

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA PASTA DE AJO (*Allium sativum*) Y UN
BACILO GRAM POSITIVO (*Bacillus amyloliquefaciens*), EN UN ALIMENTO
COMERCIAL, SOBRE EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE POSTLARVAS
DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*; Trewavas 1983)

OSCAR ARCINIEGAS HARTMAN

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2014

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA PASTA DE AJO (*Allium sativum*) Y UN
BACILO GRAM POSITIVO (*Bacillus amyloliquefaciens*), EN UN ALIMENTO
COMERCIAL, SOBRE EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE POSTLARVAS
DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*; Trewavas 1983)

OSCAR ARCINIEGAS HARTMAN

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

Presidente:
WILMER RENÉ SANGUINO ORTIZ
Ingeniero en Producción Acuícola

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2014

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

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

NOTA DE ACEPTACIÓN:

WILMER RENE SANGUINO ORTIZ.
Director de tesis

ARIEL EMIROGOMEZ CERON.
Jurado delegado

CAROL YOVANNA ROSERO GALINDO.
Jurado

San Juan de Pasto, Febrero del 2014.

DEDICO A: A Dios primero que todo, a la memoria de Mi madre y Mi padre que están en el cielo, quienes han sido mi ejemplo de vida, mi esposa, mis hijos, mis hermanos y sobrinos quienes son el motivo para seguir adelante, a mis amigos incondicionales los cuales siempre han sabido apoyarme.

OSCAR ARCINIEGAS

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis sinceros agradecimientos a:

WILMER RENE SANGUINO ORTIZ	Ingeniero en Producción Acuícola. Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño
RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO	Ingeniera en Producción Acuícola. M.Sc.
CAROL YOVANNA ROSERO GALINDO	Bióloga Genética., M.Sc., Ph.D.
ARIEL EMIROGOMEZ CERON	Biólogo Marino. Esp. Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.
RAMIRO BRAVO MENESES	Gerente COOPIAMAZONIA.
MARCO ANTONIO IMUEZ F.	Zootecnista Esp., MSc, Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.
EFREN GUILLERMO INSUASTY	Docente Universidad de Nariño.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista. Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño
OSCAR MEJIA SANTACRUZ	Economista.
PIEDAD MEJIA SANTACRUZ	Secretaria Ing., producción Acuícola.

A todos los empleados de la Cooperativa Multiactiva de Piscicultores de La Vertiente Amazónica "COPIAMAZONIA", A los Ingenieros: Diana Beltrán Tumul, Julio Cesar Enríquez, Ana Muñoz, Camilo Lenin Guerrero Romero, al Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño; y a todas las personas que en una u otra forma contribuyeron al desarrollo exitoso de esta investigación.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	20
2. OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3. HIPOTESIS DE INVESTIGACION	23
4. MARCO REFERENCIAL	25
4.1 BIOLOGIA DE LA TILAPIA ROJA <i>Oreochromis sp.</i> (Trewavas, 1983)	25
4.1.1 Clasificación taxonómica de la tilapia roja (<i>Oreochromis sp</i>)	25
4.1.2 Generalidades de la especie.	25
4.1.3 Hábitos alimenticios	27
4.1.4 Reproducción	28
4.1.5 Reproducción natural	29
4.1.6 Desarrollo embrionario	29
4.1.7 Larvicultura	30
4.2 LA FLORA INTESTINAL EN ORGANISMOS ACUÁTICOS	32
4.3 PROBIOTICOS	33
4.3.1 Definición	33
4.3.2 Características de los probióticos como suplemento alimenticio.	34
4.3.3 Beneficios de los probióticos el cultivo de peces y camarones.	34
4.3.4 Mecanismos de acción de los probióticos en el huésped	35

4.3.5	Colonización y adhesión	35
4.3.6	Empleo de probióticos en acuicultura	36
4.3.7	Pruebas en camarones.	37
4.3.8	Pruebas en peces	38
4.4	USO DE INMUNOESTIMULANTES	39
4.4.1	Inmunoestimulantes de origen natural	40
4.4.2	El ajo (<i>Allium sativum</i>).	40
4.5.1	Pruebas en camarones.	42
4.5.2	Pruebas en peces.	43
4.6	CALIDAD DE AGUA PARA TILAPIA ROJA (<i>Oreochromis sp</i>).	44
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	46
5.1	LOCALIZACIÓN	46
5.2	PERIODO DE ESTUDIO.	47
5.3	INSTALACIONES	47
5.3.1	Estanques	47
5.3.2	Hapas	47
5.4	MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	49
5.5	MATERIAL BIOLÓGICO	50
5.6	PLAN DE MANEJO	50
5.6.1	Manejo de estanques	50
5.6.2	Obtención y recolección de larvas.	50
5.6.3	Clasificación de larvas	51
5.6.4	Tratamiento profiláctico	52

5.6.5	Conteo volumétrico de postlarvas.	52
5.6.6	Aclimatación y siembra	53
5.6.7	Alimento y alimentación	53
5.6.7.1	Preparación e incorporación de la pasta de ajo y el bacilo gram positivo	54
5.6.7.2	Alimentación de postlarvas	55
5.6.8	Lavado de hapas	55
5.6.9	Monitoreo de los parámetros físico-químicos	55
5.6.10	Muestreos	57
5.8	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	58
5.8.1	Tratamientos	58
5.8.2	Formulación de hipótesis	58
5.8.3	Análisis de información	58
6.	RESULTADOS	61
6.1	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.	61
6.1.1	Peso inicial de siembra	61
6.1.2	Incremento de peso semanal	61
6.1.3	Longitud inicial de siembra.	65
6.1.4	Incremento de longitud semanal	65
6.1.5	Tasa de crecimiento simple	69
6.1.6	Sobrevivencia	70
6.1.7	Análisis parcial de costos.	71
6.2	PARAMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA	73

6.2.1	Oxígeno disuelto	73
6.2.2	Potencial de hidrogeniones (pH)	74
6.2.3	Temperatura	74
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
7.1	PESO INICIAL DE SIEMBRA	75
7.2	INCREMENTO DE PESO SEMANAL.	75
7.3	INCREMENTO DE LONGITUD SEMANAL	79
7.4	TASA DE CRECIMIENTO SIMPLE	80
7.5	SOBREVIVENCIA	82
7.6	ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS	85
7.7	PARAMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA	86
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
8.1	CONCLUSIONES	88
8.2	RECOMENDACIONES	89
9.	BIBLIOGRAFIA	90
10.	ANEXOS	99

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de maduración sexual de la tilapia	29
Tabla 2. Composición nutritiva del ajo (<i>Allium sativum</i>)	41
Tabla 3. Diferentes enfermedades tratadas con ajo (<i>Allium sativum</i>).	43
Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos adecuados para el cultivo de tilapia roja (<i>Oreochromis sp</i>)	45
Tabla 5. Peso promedio inicial para cada tratamiento	61
Tabla 6. Resumen estadístico para incremento de peso semanal	62
Tabla 7. Peso promedio de las postlarvas en los muestreos realizados durante el período de estudio	63
Tabla 8. Talla promedio inicial para cada tratamiento	65
Tabla 9. Resumen estadístico para Incremento de Longitud Semanal	66
Tabla 10. Talla promedio de las postlarvas en los muestreos realizados durante el período de estudio	66
Tabla 11. Tasa de Crecimiento Simple durante el ensayo	69
Tabla 12. Supervivencia de postlarvas para cada tratamiento	70
Tabla 13. Costos totales del ensayo	72
Tabla 14. Resumen del cálculo de la relación beneficio costo	72
Tabla 15. Parámetros físicos y químicos promedio por tratamiento	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tilapia roja (<i>Oreochromis spp.</i>)	26
Figura 2. Proceso de desarrollo embrionario de tilapia	30
Figura 3. Tracto gastrointestinal de especies hidrobiológicas	36
Figura 4. El ajo (<i>Allium sativum</i>)	41
Figura 5. Localización geográfica de la finca la Cabaña	46
Figura 6. Distribución de las hapas dentro del estanque excavado	48
Figura 7. Distribución de los tratamientos en el estanque	48
Figura 8. Revisión bucal y recolección de larvas de tilapia roja.	51
Figura 9. Clasificación de larvas.	51
Figura 10. Tratamiento profiláctico	52
Figura 11. Conteo volumétrico de postlarvas de tilapia roja	52
Figura 12. Aclimatación y siembra de postlarvas de tilapia roja	53
Figura 13. Alimento de 45% de Proteína	54
Figura 14. Preparación e incorporación de la pasta de ajo (<i>Allium sativum</i>)	54
Figura 15. Monitoreo de parámetros físico-químicos	55
Figura 16. Medición y pesaje de ejemplares de tilapia roja (<i>O. sp.</i>)	56
Figura 17. Incremento de peso promedio semanal (mg) por tratamiento	62
Figura 18. Crecimiento promedio semanal durante el ensayo	63
Figura 19. Comportamiento del incremento de peso promedio semanal	64
Figura 20. Peso promedio obtenido al final del periodo experimental	64
Figura 21. Incremento de longitud promedio semanal (mm) por tratamiento	66

Figura 22. Curva de crecimiento (mm) semanal durante el ensayo	67
Figura 23. Comportamiento del incremento de longitud semanal (mm)	68
Figura 24. Talla promedio individual obtenido al final del estudio	68
Figura 25. Tasa de Crecimiento Simple promedio diaria	69
Figura 26. Porcentaje de sobrevivencia	70
Figura 27. Comportamiento de la sobrevivencia durante la investigación	71
Figura 28. Relación beneficio costo por tratamiento	72
Figura 29. Comportamiento diario para Oxígeno disuelto	73
Figura 30. Comportamiento diario para pH	74
Figura 31. Curva de temperatura promedio diario.	74

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Registro de Oxígeno (mg/l) promedio diario.	100
Anexo B. Registro de pH promedio diario.	101
Anexo C. Registro de Temperatura (°C) promedio diario.	102
Anexo D. Registro de los valores de peso y talla promedio.	103
Anexo E. Registro de alimentación diaria (g.) por tratamiento.	106
Anexo F. Registro de Mortalidad promedio diario.	107
Anexo G. Análisis de varianza para peso inicial de siembra.	108
Anexo H. Análisis de Varianza para Incremento de Peso Semanal.	109
Anexo I. Prueba Tukey para Incremento de Peso Semanal.	110
Anexo J. Análisis de varianza para talla inicial de siembra.	111
Anexo K. Análisis de varianza para Incremento de Longitud semanal.	112
Anexo L. Prueba de Tukey para Incremento de Longitud semanal.	113
Anexo M. Análisis de varianza para Tasa de Crecimiento Simple.	114
Anexo N. Prueba de Tukey para Tasa de Crecimiento Simple.	115
Anexo O. Prueba de Brand Snedecor para Supervivencia.	116
Anexo P. Análisis de varianza para oxígeno.	117
Anexo Q. Análisis de la Varianza para temperatura.	118
Anexo R. Análisis de varianza para pH.	119

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.

