,56
Almidón de Yuca(kg)	3000			0,20	585,90	0,18	529,50	0,24	732,90
Mano de Obra (1/2 Jornal)	5000	10	50000	12	60000	12	60000	12	60000
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>			<b>102310</b>		<b>117912,66</b>		<b>148975,21</b>		<b>124534,24</b>

**Tabla 14. Costos e ingresos de producción durante el periodo experimental**

Tratamiento	Costo Total	Nº de Juveniles	Precio Juvenil	Ingreso Bruto	Ingreso Neto	Rentabilidad %	Beneficio Costo
T0	102310,00	144	770	110800	8490	8,30	1,08
T1	117912,66	153	840	128560	10647,34	9,03	1,09
T2	148975,21	154	800	123200	-25775,21	-17,30	0,83
T3	124534,24	157	890	139730	15195,76	12,20	1,12

**6.3.8 Producción Proyectada por ciclo de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*).**

La producción total estimada durante siete meses para los cuatro tratamientos (Tabla 15), demostró que el tratamiento 3 generó el mas alto rendimiento productivo con 29.65 Kg, seguido por el T1 con 20.13 Kg, el T2 con 15.49 Kg y el T0 con 13.62 Kg. Además la relación beneficio-costo para el T3 fue de 1.54 con una rentabilidad del 34.93%, superando en un 375.70% al tratamiento testigo. Lo anterior, confirma que la inclusión de probiótico junto con el prebiótico mejora no solo el crecimiento y producción de la tilapia roja sino que además es rentable económicamente.

**Tabla 15. Costos e ingresos de producción proyectada durante el ciclo productivo.**

Tratamiento	Costo Total	Nº kg prod.	Precio kg	Ingreso Bruto	Ingreso Neto	Rentabilidad %	Beneficio Costo
T0	122770	13,62	8000	108960	-13810	-12,67	0,89
T1	143992,66	20,13	8000	161040	17047,34	10,58	1,09
T2	170585,21	15,49	8000	123920	-46665,21	-37,65	0,73
T3	154344,24	29,65	8000	237200	82855,76	34,93	1,54

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

**7.1.1.** La adición simultanea de probiótico y prebiótico (T3) determinaron en términos absolutos y estadísticos las mejores ganancias de peso y longitud, obteniendo así mejores beneficios económicos.

**7.1.2.** Los probióticos tipo levaduras del genero (*Saccharomyces cerevisiae*) y el prebiótico a base de nucleótidos, fitohormonas y betaglucanos demostraron ser una alternativa viable para mejorar los índices productivos de la tilapia roja (*O. spp.*).

**7.1.3.** Las variables conversión alimenticia, tasa de crecimiento específica, consumo de alimento y tasa de mortalidad no presentaron diferencias estadísticas significativas, pero, los tratamientos T1 y T3 fueron superiores con respecto al tratamiento testigo lo cual se reflejó en una mejor rentabilidad.

**7.1.4.** La investigación demostró que se puede reducir el tiempo de cultivo de tilapia roja (*O. spp.*) en climas tropicales en estanques tipo invernadero con la adición al alimento artificial de probióticos y prebióticos.

**7.1.5.** Los parámetros fisicoquímicos de temperatura, pH y oxígeno disuelto se mantuvieron dentro de los rangos adecuados para el cultivo de esta especie durante el periodo de estudio.

**7.1.6.** La utilización de prebiótico como reemplazo del 10% por Kg de alimento durante el periodo de 45 días según las recomendaciones de la casa fabricante no demostró beneficios económicos en el crecimiento de la tilapia roja durante la fase de levante.

## **7.2 RECOMENDACIONES**

**7.2.1** Fomentar la producción industrial de balanceados comerciales adicionados con probiótico y/o prebióticos en sistemas acuícolas intensivos y superintensivos de especies ícticas de aguas cálidas.

**7.2.2** Analizar el tracto digestivo y contenido estomacal de los peces para establecer el mecanismo de colonización y exclusión de los microorganismos utilizados como probióticos.

**7.2.3** Realizar análisis de digestibilidad del alimento con la inclusión de estimulantes de crecimiento en la dieta artificial de los peces para determinar la fase fisiológica óptima de inclusión.

**7.2.4** Evaluar diferentes dosis de prebióticos para establecer la óptima desde el punto de vista económico.

**7.2.5** Efectuar este tipo de ensayos con tilapia roja en condiciones óptimas de cultivo para lograr estandarizar las cantidades necesarias de promotores de crecimiento para esta especie.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, Gabriel. Aplicación de probióticos en la acuicultura. Memorias del primer simposium internacional de nutrición acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. 11 al 13 de noviembre de 1992. Disponible en Internet: [http://fmvz.uat.edu.mx/ Investigación/ alfabético/probiotic .pdf](http://fmvz.uat.edu.mx/Investigación/alfabético/probiotic.pdf)

ARANGO, Juan; ALVAREZ, Luz Ángela y MUÑOZ, Jaime. Selección masal por peso y talla de dos generaciones de tilapia roja *Oreochromis spp.* En: Acta agronómica. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Vol. 50 Número 1 (Enero a Junio, 2000) p78-84

ARCOS, Osvaldo y CHÁVEZ, Luís. Evaluación de un probiótico y/o un promotor de crecimiento en la fase de preiniciación de lechones. (Trabajo de grado zootecnia). Pasto. Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Zootecnia.1994. 69 p.

ASHRAF, A. Probiotics in fish farming – evaluation of a candidate bacterial mixture. Vattenbruksinstitutionen. Rapport 19, Umeå. 2000. 18 p.

BALCAZAR, J. L. Uso de probióticos en acuicultura. Aspectos generales. Congreso iberoamericano virtual de acuicultura (CIVA). 2002. Citado el 15 Agosto del 2003. En: <http://www.civa2002.org>.

BARDACH, John; RYTHER, John y McLARNEY, William. Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, S.A. Mexico D.F. 1990. 288 p.

BOYD, C. E. & MASSAUT, L. Risk associated with the use of chemicals in pond aquaculture. Aquaculture engineering, 1999. 20: 113-132 p.

BYOUNG-GEOUN, M. y YONGSEONG, K. Analysis of health related microbes by capillary electrophoresis. Bulletin of Korean chemical society. Volumen 24, N°8, 2003. En: <http://journal.kcsnet.org.kr/publi/bul/by03n8/1203.pdf>. Acceso: 20 de mayo de 2006. 1203-1206 p.

CABRERA, Sandra y SANTACRUZ, Claudia. Efecto de un promotor de crecimiento (Flavofosfolipol) sobre post-larvas de camarón (*Penaeus vannamei*). Cultivado en estanques. (Trabajo de grado zootecnia). Pasto. Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Zootecnia. 1993. 91 p.

CALDERON, Jorge y SONNENHOLZNER, Stanislaus. Cultivo de camarón. Experiencias y desafíos en el uso de invernaderos. Panorama de acuicultura. Disponible en Internet: <http://www.camaradeacuiculturadelecuador.ec>

CASAS, Gimeno. Pro-nutrientes: alternativa a los antibioticos. Gemma- Biovet S.A. disponible en Internet: <http://www.engormix.com> 1 p.

CASTILLO, Luís Fernando. Tilapia roja 2001. Una evolución de 20 años de la incertidumbre al éxito. Html [Online] Colombia: Abril 2001. Colombia [Noviembre 2006]. Disponible en Internet: <http://www.canola-council.org/pubs/mealguide/especiales.pdf>.

CORAL, Iván y ZAMBRANO, Ana. Evaluación comparativa del efecto de un probiótico comercial y un inmunoestimulante en la fase de levante intensiva de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencia Pecuarias. Departamento de recursos hidrobiológicos. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2006. 75p.

CORAL, Javier y TORO, Nidia. Efecto del 17  $\beta$ -estradiol como estimulante en el crecimiento en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante la fase de alevinaje. (Trabajo de grado zootecnia). Pasto. Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de zootecnia. 1998. 65 p.

CHUKEATIROTE, E. Potential use of probiotics songklanakarin journal of science and technology. 2003. 275-282 p.

DE ALMEIDA, R. MERIGHI, R. y POSSEBON, J. Efecto de diferentes niveles dietéticos de levadura deshidratada (*Saccharomyces cerevisiae*) sobre el desempeño y comportamiento corporal de tilapia del nilo (*O. niloticus*) revertida sexualmente. Escuela Superior de Agronomía Luiz de Queiroz. ESALQ. Universidad de Sao Paulo. USP (Brasil). 2005

DE LAS CAGIGAS, Ada y BLANCO, Jorge. Probióticos y prebióticos, una relación beneficiosa. Instituto de nutrición e higiene de los alimentos. Revista Cubana Aliment. Nutr. 2002; 16 (1): 63-8 p.