ALIMENTO BALANCEADO: Mezcla de alimentos que contienen todos los ingredientes nutricionales necesarios para cada especie.

BACTERIA: Organismo unicelular visible solo a través del microscopio y que constituye uno de los tres dominios en que se dividen los seres vivos.

INCUBACIÓN BUCAL: Tipo de incubación que responde a un comportamiento de cuidado de las crías. Consiste en el acarreo de los huevos dentro de la boca o de una bolsa faríngea, hasta el momento de la eclosión o incluso mucho tiempo después.

INMUNOESTIMULANTE: Agente, natural o artificial, que es utilizado para controlar las enfermedades de los peces ya que actúa directamente sobre las células del sistema inmune estimulando su acción efectora.

PROBIÓTICO: Complemento alimenticio a base de microorganismos vivos y vitales que produce efectos beneficiosos sobre el organismo animal, mejorando el equilibrio microbiano intestinal.

REABSORCIÓN: Proceso de asimilación de sustancias, etapa en la cual el saco vitelino de las larvas es absorbido.

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló durante los meses de Abril y Julio del 2012 en la finca la Cabaña ubicada en el Municipio de San Miguel, Putumayo. En el periodo experimental se evaluó el crecimiento, supervivencia y costos de producción de postlarvas de tilapia roja, alimentadas con reversarina comercial del 45% de proteína más la adición de pasta de ajo y un bacilo gram positivo, realizado en hapas instaladas en un estanque excavado en tierra.

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

T1: Reversarina del 45% de proteína.

T2: Reversarina del 45% de proteína con 5,0 g. de pasta de ajo (*Allium sativum*), por kg de alimento.

T3: Reversarina del 45% de proteína con 2,5 g. de *Bacillus amyloliquefaciens*, por Kg de alimento.

T4: Reversarina del 45% de proteína con 2,5 g. de pasta de ajo (*Allium sativum*) + 1,25 g. de *Bacillus amyloliquefaciens*, por Kg de alimento.

Las unidades experimentales fueron conformadas por doce hapas en angeo plástico con ojo de malla de 1/8 de pulgada y 2400 peces cada una y un total de 28,800 postlarvas, con un peso promedio de $14 \pm 0,80$ mg., una longitud total promedio de $9,0 \pm 0,109$ mm y una edad de tres días aproximadamente. Se efectuaron muestreos semanales con el fin de evaluar las variables: Incremento de peso y talla semanal, tasa de crecimiento simple; porcentaje de sobrevivencia y relación beneficio-costo.

El análisis de varianza demostró que existen diferencias significativas en las variables incremento de peso ($0,0001 < 0,05$) y talla ($0,0277 < 0,05$) entre tratamientos. Mediante la prueba de Tukey se estableció que los tratamientos 2 y 3, correspondientes a la adición en el alimento de pasta de ajo y el bacilo gram positivo, fueron los mejores tratamientos con valores de 164 ± 40 mg; $1,830 \pm 0,068$ mm y 152 ± 38 mg; $1,825 \pm 0,036$ mm para incrementos de peso y talla promedio final semanal respectivamente.

La variable tasa de crecimiento simple diaria registró valores de 4,12% para el tratamiento 1; 4,55% para T2; 4,36% para el T3 y 4,22% para T4. El análisis de varianza demostró que existen diferencias significativas entre tratamientos (0,0039

< 0,05). Mediante la prueba de Tukey se estableció que el tratamiento 2 presentó la mejor tasa de crecimiento simple. Además la diferencia proporcional entre los tratamientos indicó que los tratamientos 2, 3 y 4, con la adición de los promotores de crecimiento, fueron superiores con respecto al tratamiento testigo.

Los porcentajes de sobrevivencia obtenidos por cada tratamiento fueron: 49,9 % para el tratamiento 1, 89,6% para T2, 91,6% para el T3 y 86,8% para T4. Mediante la prueba estadística de Brand Snedecor, se determinó que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($5197,436 > 7,81$), siendo mejores aquellos que incluyeron en la dieta los promotores de crecimiento.

Los mejores índices de relación beneficio costo fueron obtenidas por los tratamientos 2 y 3 con un valor de 1,48 cada uno respectivamente, estos resultados demuestran que los tratamientos que incluyeron inmunoestimulantes como la pasta de ajo y el bacilo gram positivo en el alimento, presentaron los mayores porcentajes de sobrevivencia, corroborando la factibilidad económica del uso de inmunoestimulantes en las dietas para organismos hidrobiológicos de cultivo.

ABSTRACT

This investigation was developed during the months of April and July 2012 at the farm cottage located in the municipality of San Miguel, Putumayo. The experimental period evaluated the growing, survival and production costs of postlarvae of Red tilapia, commercial reversarina of 45% of protein-fed more addition of paste of garlic and a Bacillus gram positive, made of hapas installed on a pond dug into the Earth.

We used a random unrestrictedly (DIA) consisting of twelve experimental units distributed in four treatments and three replica each one, in the following manner:

T1: Reversarina 45% of protein.

T2: Reversarina 45% of protein with 5.0 g. paste of garlic (*Allium sativum*), for kg of food.

T3: Reversarina 45% of protein with 2.5 g. *Bacillus amyloliquefaciens*, for Kg of food.

T4: Reversarina 45% of protein with 2.5 g. paste of garlic (*Allium sativum*) more 1.25 g. *Bacillus amyloliquefaciens*, for Kg of food.

The experimental units were formed by twelve corral in plastic with mesh of 1/8 inch and 2400 fish eye each one and a total of 28,800 postlarvae, with an average weight of 14 ± 0.80 mg., a total length average of 9.4 ± 0.109 mm and an age of three days approximately. Weekly samples were carried out in order to assess the variables: rate increase of weight and height weekly, simple growth; the percentage of survival and cost-benefit ratio.

The analysis of variance showed that there are significant differences in the variable weight increase ($0.0001 < 0,05$) and size ($0,0277 < 0,05$) between treatments using Tukey's test was established that treatments 2 and 3, corresponding to the addition in the paste of garlic and gram positive *Bacillus* food, were the best treatments with values of 164 ± 40 mg; $1,830 \pm 0,068$ mm and 152 ± 38 mg; $1,825 \pm 0.036$ mm for increments of weight and size final average weekly respectively.

Variable daily simple growing rate recorded values of 4,12% for treatment 1; 4.55% for T2; 4.36% for T3 and T4 4.22%. The analysis of variance showed significant differences among the treatments ($0,0039 < 0,05$). Tukey's test established that treatment 2 present the best simple growing rate. In addition the proportional

difference among the treatments indicated that 2, 3 and 4, with the addition of growing promoters, treatments were higher with respect to the control treatment.

Survival percentages obtained for each treatment were: 49.9% for treatment 1, 89.6% for T2, 91.6% for T3 and 86.8% for T4. Using the statistical test of Brand Snedecor, determined that there are significant differences among the treatments ($5197,436 > 7.81$), being better those who the promoters of growing included in the diet.

The best cost benefit ratio indices were obtained by treatments 2 and 3 with a value of 1.48 each one respectively, these results demonstrate that treatments involving immunostimulants as the paste of garlic and Bacillus gram positive in food, had the highest percentages of survival, corroborating the economic feasibility of the use of immunostimulants in diets for growing biological organisms.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)¹, la Acuicultura continental, es en la actualidad una de las principales fuentes de proteína para la seguridad alimentaria mundial, y esta ha seguido creciendo a un paso constante en las tres últimas décadas, con una tasa mucho más rápida que cualquier otro tipo de producción de proteína de tipo animal, el 8,8% anual. En 2011, la producción mundial fue de 63,69 millones de toneladas, con un aumento de un 6,1 % con respecto a los 59,9 millones de toneladas en 2010. Se estimó que para el 2012 la acuicultura mundial llegue a una producción de más de 65.0 millones de toneladas, de los cuales más del 6 % representaría a la producción de tilapias a nivel mundial.

La Tilapia roja (*Oreochromis sp*), un pez que es originario del África tropical, está catalogado por la FAO² como la tercera especie producida en cautiverio después de la carpa y el salmón. De acuerdo con Espejo³, la tilapia roja es una especie que por su rusticidad al cultivo, fácil adaptación a medios confinados, alta tasa de crecimiento, buen aspecto físico, consecución de semilla durante todo el año y gran demanda en el mercado, ha logrado una producción que ha ido desarrollando a ritmo constante a nivel nacional, siendo en la actualidad la especie con mayor proyección y crecimiento.

Según López *et al*⁴, en un sistema masivo de producción de alevinos de tipo intensivo, se produce acumulación de metabolitos y el proceso de reversión produce estrés en las postlarvas y altas tasas de mortalidad, debilitando

¹ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Examen mundial de la pesca y la acuicultura. Informe preliminar. Parte 1. Italia, Roma: FAO, 2012 (Citado el 7 de Junio de 2013). Disponible en internet: <URL: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s01.pdf> p. 9.

² Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación (FAO). Cadena de la Piscicultura en Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005. p. 5. Disponible en Internet: URL: http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/anuario/Cadena_piscicultura.pdf

³ ESPEJO, C. Cultivo de tilapia roja en jaulas tecnología en Colombia. Huila-Colombia: II Congreso Suramericano de Acuicultura. 2000. p.12.

⁴ 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. Módulo de Sanidad e Inmunoestimulantes. 2007.

principalmente las defensas de los ejemplares propiciando la incidencia de enfermedades fúngicas, bacterianas, parasitarias y virales que generan grandes pérdidas económicas. Así mismo Prieto y Olivera⁵ sostienen que durante la fase de larvicultura de tilapia roja, en un sistema de producción intensivo en estanques “el principal riesgo es la infección por *Trichodina sp.* o *Dactilogyrus sp.*, parásitos que atacan la piel y branquias, produciendo entre 70-80% de mortalidad en la población en un periodo de 10 días”.

Rondón⁶ menciona en la actualidad se han evaluado distintas prácticas de manejo para mitigar las pérdidas económicas en explotaciones dedicadas a la producción de alevinos de tilapia roja, pero la ausencia de métodos efectivos en el control de enfermedades, la utilización indiscriminada de productos químicos, el empleo de altas dosis y la falta de información en cuanto a su espectro de acción; han generado el aumento de costos de producción, resistencia bacteriana, efecto negativo sobre el medio ambiente y la restricción del uso de promotores de crecimiento de naturaleza antibiótica.

Según el Centro Provincial de Gestión Agroempresarial (CPGA)⁷ la piscicultura es uno de los renglones productivos más destacados del bajo Putumayo, dentro de los cuales la tilapia roja es una alternativa de producción de gran importancia que demanda gran cantidad de alevinos en el mercado, por lo tanto las empresas acuícolas requieren mantener una oferta constante, a un menor precio, de mejor calidad fenotípica y aspectos productivos, buscando fortalecer el sector acuícola, la generación de ingresos oportunos y representativos de actividades lícitas, apoyando el desarrollo social y económico de la región.

Por lo anteriormente expuesto el objetivo general es determinar el efecto de la pasta de ajo y un bacilo gram positivo sobre el crecimiento y la sobrevivencia postlarval de tilapia roja, durante un periodo de 30 días.

⁵ PRIETO, C. y OLIVERA, M. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis sp.* Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad de Antioquia, Grupo de Fisiología y Biotecnología de la Reproducción – Biogénesis. Medellín – Colombia. 2002. p. 3. (Citado el 10 Octubre de 2010). Disponible en Internet. URL: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/78/77>.

⁶ RONDÓN, B. Inmunoestimulantes en medicina veterinaria. . En: Revista electrónica Orinoquia, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. Volumen 8, N. 2, (Noviembre, 2004). (Citado el 9 de marzo de 2011). p. 57. Disponible en internet: <URL: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/896/89680206.pdf>. ISSN 0121-3709.

⁷ Centro Provincial de Gestión Agroempresarial (CPGA). Diagnostico Acuícola Realizado para los Municipios de San Miguel, Valle del Guamuéz y Orito. Valle del Guamuéz, Putumayo. 2005.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la inclusión de pasta de ajo (*Allium sativum*), y un bacilo gram positivo (*Bacillus amyloliquefaciens*), en un alimento comercial, sobre el crecimiento y supervivencia de postlarvas de tilapia.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el incremento en peso y talla de las postlarvas de tilapia roja en cada uno de los tratamientos durante el tiempo de la investigación.
- Establecer la tasa de crecimiento simple en cada uno de los tratamientos.
- Determinar el porcentaje de supervivencia de postlarvas de tilapia roja durante el periodo de estudio, en cada tratamiento.
- Realizar un análisis parcial de costos de cada uno de los tratamientos.

2. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN

- **Formulación de hipótesis para incremento en peso y talla.** Las hipótesis planteadas son:

Hipótesis nula (Ho). No existen diferencias significativas entre los incrementos de peso y talla medio de los tratamientos.

$$Ho: \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3} = \mu_{T4}$$

Hipótesis alterna (Ha). Al menos uno de los incrementos de peso y talla medio de los tratamientos será diferente.

$$Ha: \mu_{T1} \neq \mu_{T2} \neq \mu_{T3} \neq \mu_{T4}$$

- **Formulación de hipótesis para tasa de crecimiento simple.** Las hipótesis planteadas son:

Hipótesis nula (Ho). No existen diferencias significativas entre las tasas de crecimiento simple media de los tratamientos.

$$Ho: \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3} = \mu_{T4}$$

Hipótesis alterna (Ha). Al menos una de las tasas de crecimiento simple media de los tratamientos será diferente.

$$Ha: \mu_{T1} \neq \mu_{T2} \neq \mu_{T3} \neq \mu_{T4}$$

- **Formulación de hipótesis para porcentaje de sobrevivencia.** Las hipótesis planteadas son:

Hipótesis nula (Ho). No existen diferencias significativas entre los porcentaje de sobrevivencia medio de los tratamientos.

$$Ho: \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3} = \mu_{T4}$$

Hipótesis alterna (Ha). Al menos uno de los porcentajes de sobrevivencia medio de los tratamientos será diferente.

$$Ha: \mu_{T1} \neq \mu_{T2} \neq \mu_{T3} \neq \mu_{T4}$$

- **Formulación de hipótesis para análisis parcial de costos.** Las hipótesis planteadas son:

Hipótesis nula (Ho). No existen diferencias significativas entre los costos medios de los tratamientos.

$$H_0: \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3} = \mu_{T4}$$

Hipótesis alterna (Ha). Al menos uno de los costos medios de los tratamientos será diferente.

$$H_a: \mu_{T1} \neq \mu_{T2} \neq \mu_{T3} \neq \mu_{T4}$$

3. MARCO REFERENCIAL

4.1 BIOLOGIA DE LA TILAPIA ROJA *Oreochromis sp.*(Trewavas, 1983)

4.1.1 Clasificación taxonómica de la tilapia roja. Según Trewavas, citado por Solarte⁸:

REINO: Animal
PHYLUM: Chordata
SUBPHYLUM: Vertebrata
CLASE: Teleostomi
SUPERCLASE: Actinopterygii
SUPERORDEN: Acanthopterygii
ORDEN: Perciformes
SUBORDEN: Percoidei
FAMILIA: Cichlidae
GÉNERO: *Oreochromis*
ESPECIE: *Oreochromis sp*
NOMBRE COMÚN: Tilapia roja, mojarra roja, pargo de agua dulce, red snapper.

4.1.2 Generalidades de la especie. Según Pillay⁹ la tilapia roja (Figura 1) 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*. Popma¹⁰ manifiesta que el híbrido de tilapia roja junto con la tilapia del Nilo o tilapia nilótica es la de mayor producción a nivel mundial, Por tanto, el género *Oreochromis* es el que se considera de mayor importancia dentro de los cultivos comerciales existentes.

⁸ SOLARTE GUEVARA, A. Evaluación de diferentes densidades de incubación de huevos de tilapia roja (*Oreochromis sp*), mediante un sistema de incubación artificial. Huila, Colombia. 2008. p. 28. Trabajo de grado (Ingeniero en producción acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos.

⁹ PILLAY. Acuicultura principios y prácticas. Limusa. Noriega Editores. México. 1997. p. 445

¹⁰ 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%20Del%20Nilo.pdf>. p. 1- 40.

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



Piscícola la Dorada, archivo personal. Oscar. Arciniegas. Hartman.

De acuerdo con Ramírez¹¹, 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 Ocampo¹², 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.

Hurtado¹³ manifiesta que todas las especies de tilapia son conocidas por su madurez temprana. Las especies de tilapia más comunes alcanzan su madurez

¹¹ 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. Número 25. Octubre 2.003. p. 20.

¹² OCAMPO, F. Cultivo de tilapia como una alternativa de desarrollo socioeconómico. En: IV Seminario Nacional de Ingeniería en Producción Acuícola. Módulo de Producción. 2007.

¹³ HURTADO, N. Inversión sexual en tilapias. nH ingenieros consultores. Lima, Perú. 2005. p. 4. (Citado el 10 Septiembre de 2010). Disponible en Internet. URL: http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_invsextilapia.pdf.

sexual entre los 30-40 g., en un intervalo de 2-4 meses. Una vez que han madurado, las tilapias pueden realizar la puesta durante todo el año, llegando inclusive hasta 12 desoves/ año, mientras la temperatura del agua sea superior a los 24 °C. posteriormente a la fertilización, uno o ambos padres vigilan cuidadosamente los embriones en desarrollo hasta que eclosionan y las larvas alcanzan natación libre.

4.1.3 Hábitos alimenticios. Bardach¹⁴ afirma que las tilapias son generalmente herbívoras, 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 alimento vivo.