ERRECALDE, Jorge. Uso de antimicrobianos en animales de consumo. Facultad de ciencias veterinarias. Universidad nacional de la Plata. Argentina. 2004. Disponible en Internet: [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/007/y5468s/y5468s0g.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/007/y5468s/y5468s0g.htm).

ESPEJO, Carlos. Cultivo de tilapia roja en jaulas. Tecnología en Colombia. 2007. Disponible en Internet: <http://www.zoetecnocampo.com/foro/forum17/HTML/000252.html>.

ESTEVEZ, Mario. Manual de piscicultura. Universidad Santo Tomás. Santa Fé de Bogotá. Colombia.1990. 87 p.

FRECCIA, André; MEURER, Fabio; SILVA, Mariana; BUENO, Junior y MAEURWERK, Luiz. Efeito do probiotico *Saccharomyces cerevisiae* no desempenho de larvas de tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em agua de tanque de cultivo [on line]. Brasil, 2002. (Citado el 20 de octubre del 2006) Disponible en Internet: <http://www.pucpr.br/educacao/pibic/arquito/2004/evento/vimp/MPCV22.html>. 1 p.

GATESOUBE, F. J. The use of probiotics in aquaculture. Review. Aquaculture. 1999. 180, 147-165 p.

\_\_\_\_\_. Probiotic and formaldehyde treatments of artemia nauplii as food for larval pollack *pollachius pollachius*. 2002. Aquaculture 212, 347-360 p.

GUERRERO, J. y ESTRADA, G. Evaluación de un promotor de crecimiento en la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Trabajo de grado (Zootecnia). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Pasto. Colombia. 1996. 85 p.

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

GULLIAN, M. Estudio del efecto Inmunoestimulante de bacterias probióticas asociadas al cultivo de *Penaeus vannamei*. Trabajo de grado. (Magíster en ciencias). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de ingeniería marítima y ciencias del mar. [on line]. Ecuador: CENAIM, 2001. (Citado 3 de septiembre del 2007). Disponible en Internet: <http://www.cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/maestria/2001/gullian.pdf>. 55 p.

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

HEPHER, Balfour. Nutrición de peces comerciales en estanques. México. Editorial Limusa, 1993. 406 p.

HEPHER, Balfour y PRUGININ, Yoel. Cultivo de peces comerciales basados en experiencias de granjas piscícolas de Israel. Editorial limusa. México.1994. 150p.

\_\_\_\_\_. Cultivo de peces comerciales. México: Editorial Limusa, 1988. 406 p.

HIDALGO, F y ALLIOT, E. La digestión en los peces. En: Comisión asesora de investigación científica y técnica CAYCIT. Nutrición en acuicultura I. Madrid: U. Espinosa de los monteros, Labarta editores. España. 1987. 316 p.

HOYOS, G y CRUZ, C. Mecanismos de acción propuestos de los probióticos en cerdos. In Lyon, T., ed. Biotecnología en la alimentación animal. Apligen, Mexico. 73 – 79 p.

IRIANTO, A y AUSTIN, B. Probiotics in aquaculture. Indonesia: Blackwell science ltd. 2002. Disponible en Internet: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-2761.2002.00422.x>. 633-642 p.

JÁCOME, Roca A. Fisiología Endocrina 3ª edición. Academia Nacional de Medicina, Bogotá. 2005. Disponible en Internet: <http://encolombia.com/medicina/materialdeconsulta/Suplemento28/Suplemento28Fitohormonas.htm>

KUBITZA & KUBITZA, Panorama de Acuicultura. (On line) 2000. (Citado el 20 de octubre del 2005). Disponible en Internet: <http://sagpya.mecon.gov.ar/.../cultivo/Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20º%20Del%20Nilo.pdf>. 1-5 p.

LARA, Mauricio; ESCOBAR, Laura y OLVERA, Miguel. Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilotica *O. niloticus*. (On line). (México), 2002. (Citado el 18 de octubre del 2005). Disponible en Internet: <http://www.uanl.mx/publicaciones/maricultura/vi/pdf/A22.pdf>.

LEON, J. Los nucleótidos. Disponible en Internet: <http://grupos.unican.es/asignaturabioquimica/documentos/javier/WEB-tema%2028-metab%20nucleotidos%2007.pdf>. 1 p.

LEOVIZ, D. Beneficios de los Probióticos. Disponible en Internet en <http://www.Probioticos.com>. 2005

LÓPEZ, Jorge Nelson. Biología, cultivo, explotación y manejo de las tilapias. Conferencias mimeografiadas. Universidad de Nariño, Facultad de zootécnia. Pasto, Colombia, 1992. 34 p.

\_\_\_\_\_. Diagnostico y futuro de la producción acuícola en el contexto de la apertura agropecuaria. Pasto-Colombia. Universidad de Nariño. 1993. 42 p.

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

LOPEZ, Jorge.; IMUEZ, Marco; BURGOS, Álvaro; RODRIGUEZ, Jaime; MENA, Paolo y TORRES, Carlos. Evaluación de inmunoestimulantes en las fases de

levante y ceba de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), cultivada en jaulas flotantes. En el lago Guamuez. Universidad de Nariño. Vicerrectoria de Investigaciones, Postgrados y Relaciones Internacionales. Sistema de investigaciones. Pasto. Colombia. 2005.

LÓPEZ, J., PALACIOS, P., CORAL, I. y ZAMBRANO, A. Evaluación comparativa de prebiótico, probiótico e inmunopotenciadores en especies íctica nativas y foráneas. En: IV Seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola. Modulo de Sanidad e Inmunoestimulantes. 2007.

LOVELL, T. Nutrición y alimentación en peces. En: Nutrición en acuicultura. Volumen 2 Numero 9(Jun – Dic. 1987); 320 p.

MADIGAN, M. T.; MARTINKO J. M. y PARKER J. Brock: Biología de los microorganismos. 8ª edición. Prentice Hall Iberia. Madrid, España. 1999. 659-776 p.

MARIÑO, Mirtha. Cultivo de tilapia en Cuba. Consideraciones generales, características y perspectivas. Disponible en Internet. <http://www.sipsa-e.com/ipac-noticias.htm>.

MARTÍNEZ, Eduardo. Diseño de alimento para peces. En: Seminario nacional. Presente y futuro de la acuicultura en Colombia (segunda: 1990: Santa fe de Bogotá) ponencias del segundo seminario nacional y futuro de la acuicultura en Colombia. Santa fe de Bogotá, 1990. 150 p.

MARTINEZ, Vicente. Botánica. Revista gratuita. Las vitaminas. Propiedades de la vitamina B7 (Biotina). 1999-2007. Disponible en Internet: <http://www.botanical-online.com>

MARQUINA, Domingo y SANTOS, Antonio. Probióticos, prebióticos y salud. html. [on line]. (España), 2002 (citado el 15 de mayo de 2006). Disponible en internet: [http://www.semico.es/Actualidad/SEM32\\_24.pdf](http://www.semico.es/Actualidad/SEM32_24.pdf)

MORENO, M. J.; HERNÁNDEZ, J. G.; ROVERA, R.; TABLETE, A.; RANGEL, L. Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. Universidad Simón Rodríguez. Canoabo. Estado de Carabobo. Venezuela. Disponible en Internet: <http://www.geocities.com/capecanaverallab/2654/cyta/cyta-3-2000-29-33.pdf>. 29-33 p.

NARVAEZ, Alejandro y RECALDE, Ana Maria. Evaluación de un promotor de crecimiento (Oxitetraciclina) en la fase de levante de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). (Trabajo de grado zootecnia). Pasto. Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Zootecnia. 2004.

OCAMPO, F. Cultivo de tilapia como una alternativa de desarrollo Socioeconómico. En: IV Seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola. Modulo de Producción. 2007.

PALACIOS, Pedro. Evaluación comparativa de dos estimulantes de crecimiento tipo probiótico y prebiótico en el levante y ceba del Sábalo amazónico (*Brycon melanopterus COPE, 1872*), en el centro experimental amazónico, Mocoa, Putumayo Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2007. 147 p.