Hepher y Pruginin¹⁵ 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 Cabrera y Santacruz¹⁶, 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.

¹⁴ BARDACH, J.; RYTHYER, J. y Mc LARNEY, W. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, S.A. México D.F. 1.990. p. 288.

¹⁵ HEPHER, B. y PRUGININ, Y. Cultivo de peces comerciales basados en experiencias de granjas piscícolas de Israel. Editorial limusa. México.1994. p.150

¹⁶ 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

Ringo y Olsen¹⁷, aseguran que:

El tracto gastrointestinal de la tilapia es un órgano complejo multifuncional que absorbe y regula de manera endocrina la digestión de metabolitos. Además mantiene el balance de electrolitos del agua, e interviene en el proceso inmunológico del organismo, se divide en intestino anterior, medio y posterior y cada una de estas regiones son funcionalmente diferentes. Se caracteriza por ser largo y delgado, típico de los peces herbívoros y omnívoros y presenta un pH entre 7.5 a 9.0. La longitud en los adultos es de cinco a siete veces el largo total de su cuerpo.

4.1.4 Reproducción. Según Hurtado¹⁸, los hábitos reproductivos y la jerarquía de las tilapias tienen grandes implicaciones en su cultivo, pues estos factores guardan estrecha relación con su madurez sexual, alcanzando la madurez sexual a partir de 2 o 3 meses de edad con una longitud entre 8 y 18 cm. La reproducción es dioica y el sistema endocrino tiene un papel importante en la regulación de la reproducción, logrando la diferenciación de las gónadas entre los 16 y 20 días de edad, donde empiezan a definirse como testículos u ovarios, éstas últimas se desarrollan entre 7 a 10 días antes que los testículos.

Para Cantor¹⁹ el fotoperiodo, la temperatura (la cual debe ser superior a los 24°C durante el periodo de maduración) y la presencia del sexo opuesto son factores que influyen en la maduración sexual (Tabla 1). A nivel práctico, se ha visto la importancia del estímulo ambiental sobre la reproducción de la tilapia, el cual consiste en una buena calidad del agua; básicamente se requiere una alta productividad primaria, además, para inducir la reproducción se debe eliminar los alevines residentes de camadas anteriores, ya que los mismos producen un efecto inhibitorio en las hembras.

¹⁷ RINGO, E., y OLSEN, R. Electron microscopy of the intestinal microflora of fish. *Aquaculture*, 2003. p. 227, 395-415.

¹⁸ HURTADO, *Ibíd.*, p. 10.

¹⁹ CANTOR, F. Manual de producción de tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Puebla, México. 2007. p. 13. (Citado el 15 de Agosto de 2010). Disponible en Internet URL: <http://www.scribd.com/doc/13788369/Manualti>

Tabla 1. Características de la maduración sexual de la tilapia.

PARAMETRO	RANGO
Edad	2-3 meses
Peso	70-100 g
Longitud	10-18 cm
Temperatura para el desove	Óptima: 25-30°C
Fecundidad	Rango: 100-2000 huevos/desove Promedio: 200-400 huevos/desove Una hembra de 200grs: 250-500 alevines/4-5 semanas.
Tamaño óptimo para la reproducción	100-200 g

Fuente: Cantor, Fernando. *Ibíd.*, p. 13.

4.1.5 Reproducción natural. Para Hepher y Pruginin²⁰:

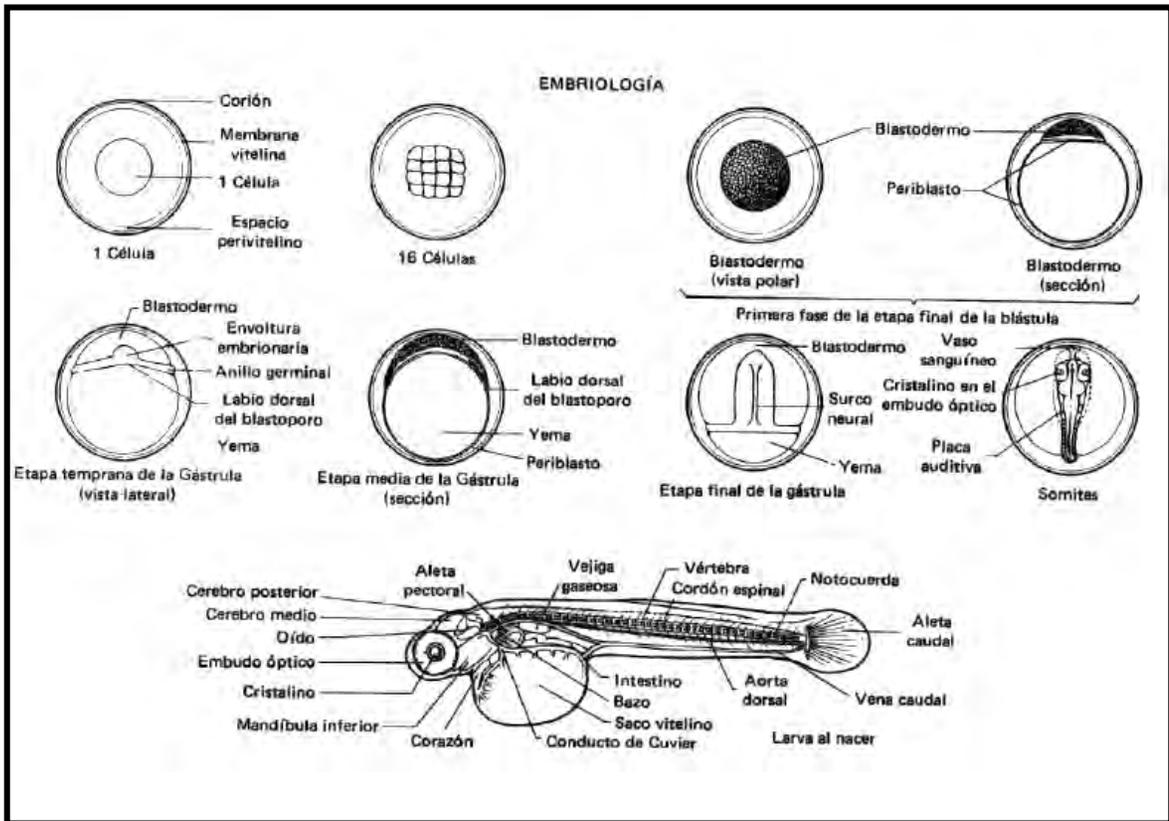
La reproducción natural consiste en ofrecer al pez ciertas condiciones medio ambientales para la reproducción propia de su especie. El manejo que se realiza en estos individuos trata de simular ciertos aspectos biológicos involucrados en su actividad reproductiva.

4.1.6 Desarrollo embrionario. Cantor²¹ sostiene que cuando se lleva a cabo la fecundación, a medida que avanza la división celular las células comienzan a envolver el vítulo hasta rodearlo completamente, dejando en el extremo una abertura que más tarde se cierra. Posteriormente, una vez formada la mayor parte del organismo, el embrión comienza a girar dentro del espacio peri-vitelino, ese movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más enérgicos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen algunas enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romperla y salir fácilmente (Figura 2).

²⁰ HEPHER, B. y PRUGININ, C. Cultivo de peces comerciales. Zaragoza, España: Limusa, 2004. p.76.

²¹ CANTOR, *Ibíd.*, p. 15.

Figura 2. Proceso del desarrollo embrionario de tilapia



Fuente: CANTOR, F. Ibíd., p. 15.

4.1.7 Larvicultura. Prieto y Olivera²², afirman que el tiempo que toman las larvas en reabsorber su saco vitelino varía de 4 a 5,5 días, si se mantienen las condiciones ambientales.

Los mismos autores manifiestan que una vez hayan reabsorbido su reserva vitelínica, y coman activamente, se trasladan a unidades más grandes como estanques o canaletas y son alimentadas con concentrado comercial balanceado y formulado con hormonas androgénicas que aseguren una alta tasa de reversión gonadal, para esta etapa se puede usar estanques, pilas de concreto, acuarios o hapas, en donde una densidad de siembra adecuada sería de 3,000 a 5,000 larvas/m³ de hapa.

²² PRIETO y OLIVERA. Óp. cit., p. 3.

López, *et al*²³, mencionan que la tilapia es una especie gonocórica indiferenciada, lo que significa que el tejido gonadal de la larva al momento de eclosionar, no está diferenciado. Este período de indiferenciación en la morfogénesis, que va hasta los 15 días después de la eclosión, ha permitido el empleo de técnicas de inducción hormonal para reversión fenotípica del sexo mediante el empleo de hormonas masculinizantes.

Ramírez²⁴ manifiesta que el sistema tradicional de reproducción natural de tilapia está basado en la captura de larvas del estanque para separarlas de los reproductores y seleccionarlas dejando las de talla menor de 12 mm, posteriormente son colocadas en tanques en donde se realiza la reversión.

López *et al*²⁵, mencionan que el proceso de reversión produce estrés en las larvas y altas tasas de mortalidad, dado que se ven obligadas a consumir exclusivamente el alimento con hormona evitándose al máximo el alimento vivo para obtener buenos índices de eficiencia en los resultados.

Según Pompa y L. Lovshin²⁶, en esta fase los parásitos externos más comunes, son el "ICH" que produce el conocido "punto blanco", ocasionado por un Protozoo Ciliado, junto a *Trichodina* y pueden causar serios problemas en larvas y juveniles; actuando el primero a temperaturas de 0-24°C y el segundo a bajas temperaturas.

²³ LÓPEZ, CA, CARVAJAL DL, BOTERO MC. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis sp*) por inmersión utilizando 17 alfa – metiltestosterona. *En*: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Universidad de Antioquia. 2007. 20:318-326. (Citado Febrero 26 de 2012). Disponible en Internet. URL: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/287/284>

²⁴ RAMIREZ, R. Memorias V seminario internacional de acuicultura. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional, 2005. p. 69.

²⁵ LÓPEZ, et al. *Ibíd.*, p. 2.

²⁶ POMPA, & L.LOVSHIN. Acerca del cultivo de tilapia nilótica y tilapia roja. Auburn University, Auburn, EUA. 1994. p. 1-40. (Citado Febrero 25 de 2012). Disponible en Internet. URL: http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-pecies/_archivos/000008-Tilapia/071201_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf?PHPSESSID=e5b9f2d7a15cd20fa770fe0e88d6dbe0

4.2 LA FLORA INTESTINAL EN ORGANISMOS ACUÁTICOS

Cachill²⁷, menciona que:

El tracto gastrointestinal de peces dulceacuícolas y marinos, se caracteriza por ser un nicho ecológico favorable para el desarrollo de una gran cantidad de microorganismos por que la población de bacterias benéficas y patógenas observada en el intestino de los animales es normalmente más abundante comparada con la que se encuentra en el medio ambiente que los rodea. Sin embargo los microorganismos del medio ambiente y sus variaciones estacionales influyen de manera determinante en los géneros y las especies que se puedan encontrar en la microflora de los animales.

Isolauri, *et al*²⁸., sostienen que:

Durante toda la vida del animal, esta flora intestinal presenta funciones metabólicas, tróficas y protectoras. La función metabólica tiene como finalidad ayudar a los procesos de digestión y absorción de nutrientes para proporcionar energía al organismo, mientras que la función trófica fomenta el crecimiento y la diferenciación celular, además de estimular el sistema inmune del organismo. Su función protectora se desarrolla desde el nacimiento, este actúa como la primera línea de defensa contra microorganismos patógenos exógenos u oportunistas, creando el efecto barrera. Además, la mucosa intestinal provee al huésped de protección en contra de la constante presencia de antígenos provenientes del alimento y de microorganismos presentes en el ambiente circundante.

➤ **Sistema inmune de los peces.** Según Escobar, *et al*²⁹:

Los peces se encuentran en contacto continuo con microorganismos patógenos. El primer paso para que se desarrolle un proceso infeccioso es la invasión y penetración de estos microorganismos, lo que depende del estado

²⁷ CACHILL, M.M. Bacterial flora of fishes: A review. *Microbial Ecology*, Vol.19. 1990. p. 21-41.

²⁸ ISOLAURI, E., SÜTAS, Y., KANKAANPÄÄ, P., ARVILOMMI, H. y SALMINEN, S. 2001. Probiotics: effects on immunity. *Am. J. Clin. Nutr.* 73(2): 444-450.

²⁹ ESCOBAR, L.; OLVERA, M.; CASTILLO, C. Avances sobre la ecología microbiana del tracto digestivo de la tilapia y sus potenciales implicaciones. Centro de investigación y de estudios avanzados del IPN, Unidad Mérida. Mérida – Yucatan-Mexico, 2006. p. 111-121. (Citado el 2 Noviembre del 2010). Disponible en Internet: URL: http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/VIII/archivos/8Olverafinal.pdf

físico y fisiológico del animal, así como de la virulencia y cantidad presente. Una vez que las bacterias, parásitos o virus se han establecido dentro del organismo, el pez puede morir, recuperarse de la enfermedad gracias a un sistema de defensa eficiente y/o puede permanecer como un portador de la enfermedad sin presentar sintoma alguno. Todos los órganos linfoides y las células sanguíneas juegan un papel importante en la defensa general del organismo; sin embargo, la microflora intestinal es un elemento indispensable para la eliminación de microorganismos patógenos, tanto del intestino como del organismo en general, participan y mantienen tolerancia oral y actúan como un estímulo antigénico importante para la maduración del tejido linfático del intestino.

4.3 PROBIOTICOS

4.3.1 Definición. Según Balcazar³⁰, “el probiótico es 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 de organismos hidrobiológicos”.

Castillo y Maya³¹, mencionan que Parker definió el término probiótico 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”.

³⁰ BALCAZAR, J. Uso de probióticos en acuicultura. Aspectos generales. Congreso iberoamericano virtual de acuicultura (CIVA). (Citado el 2 Noviembre del 2010). Disponible en Internet: URL: <http://www.civa2002.org>.

³¹ CASTILLO, N y MAYA, C. Evaluación comparativa de un prebiótico y un probiótico, en alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en estanque tipo invernadero. San Juan de Pasto, Colombia. 2008. p 40. Trabajo de grado (Ingeniero en producción acuícola). Universidad de Nariño, facultad de ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos.

4.3.2 Características de los probióticos como suplemento alimenticio. Pereira y Rosero³² 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.

Castillo y Maya³³, mencionan que las cepas de microorganismos probióticos deben presentar y mantener unas características que garanticen su crecimiento y supervivencia en el alimento que lo contiene o al que se adiciona; entre esas características están: Viabilidad durante el procesamiento y almacenamiento del alimento, estabilidad frente a ácidos gástricos y biliares, adherencia a la mucosa intestinal y producción de sustancias antimicrobianas (cuando estos microorganismos metabolizan carbohidratos y sintetizan compuestos como: ácido láctico, fórmico, acético entre otros).

4.3.3 Beneficios de los probióticos en el cultivo de peces y camarones. Dentro de los beneficios Rigáil³⁴ destaca los siguientes:

- Beneficio en la salud del huésped que lo consume, debido principalmente a que estos microorganismos, reconstruyen el desbalance de la microflora intestinal causados por los patógenos invasores.
- Protección contra la mayoría de bacterias patógenas que ya, han desarrollado una resistencia a los antibióticos.
- Incremento en la ganancia de peso y sobrevivencias después de su uso.

Ventajas de los probióticos. Rigáil³⁵ asegura que:

Las enzimas juegan un papel vital como ingredientes en las dietas de todas las especies, pueden desdoblar los nutrientes más pesados o indigestos a nutrientes disponibles, mejorando la eficiencia de los alimentos y del desarrollo de los animales. El mismo autor citando a Austin *et al.*, sostiene que en acuicultura

³² 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

³³ *Ibíd.*, p. 41.

³⁴ RIGÁIL, J. Op. cit., p. 4.

³⁵ *Ibíd.*, p.14.

ciertos *Vibrios spp*, *Bacillus spp*, bacterias ácido lácticas, levaduras y microalgas han sido usadas como probióticos.

De igual manera el mismo autor menciona que en la actualidad los probióticos usados en la acuicultura se han desarrollado desde el aislamiento de cepas, del agua, sedimentos y tracto intestinal de los organismos cultivados y que han desarrollado la capacidad de producir sustancias inhibidoras de patógenos.

4.3.4 Mecanismos de acción de los probióticos en el huésped. Pereira y Rosero³⁶ sostienen que 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 inhibidoras (inhibe la proliferación de bacterias patogénicas al producir ácidos orgánicos, sustancias antibióticas y reducir el pH del intestino), Chukeatirote³⁷ además menciona que se presenta competencia por nutrientes esenciales (hierro) y por energía disponible de fuentes de carbono, mejorando la respuesta inmune (aumenta las propiedades defensivas de la mucosa intestinal actuando como una barrera frente a los antígenos).

4.3.5 Colonización y adhesión. Palacios³⁸ afirma que son los principales procesos para que los organismos probióticos puedan ejercer su efecto benéfico en el tracto gastrointestinal de especies hidrobiológicas de cultivo. (Figura 3).

El mismo autor citando a Gullian³⁹, 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. La verdadera colonización ocurre cuando la cepa permanece por largo tiempo en el intestino del huésped y forma parte del ecosistema del tracto intestinal. Por lo tanto un importante sitio para la adhesión y colonización