PARRA, Rocío. Las hormonas vegetales. Artículo publicado el 09 de marzo del 2002. Disponible en Internet: <http://www.biologia-en-internet.com/default.asp?Id=4&Fs=2>. 10 p.

PEREIRA, Rosa y ROSERO, Ricardo. Efecto del *Lactobacillus acidophilus* (ATCC 4356) y la Levadura de Cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) como Probióticos en la Alimentación de Pavos durante la fase de Cría. (Trabajo de grado zootecnia). Pasto. Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Zootecnia. 1997.

PÉREZ, Robinson. Efecto de la inclusión de probióticos y prebióticos en dietas para la fase de alevinaje de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado (Zootecnia). Santa fe de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. 2004, 90 p.

PÉREZ, R.; FIGUEROA, J. y QUINTERO, L. Efecto de la inclusión de dos probioticos y un prebiotico en la dieta para alimentación de alevinos de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. En: Memorias II congreso colombiano de acuicultura. X jornada de acuicultura IALL. Retos frente a la globalización de mercados. Villavicencio-Meta, octubre 27-29 del 2004. 159, 75-76 p.

PILLAY. Acuicultura principios y prácticas. Limusa. Noriega Editores. México. 1997. 445 p.

POPMA, T. & L. Lovshin, Auburn University, Auburn, E.U.A. Citado en Internet: <http://sagpya.mecon.gov.ar/.../cultivo/Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf>. 1994. 1-40 p.

RAMÍREZ, Reinaldo. Observaciones de crecimiento de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) de la línea chitralada en Colombia. En: Revista Agropesca. Asociación nacional de Promotores de la pesca. Edición Numero 25. Octubre 2003.

RIOS, Guillermo. Uso de antimicrobiales como promotores de crecimiento en cerdos. En: Revista facultad de agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela. 1992.

RODRIGUEZ, Nataly. Evaluación del crecimiento de juveniles de “chivo cabezón” (*Ariopsis bonillai* Miles, 1945) utilizando dos probióticos comerciales bajo condiciones de laboratorio. (Trabajo de grado). Santa fe de Bogotá. Colombia Universidad de ciencias aplicadas y ambientales. Facultad de ciencias agropecuarias. 2005. 89 p.

RODRÍGUEZ, Jenny. Información sobre el uso de inmunoestimulante en cultivo de camarón con particular referencia a los  $\beta$ -glucanos. En: CENAIM Informa. Vol. 1 (2005); 2 p.

RYCROFT, E y Otros. A comparative in vitro evaluation of the fermentation properties of prebiotic oligosaccharides. html. [On line]. (Ucrania), 2001 (citado 13 de mayo de 2006). Disponible en internet: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1046/j.1365-2672.2001.01446.x>

SALAZAR, Blanca y MONTOYA, Olga. Importancia de los probióticos y prebióticos en la salud humana. En: Vitae, Revista de la facultad de química farmacéutica. Vol. 10, numero 2. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia. 2001. 21-22 p.

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

SCHEREZENMEIR, S y DE VRESE, M. Probiotics, prebiotics and symbiotics: approaching a definition. American journal of clinical nutrition. Vol.3 (supplement), 2001. Disponible en Internet: [http://www.ncbl.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=retrieve&db=pubmed&dopt=Abstracts&list\\_uids=11157342](http://www.ncbl.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=retrieve&db=pubmed&dopt=Abstracts&list_uids=11157342). Acceso: 28 de Noviembre del 2005. 361s-364s p.

SCHOLZ, U.; GARCIA, G.; RICQUE, D.; CRUZ, L. E.; VARGAS, F. y LATCHFORD J. Enhancement of vibriosis resistance in juvenile *Penaeus vanamei* by supplementation of diets with different yeast products. Aquaculture. 1999. 176, 271-283 p.

SIGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento del Cauca. Citado el 10 de septiembre del 2007. Disponible en Internet: [http://209.15.138.224/colombia\\_mapas/m\\_Cauca.htm](http://209.15.138.224/colombia_mapas/m_Cauca.htm)

SMITH, Valerie; BROWN, Janet y HAUTON, Chris. Immunostimulation in crustaceans: does it really protect against infection?. html. [On line]. (Escocia), 2002 (citado 3 de junio de 2006). Disponible en internet: <http://www.elsevier.com/locate/fsi>.

TRIVIÑO, Mariela. Evaluación del  $\beta$ -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. 98 p.

USECHE, Carlos. Algunas experiencias de policultivos en Colombia. En: Fundamentos de Acuicultura Continental. INPA. Santa Fé de Bogotá. 1.993. 276p. \_\_\_\_\_ . 2001. 423 p.

VÁSQUEZ, Walter. Nutrientes esenciales: función y necesidades en la dieta para peces. html. [cd room] Colombia: Universidad de los Llanos. Diciembre. 2002. [Noviembre de 2004]. Disponible en Internet: [http://www.iiall.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS\\_VALIDAS/contenidos.pdf](http://www.iiall.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/contenidos.pdf).

\_\_\_\_\_. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Recursos de nutrientes-usos y restricciones en raciones para peces. Villavicencio Colombia: Universidad de los Llanos, 2004. 101 p.

VÁSQUEZ, Walter y ARIAS, Alfredo. Exigencias de proteína, carbohidratos y lípidos en dietas para juveniles de cachama blanca *Pyaractus brachipomus*. Memorias VIII Jornada de acuicultura. Universidad de los Llanos Villavicencio. Colombia. Noviembre 1 de 2002, 171 p.

VENKAT, Himabindu; SHAU, Narottam y JAIN, Kamal. Effect of feeding Lactobacillus-based probiotics on the gut microflora, growth and survival of postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii*. html. [on line]. (India). 2004. (Citado el 1 de octubre de 2006). Disponible en Internet: <http://www.blackwell-synergy.com/doi/pdf/10.1111/j.1365-2109.2004.01045.x>. 501-507 p.

VERSCHUERE, L; ROMBAUT, G.; SORGELOOS, P. y VERSTRAETE, W. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. En: Reviews. Microbiology and molecular biology .. Vol. 64. N° 4. 2000. 655-667 p.

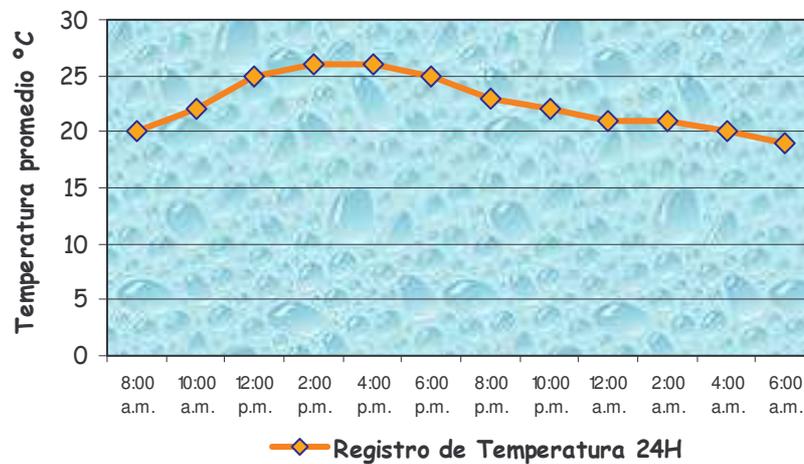
VILLA, William y JURADO, Iván. Análisis de la producción y Mercadeo de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en el municipio de Timbio. Cauca. (Trabajo de grado zootecnia). Pasto. Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Zootecnia. 1999. 69 p.

WICKY, Gustavo. Estrategia para un desarrollo acuícola con tilapia roja con tilapia roja en el agro argentino. Coquimbo, Chile. Acuicultura en Latinoamérica, IX Congreso latinoamericano de acuicultura (ALA), 1996. 198 p.

ZAMORA, S y ECHEVARRIA, G. los carbohidratos en la nutrición de peces. En: Nutrición acuícola, Volumen 3. Santa fe de Bogotá. 1993. p 75

# **ANEXOS**

### ANEXO A. Curva de temperatura durante 24 horas.



**ANEXO B. Análisis fisicoquímicos del agua del estanque donde se realizó el ensayo.**

**Corporación Autónoma Regional del Cauca  
Subdirección de Defensa del Patrimonio Ambiental  
Laboratorio Ambiental**

Reporte de Resultados – Muestra de Agua

**Fecha:** Julio 27 del 2006

**Lugar de Muestreo:** Estación Piscícola Pambio-Cauca (Estanque N° 6)

**Fecha de Muestreo:** Julio 13 de 2006

**Fecha de Análisis:** Julio 13,14 y 19

Resultados Laboratorio:

<b>PARAMETRO</b>	<b>METODO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADOS</b>
<i>Turbidez</i>	<i>Fotométrico</i>	<i>UNF</i>	<i>6</i>
<i>Amonio</i>	<i>Azul Indofenol</i>	<i>mg/l N</i>	<i>0.06</i>
<i>Nitratos</i>	<i>Acido Clorhídrico</i>	<i>mg/l N</i>	<i>0.64</i>
<i>Nitritos</i>	<i>Reacción Griess</i>	<i>mg/l N</i>	<i>&lt; 0.02</i>
<i>Fosfatos</i>	<i>Ácido Ascórbico</i>	<i>mg/l P</i>	<i>&lt; 0.01</i>
<i>Dureza</i>	<i>Titulométrico</i>	<i>mg/ CaCO3/l</i>	<i>12.6</i>
<i>Alcalinidad</i>	<i>Titulométrico</i>	<i>mg/ CaCO3/l</i>	<i>20.0</i>
<i>Acidez</i>	<i>Titulométrico</i>	<i>mg/ CaCO3/l</i>	<i>3.8</i>
<i>Hierro</i>	<i>Absorción Atómica</i>	<i>mg/l</i>	<i>0.28</i>

**DIEGO ZULUAGA VERA**  
Laboratorio Ambiental CRC

**ANEXO C. Análisis bromatológico de balanceado comercial con 34% de proteína adicionado con 4g de probiótico.**

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

**Fecha recepción:** Octubre 10 de 2006                      **Análisis:** 5897-5899

**Fecha de entrega:** Noviembre 7 de 2006

**Muestra:** Balanceado comercial 34% de proteína + 4 g de probiótico

**Procedencia:** Estación piscícola Pambio - Cauca, CRC

**Análisis:** Proximal

**Solicitantes:** Tatiana Castillo C. y Clara Maya T.

---

<b>Balanceado comercial con 34% y Probiótico</b>		
<b>Análisis</b>	<b>% Base parcialmente seca</b>	<b>% Base seca</b>
Humedad	5.30	
Materia seca	94.70	
Ceniza	8.40	8.87
Extracto etéreo	2.91	3.07
Fibra cruda	6.06	6.40
Proteína	34.20	36.12
Extracto libre de nitrógeno E.N.N.	43.12	45.53

---

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

**ANEXO D. Análisis bromatológico de balanceado comercial 34% de proteína reemplazado en un 10% por el prebiótico.**

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

**Fecha recepción:** Octubre 10 de 2006

**Análisis:** 5897-5899

**Fecha de entrega:** Noviembre 7 de 2006

**Muestra:** balanceado comercial con 34% de proteína reemplazado en un 10% por el prebiótico.

**Procedencia:** Estación piscícola Pambio - Cauca, CRC

**Análisis:** Proximal

**Solicitantes:** Tatiana Castillo C. y Clara Maya T.

---

<b>Balanceado comercial con 34% y Prebiótico</b>		
<b>Análisis</b>	<b>% Base parcialmente seca</b>	<b>% Base seca</b>
Humedad	5.67	
Materia seca	94.33	
Ceniza	9.81	10.40
Extracto etéreo	2.43	2.58
Fibra cruda	5.56	5.89
Proteína	33.73	35.75
Extracto libre de nitrógeno E.N.N.	42.81	45.38

---

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

**ANEXO E. Análisis bromatológico de balanceado comercial con 34% de proteína adicionado con 2 g de probiótico y 2 g de prebiótico.**

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

**Fecha recepción:** Octubre 10 de 2006

**Análisis:** 5897-5899

**Fecha de entrega:** Noviembre 7 de 2006

**Muestra:** Balanceado comercial con 34% de proteína adicionado con 2g de probiótico y 2g de prebiótico.

**Procedencia:** Estación piscícola Pambio - Cauca, CRC

**Análisis:** Proximal

**Solicitantes:** Tatiana Castillo C. y Clara Maya T.

---

<b>Balaceado comercial con 34%, prebiótico y probiótico</b>		
<b>Análisis</b>	<b>% Base parcialmente seca</b>	<b>% Base seca</b>
Humedad	5.42	
Materia seca	94.58	
Ceniza	7.73	8.17
Extracto etéreo	2.87	3.03
Fibra cruda	5.39	5.70
Proteína	34.37	36.34
Extracto libre de nitrógeno E.N.N.	44.22	46.75

---

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

**ANEXO F. Prueba estadística no paramétrica distancia ciudad para cada tratamiento**

<b>Tratamiento</b>	<b>Nitrógeno</b>	<b>Energía Kcal/100g</b>	<b>Dist. ciudad Nitrógeno</b>	<b>Dist. ciudad Energía</b>
<i>T0</i>	<i>5.44</i>	<i>392.00</i>	<i>0.24</i>	<i>10.61</i>
<i>T1</i>	<i>5.78</i>	<i>379.83</i>	<i>0.10</i>	<i>1.56</i>
<i>T2</i>	<i>5.72</i>	<i>371.30</i>	<i>0.04</i>	<i>10.09</i>
<i>T3</i>	<i>5.81</i>	<i>382.43</i>	<i>0.13</i>	<i>1.04</i>
<b>Promedio</b>	<b>5.68</b>	<b>381.39</b>		

<b>Coef. Variación Nitrógeno (%)</b>	<b>Coef. Variación Energía (%)</b>
4.22	2.78
1.76	1.56
0.70	2.64
2.29	0.27

**Decisión** = Se acepta coeficiente de variación menor o igual al 5%, no es significativo.

### ANEXO G. Análisis de varianza de consumo de alimento.

Fuente	Suma de cuadrados	GL.	Cuadrado medio	Cociente-F	P-valor
<b>Entre grupos</b>	5.46107	3	1.82036	0.76	0.5292 <sup>NS</sup>
<b>Dentro de grupos</b>	57.7151	24	2.40479		
<b>Total (Corr.)</b>	<i>63.1761</i>	<i>27</i>			

<sup>NS</sup> No presenta diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0.05$ )

**GL:** Grados de libertad

**P – Valor:** Valor de Probabilidad de F.

#### ANEXO H. Análisis de varianza de peso inicial promedio individual.

Fuente	Suma de cuadrados	GL.	Cuadrado medio	Cociente-F	P-valor
<b>Entre grupos</b>	0.141607	3	0.0472024	0.82	0.4830 <sup>NS</sup>
<b>Dentro de grupos</b>	9.4069	164	0.0573592		
<b>Total (Corr.)</b>	<i>9.54851</i>	<i>167</i>			

<sup>NS</sup> 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 incremento de peso individual promedio por muestreo.**

Fuente	Suma de cuadrados	GL.	Cuadrado medio	Cociente-F	P-valor
<b>Entre grupos</b>	6777.25	3	2259.08	37.09	0.0000**
<b>Dentro de grupos</b>	71378.5	1172	60.9031		
<b>Total (Corr.)</b>	<i>78155.7</i>	<i>1175</i>			

\*\* Presenta diferencias altamente significativas según el análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ).

**GL :** Grados de libertad

**P – Valor:** Valor de Probabilidad de F.

**ANEXO J. Prueba de Tukey de incremento individual promedio de peso por muestreo.**

---

Metodo: **Tukey HSD al 95%**

<b>Nivel</b>	<b>frecuencia</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogeneos</b>
<i>T0</i>	<i>294</i>	<i>6.39</i>	<i>X</i>
<i>T2</i>	<i>294</i>	<i>6.45</i>	<i>X</i>
<i>T1</i>	<i>294</i>	<i>8.69</i>	<i>X</i>
<i>T3</i>	<i>294</i>	<i>12.29</i>	<i>X</i>

---

<b>Contraste</b>	<b>Diferencias</b>	<b>+/- Limites</b>
0 – 1	* -2.29932	1.26157
0 – 2	-0.0540816	1.26157
0 – 3	* -5.89762	1.26157
1 – 2	* 2.24524	1.26157
1 – 3	* -3.5983	1.26157
2 – 3	* -5.84354	1.26157

---

### ANEXO K. Análisis de varianza de longitud total inicial.

Fuente	Suma de cuadrados	GL.	Cuadrado medio	Cociente-F	P-valor
<b>Entre grup</b>	0.0316071	3	0.0105357	0.04	0.9895 <sup>NS</sup>
<b>Dentro de grupos</b>	43.7612	164	0.266837		
<b>Total (Corr.)</b>	<i>43.7928</i>	<i>167</i>			

<sup>NS</sup> No presenta diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0.05$ )

**GL:** Grados de libertad

**P – Valor:** Valor de Probabilidad de F.

**ANEXO L. Análisis de varianza de incremento de longitud total individual promedio por muestreo.**

Fuente	Suma de cuadrados	GL.	Cuadrado medio	Cociente-F	P-valor
<b>Entre grupos</b>	49.8959	3	16.632	20.9	0.0000**
<b>Dentro de grupos</b>	932.554	1172	0.795695		
<b>Total (Corr.)</b>	<i>982.45</i>	<i>1175</i>			

\*\* Presenta diferencias altamente significativas según el análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ).