³⁶ PEREIRA, R y ROSERO, R. Op. cit. p.8

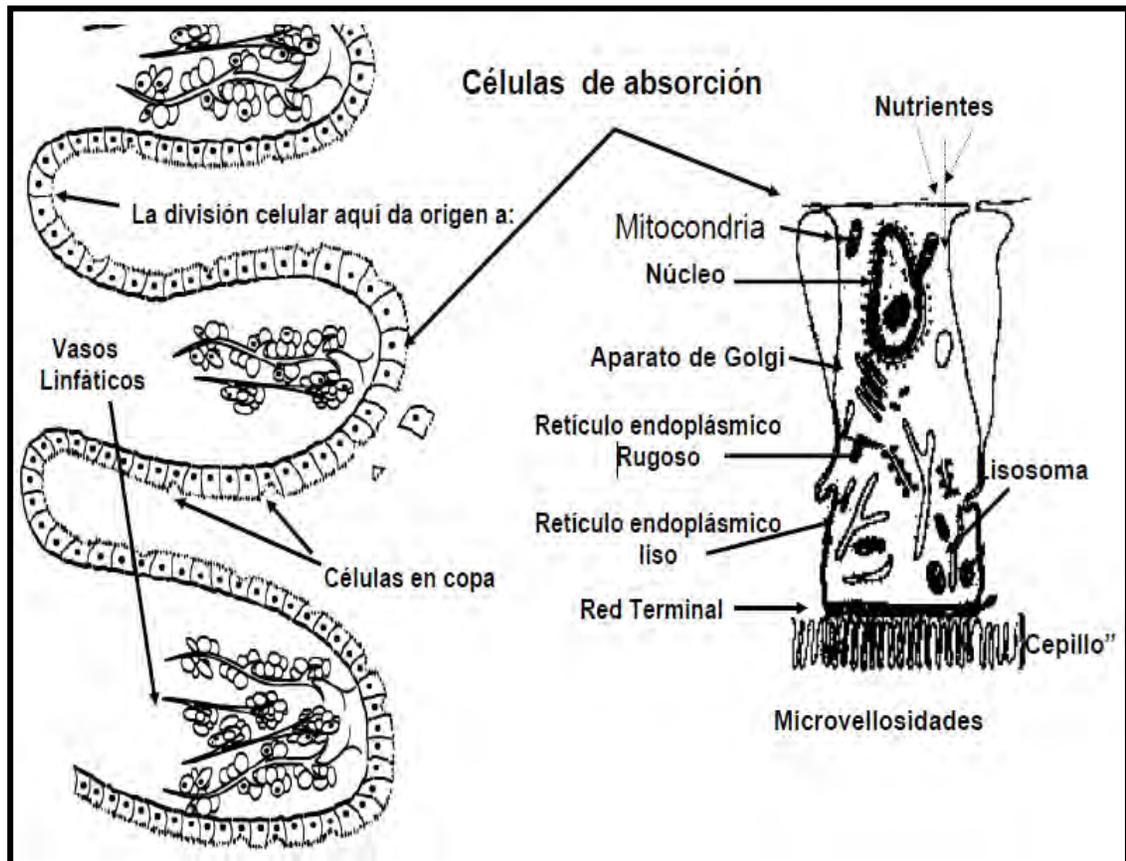
³⁷ CHUKEATIROTE, E. 2003. Potential use of probiotics songklanakarin. Journal of science and tecnology. p.275-282.

³⁸ 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). Trabajo de grado (Ingeniero en producción acuícola). Universidad de Nariño, facultad de ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos. Pasto, Colombia. 2007 p. 46.

³⁹ *Ibíd.*, p. 49.

bacteriana es la mucosa que cubre las células intestinales que están expuestas al contacto inicial de los microorganismos ingeridos.

Figura 3. Tracto gastrointestinal de especies hidrobiológicas.



Fuente: RIGAIL, C. Óp. cit., p. 11.

4.3.6 Empleo de probióticos en acuicultura. Según Gatesoupe⁴⁰, en los primeros experimentos del uso de probióticos en acuicultura utilizaron cepas comerciales elaboradas principalmente para organismos terrestres, el primero en ser evaluado fue el *Bacillus toyoi*. Esas esporas incrementaron la sobrevivencia de anguila japonesa y la tasa de crecimiento del jurel, así como la tasa de crecimiento de larvas de turbot (gurrubata) y carpa Israelí. Además crearon resistencia al patógeno *Vibrio sp* en larvas de gurrubata.

⁴⁰ GATESOUBE, F. J. 2000. Uso de probióticos en acuicultura. En: Civera - Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque - Marie, D. y Cruz - Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México. pp 463-472.

Coral y Toro⁴¹ afirman que entre los promotores de crecimiento más utilizados se encuentran los probióticos. Rodríguez⁴², por su parte, expresa que los microorganismos utilizados como probióticos en la alimentación son cepas bacterianas pertenecientes a diferentes géneros como *Lactobacillus*, *enterococcus*, *pediococcus* y bacilos y algunos hongos microscópicos como levaduras de tipo *Saccharomyces*.

Así mismo Rigai⁴³, menciona que los *Bacillus spp* fueron usados como probióticos, aislados desde el tracto gastrointestinal de camarones de *P. monodon* capturados en el golfo de Tailandia. *Bacillus spp* es el mejor en la producción de enzimas digestivas, la presencia de esas células benéficas suplementarias producen residuos microbianos específicos, más valiosos y activos, además actúan de forma competitiva contra las bacterias patógenas por el espacio vivo en la pared intestinal con la consecuente reducción de las enteritis y mortalidades.

En contraste Gatesoupe⁴⁴ afirma que la exclusión competitiva sugiere que en un ambiente relativamente uniforme en el cual las especies están compitiendo por los mismos recursos, el mejor competidor para un recurso crítico deberá dominar a la comunidad. Por lo tanto, el uso de *Bacillus spp.* como complemento parece oportunamente asimilado con los tratamientos con probióticos.

4.3.7 Pruebas en camarones. Moriarty citado por Gatesoupe⁴⁵, sostiene que determinó que cepas de *Bacillus spp.* generaron antibióticos contra el *Vibrio sp.* luminiscente. La adición dentro de estanques acuícolas de peneidos disminuyó la

⁴¹ CORAL, J. y TORO, N. Efecto del 17 α -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

⁴² 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

⁴³ RIGAI, C. J. Mitos y verdades en el uso de los probióticos. Memorias I Seminario internacional de Acuicultura. Neiva. Colombia: Universidad Sur Colombiana, 2010. p. 13.

⁴⁴ GATESOUBE, F. J. *Ibíd.*, p. 464.

⁴⁵ *Ibíd.*, p. 464.

proporción del patógeno, especialmente en los sedimentos, mientras que la producción de camarón mejoró considerablemente.

Cárdenas y López⁴⁶ mencionan que en estudios realizados en CENAIM permitieron la selección y evaluación de dos aislados probióticos pertenecientes a los géneros *Bacillus* y *Vibrio* (P64-P62). Varios ensayos demostraron que su uso tenía un efecto inmunoestimulante y protector contra enfermedades.

Los mismos autores citando a Moriarty y Decamp, afirman que la cepa Sanolife *Bacillus*, se ha incorporado al alimento y evaluado en engorde de camarón (*Litopenaeus vannamei*, *L. stylirostris* y *Penaeus monodon*) en Asia, la región Pacífica y Latinoamérica. La aplicación de estas bacterias en asociación con un adecuado manejo de estanques, ha conducido a beneficios marcados para los productores tales como:

- Crecimiento más rápido: Mejoras en las tasas de crecimiento fueron registradas con *L. vannamei* bajo condiciones comerciales en Ecuador y Brasil.
- Alta supervivencia: En una prueba realizada con *L. vannamei* en Ecuador (siete estanques con un área total de 96 Ha), la tasa de supervivencia se incrementó en 62%.
- Mejor tasa de conversión alimenticia.
- Animales grandes en la cosecha.

4.3.8 Pruebas en peces. Cárdenas y López⁴⁷ citando a Martínez, *et al.*, proponen el uso de bacterias probióticas de los géneros *Bacillus* (*Bacillus sp.* y *B. pumilus*) y *Lactobacillus* (*Lactobacillus casei*, *L. acidophilus*) aislados de fuentes terrestres y acuáticas como una alternativa sanitaria al uso tradicional de antibióticos, las cuatro bacterias poseen alto potencial para su uso como probióticos en el cultivo de tilapia nilótica dada su capacidad para incrementar la sobrevivencia durante infecciones bacterianas asociada a posibles incrementos en los niveles de defensa innatos de la tilapia, esto como resultado de pruebas realizadas por el grupo de

⁴⁶ CÁRDENAS, V. y LÓPEZ, J. Evaluación del efecto de la inclusión de probióticos e inmunoestimulantes en un alimento comercial, en el crecimiento y supervivencia de alevinos de arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) en condiciones de laboratorio. Florencia, Colombia. 2009. p. 13. Trabajo de grado (Ingeniero en producción acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos.

⁴⁷ *Ibíd.*, p. 35.

Investigación en cultivo y manejo de organismos acuáticos de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (Santa Marta-Colombia).

En contraste, Gatesoupe⁴⁸ resalta la gran importancia de evaluar la inclusión de probióticos durante los estadios larvales de peces y crustáceos porque estos se ven obligados a nadar y atrapar presas inmediatamente después de la eclosión, incluso aunque su tracto digestivo no esté completamente desarrollado y están expuestas a desordenes de microbiota asociada, y así como a un sistema inmune que todavía está en proceso de desarrollo.

4.4 USO DE INMUNOESTIMULANTES.

Cárdenas y López⁴⁹ sostienen que los inmunoestimulantes son una serie de agentes, naturales y artificiales, que actúan directamente sobre las células del sistema inmune estimulando su acción efectora. Fundamentalmente actúan facilitando la función de las células fagocíticas, aumentando su actividad bactericida, estimulando la actividad de la lisozima y de la respuesta de anticuerpos.

Según Rondón⁵⁰:

Los inmunoestimulantes aumentan la resistencia a la enfermedad en peces mediante un incremento en los mecanismos de defensa específicos e inespecíficos, convirtiéndose en agentes profilácticos primarios, no curativos. Las limitaciones de la inmunoestimulación dependen del estado de desarrollo del sistema inmune, células de defensa, tipo de inmunoestimulante usado y los procedimientos de administración. Sin embargo estos agentes son efectivos en el tratamiento de algunas enfermedades. Además su acción varía de acuerdo al período de tiempo, dosis, método de administración y condición fisiológica del pez.

⁴⁸ GATESOUBE, F. J. *Ibíd.*, p. 464.

⁴⁹ *Ibíd.*, p. 36.

⁵⁰ RONDÓN, B. *Óp. cit.*, p. 2.

4.4.1 Inmunoestimulantes de origen natural. Prieto *et al*⁵¹, afirma que la herbolaria es una ciencia que estudia la utilización de los productos de origen vegetal para prevenir, atenuar o curar un estado patológico. Cualquiera que sea la definición es evidente que este tipo de medicina ha cobrado importancia debido a los graves efectos secundarios que producen los fármacos sintéticos en organismos hidrobiológicos; un mayor conocimiento químico, farmacológico, y clínico de los principios activos de los vegetales y sus derivados, arrojan como resultado nuevas formas de preparación, administración de sustancias y extractos vegetales y el desarrollo de métodos analíticos que garantizan indudablemente mejores resultados.