**GL :** Grados de libertad

**P – Valor:** Valor de Probabilidad de F.

**ANEXO M. Prueba de Tukey de incremento de longitud total promedio individual por muestreo.**

---

Metodo: **Tukey HSD al 95%**

<b>Nivel</b>	<b>frecuencia</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogeneos</b>
<i>T0</i>	<i>294</i>	<i>1.0415</i>	<i>X</i>
<i>T2</i>	<i>294</i>	<i>1.06313</i>	<i>X</i>
<i>T1</i>	<i>294</i>	<i>1.31156</i>	<i>X</i>
<i>T3</i>	<i>294</i>	<i>1.57721</i>	<i>X</i>

---



---

<b>Contraste</b>	<b>Diferencias</b>	<b>+/- Limites</b>
0 – 1	* -0.270068	0.144199
0 – 2	-0.0816327	0.144199
0 – 3	* -0.535714	0.144199
1 – 2	* 0.188435	0.144199
1 – 3	* -0.265646	0.144199
2 – 3	* -0.454082	0.144199

---

#### **ANEXO N. Análisis de varianza de conversión alimenticia aparente.**

Fuente	Suma de cuadrados	GL.	Cuadrado medio	Cociente-F	P-valor
<b>Entre grupos</b>	3.03157	3	1.01052	1.12	0.359 <sup>NS</sup>
<b>Dentro de grup</b>	21.5886	24	0.899525		
<b>Total (Corr.)</b>	<i>24.6202</i>	<i>27</i>			

<sup>NS</sup> No presenta diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0.05$ )

**GL:** Grados de libertad

**P – Valor:** Valor de Probabilidad de F.

### ANEXO O. Análisis de Varianza de tasa de crecimiento específica.

Fuente	Suma de cuadrados	GL.	Cuadrado medio	Cociente-F	P-valor
<b>Entre grupos</b>	1.55443	3	0.518143	0.31	0.8194 <sup>NS</sup>
<b>Dentro de grupos</b>	40.3851	24	1.68271		
<b>Total (Corr.)</b>	<b>41.9395</b>	<b>27</b>			

<sup>NS</sup> No presenta diferencias estadísticas significativas ( $p \geq 0.05$ )

**GL:** Grados de libertad

**P – Valor:** Valor de Probabilidad de F.

**ANEXO P. Prueba de Brand Snedecord de mortalidad por tratamiento.**

Tratamientos					
<i>Respuesta</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>Total</i>
<i>Éxito</i>	144	156	154	157	611
<i>Fracaso</i>	36	24	26	23	109
<b><i>Total</i></b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>180</b>	<b>720</b>
<i>P<sub>i</sub></i>	0.8	0.867	0.856	0.872	0.849
<i>P<sub>i</sub>*a<sub>i</sub></i>	115.2	135.2	131.756	136.939	518.501

$$n = 4$$

$$n - 1 = 3$$

$$\text{Alfa} = 0.05$$

$$1 - \text{Alfa} = 0.95$$

$$p = 0.849$$

$$q = 0.151$$

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

$$\chi^2_c = 4.616$$

$$\chi^2_{t(1-\text{alfa})} = 7.81$$

**Decisión** = no existen diferencias estadísticas significativas.

**ANEXO Q. Registro de peso en gramos según muestreos realizados durante el periodo de estudio del tratamiento 0.**

Datos	Siembra	Muestreos						
		1	2	3	4	5	6	7
1	3.5	10.6	11.5	14.0	26.8	31.5	39.0	46.8
2	3.6	7.3	10.2	20.1	24.0	26.2	27.5	33.3
3	3.7	9.4	13.5	14.1	28.0	31.3	38.6	43.6
4	3.2	5.8	19.9	22.0	25.0	29.6	46.0	48.6
5	3.5	6.9	10.4	14.6	25.6	28.9	32.1	40.5
6	3.5	5.9	9.1	19.5	23.8	29.3	34.7	35.2
7	3.4	7.5	9.6	10.2	11.3	12.5	15.0	35.0
8	3.7	7.2	8.6	12.3	16.3	22.4	24.4	38.2
9	3.7	5.6	9.5	16.9	17.0	18.4	22.4	55.3
10	3.6	6.2	9.5	10.1	17.4	20.4	23.3	45.0
11	3.5	7.2	17.5	30.0	33.6	40.4	54.0	58.2
12	3.7	10.0	11.3	18.2	22.3	26.8	27.4	55.1
13	3.7	6.3	9.0	11.2	14.5	19.4	23.2	45.0
14	3.2	6.0	12.1	16.4	18.2	24.1	25.5	45.3
1	3.6	6.7	13.3	22.6	32.2	34.4	41.1	50.2
2	3.6	6.5	15.4	24.0	25.8	26.5	26.8	38.4
3	3.7	6.4	9.7	10.4	11.4	28.2	36.6	48.4
4	3.6	6.6	9.4	10.5	10.9	26.5	27.0	49.8
5	3.8	10.7	13.3	13.9	19.7	20.9	24.8	52.4
6	3.4	6.2	11.7	12.6	14.0	20.2	21.5	55.2
7	3.7	5.7	11.7	27.9	37.1	41.5	54.8	63.8
8	3.5	7.6	8.3	10.0	11.1	19.0	20.8	35.9
9	3.9	5.3	15.4	20.4	25.5	29.6	39.9	55.6
10	3.7	5.6	15.1	29.3	30.2	35.1	50.2	59.9
11	3.0	8.0	8.2	10.1	11.8	24.8	30.9	44.5
12	3.5	5.6	11.1	28.2	32.7	36.8	47.8	54.1
13	3.3	11.6	14.1	18.9	28.1	32.4	44.0	53.4
14	3.9	5.4	11.2	13.8	14.3	25.2	36.4	55.6
1	3.1	8.3	12.4	15.5	30.1	33.3	36.4	47.5
2	3.3	6.3	13.3	19.1	22.9	31.1	47.4	56.8
3	3.5	8.1	12.4	14.0	17.3	28.5	45.8	55.0
4	3.7	6.0	12.6	15.3	16.1	19.9	23.0	39.6
5	3.4	9.5	16.4	26.3	31.8	37.6	39.2	52.3
6	3.3	7.1	12.0	16.3	19.1	25.1	26.3	41.8
7	3.2	9.0	10.3	19.4	29.0	37.4	44.2	50.2
8	3.5	4.1	14.1	16.9	25.3	27.8	30.3	45.9
9	3.6	7.5	12.5	31.1	33.4	44.7	57.6	62.8
10	3.1	5.8	9.2	12.6	28.0	30.2	32.3	38.1
11	3.7	7.5	10.3	11.7	20.1	26.9	33.6	43.7
12	3.5	7.8	11.9	20.3	27.2	33.3	57.8	60.3
13	3.7	7.6	9.3	13.7	22.0	22.3	23.6	44.8
14	3.7	4.3	8.5	10.6	12.7	29.2	32.9	46.0

**ANEXO R. Registro de peso en gramos según muestreos realizados durante el periodo de estudio del tratamiento 1.**

Datos	Siembra	MUESTREO						
		1	2	3	4	5	6	7
1	3.7	6.6	16.0	22.1	32.4	37.7	39.7	42.8
2	3.4	8.3	13.8	14.7	26.4	35.9	43.9	68.8
3	3.3	8.5	11.5	23.2	30.0	43.9	45.2	60.1
4	3.5	7.4	13.9	16.3	24.1	35.7	39.1	81.9
5	3.1	8.9	11.5	12.6	16.5	29.3	35.7	70.3
6	3.8	6.6	13.5	20.7	29.3	36.0	37.5	78.1
7	2.9	6.8	12.1	17.0	28.4	45.3	48.7	90.3
8	3.0	7.8	10.7	11.4	15.4	29.3	39.7	78.5
9	3.2	8.5	9.9	12.3	16.7	27.5	33.8	50.1
10	3.5	8.0	19.0	37.2	39.6	44.1	46.0	60.4
11	3.4	7.2	9.6	17.4	22.1	26.5	30.4	36.5
12	4.0	7.4	13.8	23.9	31.1	37.3	38.5	68.6
13	3.8	9.6	18.2	25.3	29.0	33.1	34.2	40.6
14	3.0	6.2	18.5	31.6	36.0	38.2	46.5	50.0
1	3.5	6.7	15.4	16.2	27.1	31.6	33.0	78.5
2	3.6	9.9	17.3	21.3	21.4	29.1	41.4	68.7
3	3.4	9.0	11.2	12.6	15.5	29.7	34.5	65.8
4	4.0	8.7	13.7	16.6	28.3	30.9	45.0	69.3
5	3.5	10.2	14.3	25.1	26.3	27.3	42.2	50.4
6	3.8	6.2	11.8	16.9	25.4	33.4	37.0	59.8
7	3.6	6.7	15.3	21.2	35.5	42.0	69.2	76.8
8	3.4	7.8	14.5	19.5	24.9	29.7	40.1	49.5
9	3.5	8.8	10.4	10.6	14.3	28.0	31.0	60.5
10	3.4	7.7	12.3	20.2	24.1	36.1	47.7	75.2
11	4.0	8.1	12.9	13.5	17.2	21.8	26.6	68.7
12	3.9	6.4	10.6	13.6	16.6	23.7	25.4	50.4
13	3.8	6.4	18.4	23.8	36.2	40.0	59.4	65.0
14	3.5	6.2	17.7	18.5	24.9	29.2	38.1	51.3
1	3.5	9.7	13.3	26.3	42.3	48.3	57.0	61.4
2	3.7	8.8	13.0	22.0	30.0	32.8	39.1	87.4
3	3.4	8.8	10.1	12.1	16.9	26.0	45.4	63.8
4	3.2	7.0	12.4	32.2	53.0	56.1	65.0	68.0
5	3.6	8.0	17.1	28.1	30.1	34.1	41.1	78.2
6	3.5	10.5	18.4	23.1	26.2	31.2	38.2	61.6
7	3.0	8.5	17.0	21.7	27.0	32.6	39.7	63.8
8	3.2	7.8	14.9	15.1	16.8	23.1	28.8	83.7
9	3.7	7.9	11.3	25.4	31.4	42.1	50.6	62.4
10	3.9	7.3	11.9	12.9	13.4	30.3	34.2	81.6
11	3.5	5.9	14.4	16.5	24.3	37.4	45.6	70.4
12	3.9	6.8	9.2	10.5	13.2	26.6	34.8	45.0
13	3.5	9.3	12.9	13.7	19.6	24.1	29.5	74.2
14	3.3	7.6	10.3	11.8	17.4	28.8	30.4	35.0

**ANEXO S. Registro de peso en gramos según muestreos realizados durante el periodo de estudio del tratamiento 2**

Datos	Siembra	MUESTREO						
		1	2	3	4	5	6	7
1	3.0	6.4	7.4	10.9	11.7	21.1	23.1	32.3
2	3.1	7.4	9.6	10.3	13.6	23.7	28.6	45.2
3	3.1	7.6	14.4	22.1	24.8	33.1	47.3	55.4
4	3.5	7.7	8.9	9.6	19.5	27.6	28.9	48.7
5	3.2	8.4	14.7	17.4	19.2	29.2	49.8	55.0
6	3.0	7.5	8.7	20.0	21.7	27.8	29.2	35.1
7	3.2	6.4	10.0	22.7	31.9	35.8	62.2	64.2
8	3.1	6.3	8.0	11.4	21.0	34.4	46.1	47.8
9	3.1	6.2	8.9	22.5	26.1	37.4	40.6	46.3
10	3.5	7.5	11.5	14.3	16.5	27.0	30.1	45.2
11	3.4	6.5	8.0	10.9	18.5	32.3	57.8	58.6
12	3.8	6.0	9.0	10.4	17.8	28.2	31.3	45.9
13	3.3	7.4	8.7	12.5	18.6	31.4	51.6	55.1
14	3.1	6.8	7.5	19.0	28.6	32.6	47.4	48.2
1	3.4	5.8	11.4	12.7	15.9	25.4	28.3	45.6
2	3.2	5.8	10.0	11.5	17.0	33.7	36.8	38.4
3	3.5	6.9	13.5	21.7	24.0	29.3	33.5	45.8
4	3.6	6.1	11.4	17.7	19.5	25.3	25.5	35.8
5	3.0	8.0	12.7	19.3	25.9	29.2	36.0	41.2
6	3.4	5.2	14.3	15.4	15.7	24.4	25.4	52.8
7	3.7	10.2	12.4	13.0	20.0	30.1	30.5	45.3
8	3.6	5.1	8.2	17.9	28.5	34.0	42.7	54.7
9	3.8	9.0	16.0	22.0	39.7	42.4	48.4	53.6
10	3.5	6.9	8.7	9.5	16.1	31.9	48.1	63.4
11	3.6	7.3	10.7	18.3	31.7	43.1	51.2	64.7
12	3.3	6.9	10.7	14.0	16.0	26.5	29.3	35.8
13	3.2	5.8	8.7	9.2	14.4	28.3	38.5	48.9
14	3.5	5.5	15.2	25.0	25.3	27.0	29.2	43.8
1	3.1	5.7	9.1	11.4	26.5	29.2	33.5	45.7
2	3.5	7.7	10.3	12.3	17.6	23.6	28.8	43.2
3	3.3	4.6	15.2	19.4	22.7	31.6	35.1	54.6
4	3.2	6.4	11.5	16.0	18.8	32.1	39.0	53.8
5	3.1	10.2	10.8	28.7	40.6	43.9	44.1	45.6
6	3.5	5.4	7.2	8.8	28.5	33.4	36.2	52.3
7	3.5	7.5	8.9	17.4	34.4	38.7	39.2	45.1
8	3.4	10.4	12.1	13.9	26.7	33.8	35.9	50.8
9	3.4	7.4	14.3	15.6	26.3	33.1	33.9	46.8
10	3.5	8.5	12.9	17.4	24.4	35.0	38.3	53.7
11	3.2	7.8	11.0	11.6	27.7	31.0	32.5	54.8
12	3.4	6.1	13.6	25.6	35.7	38.8	40.2	41.3
13	3.1	7.9	10.5	15.5	22.2	30.7	32.6	53.6
14	3.4	6.9	10.0	13.4	23.6	33.1	40.1	42.0