4.4.2 El ajo (*Allium sativum*). Luis y Aller⁵² sostienen que el ajo pertenece a la familia botánica de las liliáceas, se caracteriza por un olor penetrante y persistente. Esta planta es una hierba perenne resistente de 20 a 40 centímetros de altura, hojas alargadas, y flores blancas o rosadas, presenta un bulbo o "cabeza", compuesto por bulbillos o "dientes", dispuestos alrededor del tallo, (Figura 4). Los mismos autores destacan las propiedades del ajo (*Allium sativum*) como "son Vitaminas y Minerales". Tabla 2.

⁵¹ PRIETO, A. et al. El empleo de medicina natural en el control de enfermedades de organismos acuáticos y potencialidades de uso en Cuba y México. *En*: Revista especializada en ciencias químico-biológicas. Universidad Nacional autónoma de México. México. Vol. 8, N. 001. (Junio del 2005). p. 38-49. (Citado el 7 de Abril de 2009). Disponible en internet: URL: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/432/43200805.pdf>. ISSN 1405-888X.

⁵² LUIS, D. A. y ALLER, R. Ajo y riesgo cardiovascular. *Anales de Medicina Interna*. Arán Ediciones, S. L. Madrid, España. Vol.25, N.5, (Mayo, 2008). pp. 237-240. ISSN 0212-7199 (Citado 04 Marzo del 2012), Disponible en internet: URL: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-71992008000500010&lng=en&nrm=iso>. <http://dx.doi.org/10.4321/S0212-71992008000500010>.ISSN 0212-7199.

Tabla 2. Composición nutritiva del ajo (*Allium sativum*)

Por cada 100 g. de parte comestible			
Energía (Kcal)	110	Zinc (mg)	1
Proteína (g)	5,3	Selenio (mg)	2
Hidratos de Carbono (g)	23	Sodio (mg)	19
Fibra dietética	1,1	Potasio (mg)	529
Grasa total (g)	0,3	Fosforo (mg)	134
AGS (g)	0,05	Agua (g)	70,3
AGM (g)	Trazas	Vitamina B1 (mg)	0,16
AGP (g)	0,15	Vitamina B2 (mg)	0,02
AGP/AGS (g)	3	Vitamina B6 (mg)	0,38
(AGP + AGM)/AGS	3	Vitamina C (mg)	11
Calcio (mg)	14	Vitamina E (mg)	0,01
Hierro (mg)	1,5	ácido fólico (µg)	5
Yodo (mg)	94	Carotenos (µg)	Trazas
Magnesio (mg)	25		

AGS: ácido graso saturado; AGM: ácido graso monoinsaturado AGP; ácido graso polinsaturado.

Fuente: LUIS, D. A. y ALLER, R. *Ibíd.*, p.3.

Figura 4. El ajo *Allium sativum*.



Fuente: *Ibíd.*, p.3.

Serra⁵³ sostiene que en los últimos 30 años se han realizado numerosos estudios tanto in vitro como in vivo, sobre la química y las propiedades farmacológicas del ajo, de esta manera actualmente están documentadas muchas de sus propiedades entre las que destacan su acción antioxidante, depurativa, antitrombótica, hipotensora, antimicrobiana, antifúngica, e inmunomoduladora. Todas estas propiedades farmacológicas se atribuyen, principalmente, a sus componentes azufrados, tales como la S-alil cisteína y la S-alil mercaptocisteína y aunque prácticamente todos los componentes del ajo poseen actividad antioxidante, los componentes con mayor capacidad podrían ser S-alil-cisteína y alicina, sin embargo la cantidad y el tipo de estas sustancias pueden variar, según lo hagan el tipo de cultivo y maduración del ajo, así como su procesamiento y conservación. El-Afify⁵⁴ afirma que los compuestos de azufre en el ajo son considerados como agentes antimicrobianos activos y mejorar la inmunidad y por lo tanto estimular el crecimiento, por otra parte Ibrahim, *et al.*,⁵⁵ menciona que tienen el modo de acción similar a los antibióticos.

4.4.3 Pruebas en camarones. Según Villamar⁵⁶, en una investigación realizada en Ecuador evaluaron el ajo (*Allium sativum*) en dosis de 10/100.000 gramos de biomasa en estanques cuyos camarones estaban infectados y muriéndose con síndrome de Taura, resultando positiva las primeras aplicaciones de este "medicado ", elaborado a base del zumo obtenido de licuar o moler el ajo, con cáscara y disuelto en agua, aplicándolo al voleo, diariamente al agua; a los cinco días de aplicación consecutiva, se pararon las mortalidades y los camarones empezaban a soportar al síndrome de Taura, logrando subir la sobrevivencia del 10% al 45%.

⁵³ SERRA, Núria. Ajo poderoso depurativo. Mi Herbolario. Revista N° 56. (Febrero del 2012). (Citado el 27 de Febrero de 2012). Disponible en internet: URL: <http://www.miherbolario.com/articulos/salud/68/ajo-poderoso-depurativo>

⁵⁴ EL-AFIFY, S. F. (1997): Nutritional studies on onion and garlic supplement to poultry feed. Ph. D. Thesis, Fac. Agric., Ain-Shams University.

⁵⁵ IBRAHIM, I. A.; ELAM, T. A.; MOHAMED, F. F.; AWADALLA, S. A. and YOUSIF, Y. I. (2004). Effect of onion and/or garlic as feed additives on growth performance and immunity in broiler muscovy ducks. The First Sci. Conf. Fac. Vet. Med., Moshtohor, Benha-Ras Sedr, Sep. 1-4 pp.

⁵⁶ VILLAMAR, Ochoa. CA. Acuicultura orgánica-ecológica: Aplicación de productos naturales en sustitución de químicos en los procesos de cría de camarones en cautiverio. RevistaAquaTIC, N. 10. (Junio 2000).p 1. (Citado el 7 de abril de 2009). Disponible en internet: <URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=84>

4.4.4 Pruebas en peces. Prieto *et al*⁵⁷, afirman que el uso de plantas medicinales en animales acuáticos es escaso pero resalta la importancia de las propiedades terapéuticas del ajo (*Allium sativum*) con el objeto de motivar el empleo en la acuicultura, además del beneficio productivo y económico facilitando una cultura de producción acuícola en armonía con el medio ambiente. Tabla 3.

Tabla 3. Diferentes enfermedades tratadas con ajo (*Allium sativum*).

TIPO DE ENFERMEDAD	AGENTE CAUSANTE	AUTOR
Bacterianas	Bacterias gram negativas en peces	Auro, O.A. (2003)., Villamar, C.A. (2000)., Villamar, C.A. (2002).
Micóticas	Saprolegniasis y otras enfermedades micóticas	Ocampo, C.L. (2000) - Liping, B.
Parásitos Protozoarios	<i>Icthyophthirius multifiliis</i> y <i>Cryptocaryon</i>	Ocampo, C.L. (2000).
Helmintiasis	Nematodiasis por <i>Capillaria sp.</i> <i>Spirocamallamus sp.</i> en tilapia y carpa	Ocampo, C.L. (2000).

Fuente: PRIETO, A. *et al.*, *Ibid.*, p. 41 - 45.

Auró y Ocampo⁵⁸ registraron un efecto antimicrobiano de *Allium sativum* en peces específicamente contra bacterias gram negativas (*Aeromona Hydrophyla* y *Pseudomonas fluorens*) el que atribuyen a la presencia de un antibiótico de potente acción parecido a la penicilina cuando se utiliza en dosis de 50 mg por día, durante tres días.

Los mismos autores recomiendan el ajo machacado fresco, ya que la presencia de átomos de azufre en las moléculas, tanto de la fracción liposoluble (aleína) como la hidrosoluble (alicina), son utilizadas en la dermatomicosis por *Saprolegnia*

⁵⁷ PRIETO, A. *et al.* Óp. cit., p. 39.

⁵⁸ AURÓ, O. A: y OCAMPO, C. L. Evaluación comparativa del efecto profiláctico del ajo y de un producto de patente contra gram negativos en tilapia (*Oreochromis hornorum*). TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. 6(2), 67-73 (2003). citados por PRIETO, A. *et al.* El empleo de medicina natural en el control de enfermedades de organismos acuáticos y potencialidades de uso en cuba y México. En: Revista especializada en ciencias químico- biológicas. Universidad Nacional autónoma de México. México. Vol. 8, N. 001. (Junio del 2005).

parasítica en peces en dosis de 200 mg/L de agua, en tratamientos de cinco días con una efectividad del 100%.

Así mismo mencionan que el ajo a probado ampliamente su efectividad contra *Ichthyoptirius multifilis* y *cyiptocaryon irritans* en peces debido a la fracción hidrosoluble obtenida mediante la escisión enzimática del disulfuro, utilizado en dosis de 200 mg/L de agua, se comparó con un costicida convencional (azul de metileno); el ajo tuvo una efectividad del 94% contra la del 33% del azul de metileno.

4.6 CALIDAD DE AGUA PARA TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*)

De acuerdo con Martínez⁵⁹:

La calidad del agua está determinada por sus propiedades fisicoquímicas, entre las que se destacan la temperatura, oxígeno, pH, entre otras. Tabla 4. Estas propiedades influyen en aspectos productivos y reproductivos de las especies hidrobiológicas de cultivo. La tilapia es en general tolerante a altas temperaturas, bajas concentraciones de oxígeno, altos niveles de amoníaco, logrando adaptarse a altas concentraciones de salinidad, sin embargo tienen poca tolerancia a bajas temperaturas. Kubitza y Kubitza⁶⁰ aseguran que la alimentación de la tilapia roja cesa cuando la temperatura está por debajo de los 16°C; produciendo enfermedades o muertes por debajo de los 13°C y la reproducción se inhibe cuando la temperatura se sitúa por debajo de los 20°C.