**ANEXO T. Registro de peso en gramos según muestreos realizados durante el periodo de estudio del tratamiento 3.**

Datos	Siembra	MUESTREO						
		1	2	3	4	5	6	7
1	3.2	8.1	19.5	34.1	47.4	60.6	74.3	95.3
2	3.4	6.9	15.4	37.9	43.6	45.0	57.3	89.4
3	3.2	8.7	12.4	36.8	41.9	52.6	63.3	105.0
4	3.6	5.6	10.9	29.2	39.4	64.4	69.3	75.2
5	3.5	7.5	11.3	19.8	21.1	55.1	75.8	85.6
6	3.2	6.7	10.9	27.3	38.0	57.7	68.2	86.7
7	3.5	8.0	12.0	25.2	50.4	55.7	61.0	96.8
8	3.4	7.4	11.4	17.2	24.0	49.7	65.4	85.3
9	3.2	7.5	14.9	17.2	42.4	49.7	68.2	110.2
10	3.2	7.7	10.2	18.4	29.8	35.4	47.2	70.6
11	3.0	6.3	12.1	15.5	18.9	32.6	58.6	75.9
12	3.5	7.7	16.2	34.5	42.7	46.3	49.8	90.5
13	3.5	8.6	20.0	34.9	46.6	48.5	67.1	95.3
14	3.3	7.4	18.8	32.7	34.4	35.4	69.6	80.6
1	3.5	8.9	18.0	30.7	50.0	58.7	75.2	85.6
2	3.6	6.3	13.1	17.1	30.4	47.1	63.8	105.0
3	3.5	7.6	11.5	12.1	22.1	43.9	44.5	72.5
4	3.4	7.9	15.5	35.0	49.3	52.2	72.3	100.1
5	3.8	8.2	16.8	20.9	27.1	39.0	50.8	90.3
6	3.6	6.4	18.0	36.0	46.0	56.4	66.8	85.7
7	3.5	6.6	13.2	25.6	26.4	46.5	55.6	95.8
8	3.6	7.5	21.4	35.9	52.6	63.4	64.7	95.8
9	3.6	9.4	15.9	16.8	25.0	51.9	68.7	109.5
10	3.5	7.9	15.2	27.2	47.3	60.7	74.9	85.3
11	3.4	7.2	11.9	16.4	26.4	54.0	60.7	100.6
12	3.8	10.4	17.3	32.2	47.9	52.4	56.8	80.0
13	3.7	6.8	12.4	28.8	31.6	43.3	61.8	75.1
14	3.5	6.1	14.6	23.8	25.5	41.0	43.0	85.4
1	3.4	9.3	19.2	23.4	39.1	46.0	52.8	96.8
2	3.4	6.9	13.4	31.8	47.8	55.1	75.3	98.6
3	3.5	6.6	16.7	17.2	24.9	58.6	69.3	100.8
4	3.5	7.9	27.5	27.8	39.8	56.9	74.1	75.6
5	3.4	9.0	12.4	26.4	31.0	36.5	42.0	86.0
6	3.5	8.6	10.3	25.8	40.0	52.5	65.0	72.9
7	3.4	6.5	13.7	25.8	41.3	48.3	55.3	100.0
8	3.4	10.4	20.3	34.7	43.3	50.3	57.3	79.7
9	3.4	6.8	10.4	19.4	38.2	56.4	74.5	89.8
10	3.5	8.5	20.6	29.0	44.5	47.4	50.3	85.9
11	3.4	8.8	10.5	19.1	29.9	57.0	68.9	102.6
12	3.4	7.3	16.6	26.4	47.3	51.5	55.6	97.6
13	3.5	10.2	20.2	35.1	45.0	59.9	70.2	80.7
14	3.6	7.3	19.3	29.8	34.3	49.6	64.9	82.6

**ANEXO U. Registro de longitud total en centímetros según muestreos realizados durante el periodo de estudio del tratamiento 0.**

Datos	Siembra	Muestreos						
		1	2	3	4	5	6	7
1	4.5	7.0	8.0	8.8	10.0	10.3	10.9	11.0
2	4.8	8.1	9.3	10.0	11.0	12.5	14.0	14.2
3	5.3	7.5	8.2	8.9	10.5	11.5	12.0	12.5
4	4.6	7.0	8.9	9.0	11.0	11.8	12.0	13.5
5	5.5	6.8	7.2	8.0	10.0	11.0	11.5	12.4
6	6.1	7.5	8.0	9.4	11.0	11.5	12.0	13.5
7	4.9	6.8	8.0	8.3	11.0	11.5	12.0	12.7
8	4.8	8.3	9.4	10.4	12.0	12.8	13.2	14.0
9	4.6	7.0	7.4	7.8	8.0	9.5	9.7	9.8
10	5.3	7.0	7.5	8.0	9.0	10.0	10.5	10.6
11	4.7	6.8	8.6	9.0	10.0	10.2	11.0	11.6
12	4.5	6.7	7.4	9.2	12.0	12.6	13.0	13.5
13	6.0	7.5	7.8	8.3	8.6	9.5	10.0	11.6
14	5.5	6.3	7.4	7.6	8.0	9.0	9.2	9.5
1	5.6	6.0	7.0	8.0	8.5	9.5	11.0	12.0
2	4.6	7.2	9.0	10.5	12.0	12.3	13.0	13.2
3	5.3	7.0	8.0	8.7	9.5	10.5	11.5	11.8
4	4.8	6.5	7.5	7.8	8.5	10.5	11.0	11.5
5	5.7	6.5	8.4	8.8	9.0	10.5	10.8	12.5
6	5.5	6.0	8.3	11.0	12.0	12.8	13.5	14.0
7	4.2	7.0	7.2	8.0	9.0	10.5	12.0	12.5
8	4.3	6.5	6.8	7.0	7.5	9.3	11.0	12.3
9	4.5	7.0	8.4	9.0	11.0	12.5	13.0	13.1
10	5.2	5.5	5.9	7.0	8.0	10.8	12.0	13.2
11	5.2	7.0	8.5	10.0	11.0	11.5	12.0	12.8
12	5.4	7.5	8.7	9.0	10.0	10.3	10.5	10.7
13	5.2	6.7	8.0	9.0	11.5	12.0	12.3	13.0
14	6.0	6.5	7.5	8.0	10.5	10.8	11.2	11.6
1	5.1	7.4	9.0	10.0	10.5	11.0	12.0	12.7
2	4.8	7.0	9.5	11.0	12.0	12.4	12.5	13.0
3	5.0	7.4	9.0	10.0	11.0	11.3	12.0	12.5
4	5.3	7.0	8.4	9.0	9.2	11.1	13.0	14.0
5	4.2	5.8	8.0	9.0	11.0	11.3	13.0	13.3
6	6.3	7.0	9.1	9.5	10.5	11.8	12.2	12.5
7	4.7	7.5	9.2	9.5	11.5	12.0	13.0	13.4
8	5.8	6.0	7.9	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5
9	5.0	5.8	7.1	7.3	8.0	9.0	9.5	9.8
10	4.3	6.8	8.2	8.3	9.5	10.8	11.0	12.3
11	4.5	6.7	8.1	9.0	9.5	10.8	12.0	13.2
12	5.1	6.4	7.6	8.4	9.5	10.0	10.5	11.8
13	5.3	7.0	8.0	8.3	10.0	10.8	14.0	14.6
14	5.8	6.0	7.5	7.6	9.5	10.0	10.5	10.8

**ANEXO V. Registro de longitud total en centímetros según muestreos realizados durante el periodo de estudio del tratamiento 1.**

Datos	Siembra	MUESTREO						
		1	2	3	4	5	6	7
1	5.7	7.8	9.0	9.6	11.0	12.5	14.0	15.6
2	6.0	7.5	8.5	9.3	11.0	11.5	12.0	15.0
3	4.8	7.5	8.0	8.5	9.0	10.0	11.0	13.2
4	5.1	6.5	7.5	8.5	9.5	10.8	11.0	12.0
5	5.0	6.8	7.3	7.6	9.0	11.0	13.0	14.0
6	4.8	6.7	7.5	9.8	10.5	11.0	11.5	13.5
7	4.9	7.5	8.0	9.0	10.5	11.0	11.5	13.0
8	4.6	7.8	11.0	12.0	12.5	12.6	14.0	16.0
9	4.8	7.5	8.6	9.6	11.0	11.8	13.0	14.5
10	5.4	7.8	8.5	9.0	11.0	11.3	11.5	15.5
11	5.3	7.5	9.8	11.0	12.0	12.4	12.5	13.5
12	5.4	7.0	7.5	8.3	9.5	10.5	11.0	13.5
13	4.5	7.5	8.2	8.8	11.5	11.8	12.3	13.5
14	4.8	7.5	9.4	10.6	11.0	12.3	13.5	15.8
1	5.2	8.0	8.5	9.0	10.2	11.6	13.0	14.0
2	5.8	6.5	7.0	7.3	7.6	10.3	12.0	14.0
3	6.1	8.0	8.8	9.0	9.5	10.8	12.0	14.5
4	4.3	7.8	8.0	9.5	12.0	12.3	13.0	14.0
5	5.2	7.0	9.0	10.0	10.5	11.0	11.5	13.5
6	4.8	7.3	9.0	9.7	11.0	11.8	12.5	14.0
7	5.2	6.0	7.0	8.0	10.0	10.3	10.5	12.5
8	5.6	7.1	8.4	9.0	10.0	12.0	14.5	14.8
9	4.8	6.4	7.0	8.0	9.0	11.0	13.0	13.5
10	4.3	7.5	8.4	10.0	12.0	13.5	15.0	15.3
11	6.0	6.2	8.0	9.0	10.5	11.3	12.0	12.5
12	4.8	6.4	7.4	8.4	10.0	10.8	11.5	13.5
13	5.3	6.5	9.0	10.0	11.0	12.5	14.0	14.5
14	4.3	7.0	7.4	7.8	10.5	12.0	13.5	14.0
1	6.0	6.9	7.4	8.0	9.0	10.5	12.0	14.0
2	4.7	7.5	7.6	8.2	9.0	10.8	12.5	15.9
3	4.8	7.4	7.6	8.0	9.0	10.5	12.0	15.0
4	5.7	8.3	9.5	10.5	10.8	11.9	12.0	14.0
5	5.2	8.4	9.2	11.0	12.0	12.2	13.0	14.0
6	4.8	7.8	8.5	10.5	11.0	11.3	11.5	13.0
7	5.3	7.4	7.5	9.0	9.2	10.6	12.0	16.0
8	4.6	8.4	9.0	11.0	11.3	11.7	12.0	15.0
9	5.2	7.8	8.5	10.5	10.8	12.0	15.0	16.5
10	4.5	6.5	7.0	8.0	9.0	10.7	11.5	15.0
11	4.4	7.5	8.0	9.0	9.2	10.6	12.0	14.5
12	4.9	7.0	7.4	8.5	9.0	10.3	10.5	14.0
13	5.8	8.0	9.0	9.8	11.0	12.3	13.5	15.0
14	5.3	8.4	8.5	10.0	10.5	11.8	13.0	14.5

**ANEXO W. Registro de longitud total en centímetros según muestreos realizados durante el periodo de estudio del tratamiento 2.**

Datos	Siembra	MUESTREO						
		1	2	3	4	5	6	7
1	5.0	6.5	9.0	8.0	8.5	10.3	12.0	12.0
2	4.1	6.5	7.0	10.0	9.5	10.3	11.0	12.5
3	4.8	7.0	7.3	8.0	10.5	9.8	9.0	10.0
4	4.9	7.3	8.7	7.5	10.0	11.0	12.0	10.5
5	5.7	7.0	7.0	9.7	10.0	11.3	12.5	11.2
6	5.6	7.5	8.0	10.0	10.0	11.0	12.0	12.5
7	4.7	7.4	7.5	10.4	12.5	12.8	13.0	10.5
8	5.0	7.0	6.5	7.5	9.5	11.3	13.0	13.0
9	4.5	6.5	8.0	10.5	11.0	10.5	10.0	13.0
10	4.9	7.2	6.5	8.2	10.2	10.9	11.5	12.0
11	5.3	6.0	5.0	8.0	7.5	9.8	12.0	11.5
12	4.8	6.5	6.9	7.5	9.5	11.0	12.5	9.8
13	5.8	6.5	7.2	7.5	11.0	11.3	11.5	13.4
14	5.6	7.0	8.5	9.2	8.0	10.5	13.0	11.0
1	4.7	6.8	8.0	8.4	11.0	11.0	11.0	12.5
2	6.0	6.5	7.8	10.7	11.0	10.5	10.0	12.7
3	5.1	7.3	8.2	10.0	10.0	10.8	11.5	13.0
4	4.5	6.5	8.4	7.0	12.0	12.8	13.5	11.8
5	4.7	8.5	9.0	10.0	10.5	12.3	14.0	12.0
6	4.6	6.8	8.0	9.0	9.0	10.5	12.0	14.3
7	5.2	7.4	7.0	8.0	10.0	10.0	10.0	13.0
8	4.3	6.6	7.0	10.0	11.0	12.5	14.0	13.0
9	5.8	7.5	7.5	8.5	10.0	10.5	11.0	11.5
10	5.6	7.5	8.8	10.0	9.0	10.8	12.5	13.0
11	4.5	7.0	7.5	9.4	11.0	10.8	10.5	12.0
12	5.5	6.0	7.4	9.0	9.0	10.5	12.0	10.5
13	5.3	6.5	7.3	7.5	8.5	10.5	12.5	13.2
14	5.2	6.6	8.5	8.7	9.0	9.3	9.5	13.5
1	5.1	7.3	7.0	10.5	11.0	12.5	14.0	12.2
2	6.0	6.3	8.5	8.5	9.5	10.3	11.0	12.0
3	5.5	7.0	8.5	9.5	10.1	10.1	10.0	14.5
4	4.8	6.0	8.0	9.0	10.5	9.8	9.0	12.0
5	4.7	8.0	8.9	10.5	10.5	10.8	11.0	14.3
6	5.0	6.4	7.7	9.0	11.0	11.5	12.0	12.0
7	5.5	7.2	8.0	9.0	12.0	11.8	11.5	13.0
8	5.7	7.8	9.0	8.5	10.5	10.3	10.0	14.0
9	5.5	8.3	8.0	6.5	11.0	11.8	12.5	13.5
10	4.3	7.5	8.2	7.5	10.5	11.8	13.0	13.3
11	5.5	7.2	6.0	8.0	10.5	11.3	12.0	14.0
12	4.4	6.1	8.4	7.5	10.5	11.3	12.0	12.3
13	4.5	7.3	8.0	9.0	10.0	11.3	12.5	14.0
14	4.3	7.0	8.0	8.4	8.5	10.0	11.5	12.8

**ANEXO X. Registro de longitud total en centímetros según muestreos realizados durante el periodo de estudio del tratamiento 3.**

Datos	Siembra	MUESTREO						
		1	2	3	4	5	6	7
1	6.0	7.5	7.0	9.0	9.0	11.2	13.3	16.7
2	5.3	8.2	8.5	9.3	8.5	11.0	13.5	14.5
3	4.6	7.5	8.0	9.2	7.5	10.3	13.0	17.9
4	5.0	6.7	8.0	11.0	11.5	12.0	14.0	15.6
5	4.6	6.9	8.0	9.0	12.5	11.8	11.0	15.5
6	4.8	7.5	7.5	10.0	8.0	10.8	13.5	13.5
7	4.5	8.0	8.0	9.0	11.0	11.5	12.0	18.7
8	4.8	7.4	8.0	9.0	10.5	10.8	11.0	17.6
9	4.9	7.2	8.5	9.0	9.5	10.8	12.0	15.5
10	5.8	7.4	8.0	7.2	9.0	10.3	11.5	15.0
11	5.4	7.6	8.3	7.5	9.0	10.5	12.0	16.8
12	5.3	7.6	8.5	9.0	10.0	11.0	12.0	14.3
13	5.7	7.0	6.0	9.5	11.0	11.0	11.0	14.5
14	4.1	8.4	7.9	8.0	10.0	11.5	13.0	18.4
1	5.3	6.7	9.0	10.5	13.5	13.8	14.0	18.6
2	6.1	8.0	8.2	8.6	11.0	12.0	13.0	17.0
3	5.5	6.6	10.0	9.0	10.0	12.0	14.0	15.3
4	5.4	7.5	8.2	11.0	10.0	11.5	13.0	15.0
5	4.6	7.9	8.7	10.0	10.5	13.0	15.5	14.5
6	4.7	8.6	6.5	9.0	9.5	10.8	12.0	16.5
7	5.0	7.3	9.4	8.4	14.0	14.0	14.0	16.5
8	5.4	7.5	8.0	9.0	10.0	11.8	13.5	15.0
9	4.8	7.7	7.5	9.0	10.0	10.5	11.0	18.2
10	4.5	7.5	9.0	10.0	11.0	11.5	12.0	15.0
11	5.6	7.0	8.8	11.4	11.0	12.3	13.5	16.0
12	4.4	8.0	8.3	7.5	7.0	9.8	12.5	17.9
13	4.8	7.1	8.0	9.0	10.5	11.3	12.0	15.5
14	5.5	6.7	8.5	9.9	8.0	10.0	12.0	16.9
1	4.5	8.9	9.5	10.0	12.0	13.3	14.5	18.8
2	5.3	7.8	9.0	10.6	10.0	11.0	12.0	15.5
3	5.4	6.6	8.5	9.5	12.5	12.8	13.0	16.0
4	6.0	7.9	9.0	7.5	12.0	13.3	14.5	14.5
5	5.2	8.0	10.0	10.5	11.5	12.8	14.0	16.0
6	4.8	7.0	8.0	10.0	10.0	11.0	12.0	15.0
7	4.9	7.7	7.5	10.2	12.0	13.5	15.0	17.0
8	5.1	8.5	8.2	11.0	12.0	12.8	13.5	16.5
9	4.5	6.7	9.0	9.8	12.0	13.0	14.0	16.0
10	4.7	7.5	7.5	11.0	10.0	12.5	15.0	17.6
11	5.6	7.6	9.4	7.0	12.5	13.5	14.5	16.0
12	4.9	7.5	7.0	9.8	12.0	13.0	14.0	16.0
13	4.5	8.0	8.0	8.0	11.5	12.8	14.0	15.0
14	5.6	7.5	9.0	10.0	12.0	13.0	14.0	16.0