Cantor⁶¹ sostiene que se debe realizar un análisis físico-químico y microbiológico de la fuente de agua, para la identificación de bacterias potencialmente nocivas para los peces de cultivo, el fin es determinar el nivel de contaminación orgánica y estado sanitario de la fuente de agua. Debido a que muchos parámetros pueden

⁵⁹ MARTINEZ, F. Curso sobre granjas integral. Universidad del valle. Cali, Colombia. 2008. p. 19. Disponible en Internet. URL: <http://eidenar.univalle.edu.co/docentes/catedra/docs/fmartinez/CULTIVO%20DE%20LA%20TILAPIA.pps>

⁶⁰ KUBITZA y KUBITZA. Panorama da Acuicultura. (On line) 2000. p. 21-22. (citado el 20 Octubre del 2010). Disponible en Internet: <http://sagpya.mecon.gov.ar./cultivo/Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20%20Del%20Nilo.pdf>. p. 2

⁶¹ CANTOR, F. Óp. cit., p. 15.

estar en desequilibrio y ocasionar problemas en los organismos acuáticos, algunos de ellos son fáciles de identificar rápidamente como: boqueo, barbeo, inapetencia, podredumbre de las aletas, hongos, y que en muchos casos son ocasionados por la alteración de ciertos parámetros como pH, temperatura, amonio, nitritos, fosfatos y gases disueltos.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos adecuados para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

VARIABLE	RANGOS IDEALES
Oxígeno disuelto	3 a 10 mg/l
Temperatura	24 a 28 °C
PH	6.5 a 9.0
Dureza (Alcalinidad: CaCO ₃)	10 a 500 mg/l
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0 a 2.0 mg/l
Amonio Total	Hasta 2.0 mg/l
Amonio (NH ₃ : no ionizado)	0 a 0.05 mg/l
Nitritos (NO ₂)	0 a 0.1 mg/l
Fosfatos (PO ₄)	0.5 a 1.5 mg/l
Fósforo Total	0.01 a 3.0 mg/l
Fósforo soluble	0 a 10 mg/l
Hierro (Fe)	0 a 0.015 mg/l
Sólidos Disueltos	0 a 30 mg/l
Turbidez (Disco Secchi)	30 a 40 cm.

Fuente: CANTOR, F. *Ibíd.*, p. 21-22.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 LOCALIZACIÓN.

Esta investigación se realizó en la finca la Cabaña, ubicada al en la región sur occidental del departamento del Putumayo, en el municipio de San Miguel, cabecera Municipal la Dorada, (Figura 5).

Según Planeación Municipal⁶², la finca se encuentra a 380 msnm. Las coordenadas geográficas de la finca son: 0° 25' 0" latitud Norte. 78° 54' 25" longitud oeste (W), temperatura ambiente promedio de 28 °C y una precipitación anual promedio de 3,500 mm⁶³.

Figura 5. Localización geográfica de la finca la Cabaña



Fuente. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, IGAC. Mapas de Colombia. (Citado el 22 de abril de 2011). Disponible en Internet. URL:<http://mapascolombia.igac.gov.co/wps/portal/mapasdecolumbia/>

⁶² MUNICIPIO DE SAN MIGUEL. PLANEACIÓN MUNICIPAL, Esquema de Ordenamiento Territorial (E.O.T 2011). Componente urbano. p. 13.

⁶³ MUNICIPIO DE SAN MIGUEL. (Citado el 7 de abril de 2009). Disponible en Internet. URL: <http://www.sanmiguel-putumayo.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mmxx-1-&m=f#geografia>

5.2 PERIODO DE ESTUDIO.

La investigación se desarrolló por un periodo de tres meses (90 días), comprendido entre el 10 Abril hasta el 10 de julio de 2012, tiempo que estuvo dividido en tres etapas:

- La primera abarcó las la adecuación de estanques e instalaciones.
- La segunda sincronización del lote de reproductores para la obtención de postlarvas.
- Y en la tercera etapa se evaluó el efecto de la inclusión de pasta de ajo y un bacilo gram positivo en un balanceado comercial sobre el crecimiento y sobrevivencia de postlarvas de tilapia roja.

5.3 INSTALACIONES.

5.3.1 Estanques. Para la investigación se adecuo un estanque excavado en tierra de 200 m² (20 m de largo, 10 m de ancho, profundidad promedio de 1,2 m, borde libre de 0,3 m, con tubería pvc de 6 pulgadas y codo móvil para el drenado) (Figura 8). El agua para recambio provino de afloramiento superficial y se estimó en 0,05 lps. El estanque tenía suelo arcillo-limoso que lo hizo impermeable y adecuado para el cultivo de esta especie.

5.3.2 Hapas. En el estanque se instalaron 12 hapas construidas en angeo plástico con ojo de malla de 1/8 de pulgada, las dimensiones fueron: 1,0 m de largo, 1,0 m de ancho y 1,0 m de alto, estas se mantuvieron fijas con piola de polietileno en sus cuatro extremos (Figura 6), igualmente se puede apreciar la distribución de los tratamientos en el estanque (Figura 7).

Figura 6. Distribución de las hapas en el estanque empleado para la investigación.

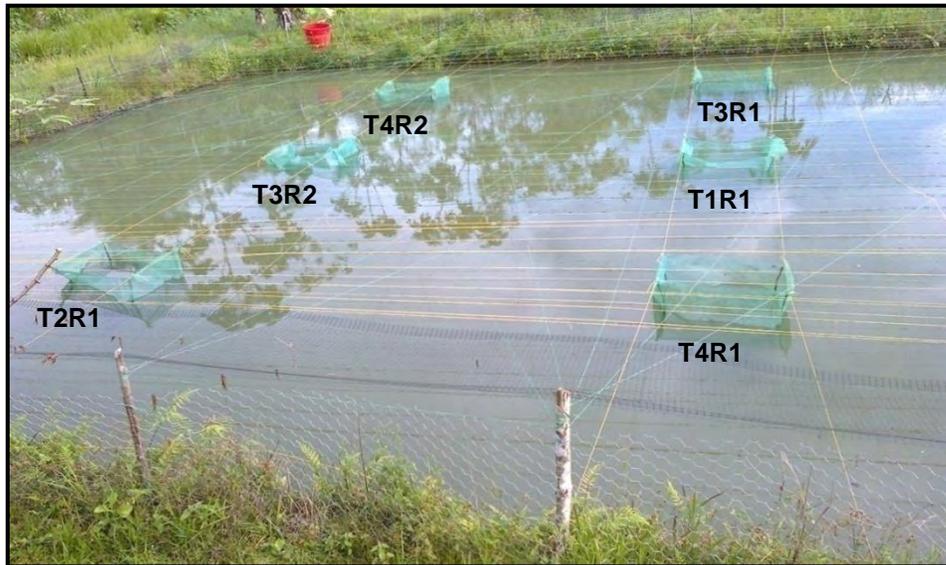
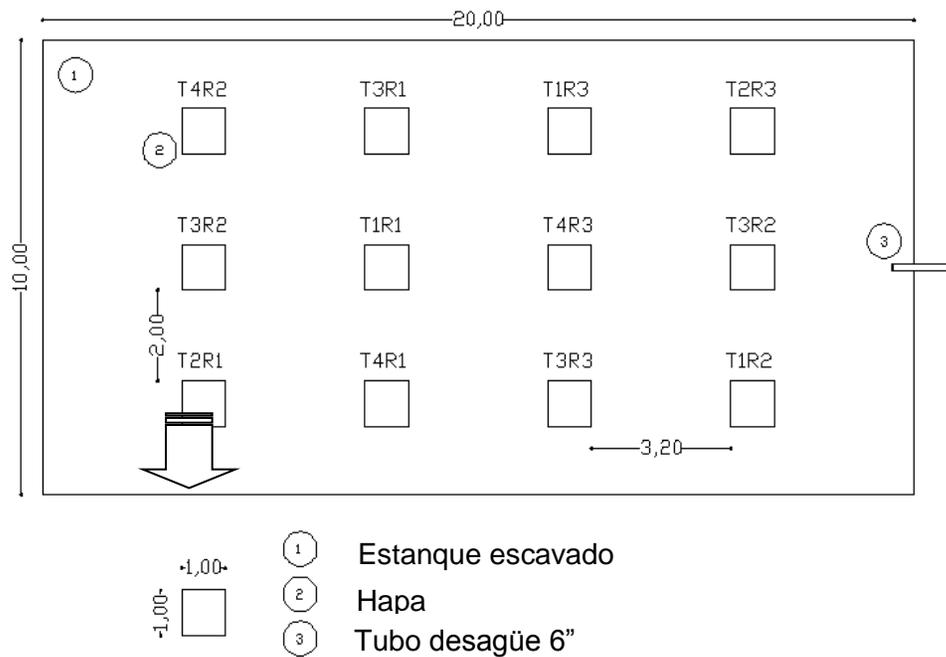


Figura 7. Distribución de los tratamientos en el estanque.



5.4 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS.

A continuación se describen los materiales, equipos e insumos se utilizaron durante la investigación:

➤ **Materiales:**

- Hapas de 1,0 m x 1,0 m x 0,9 m. en anejo plástico de 1/8 de pulgada.
- Chinchorro, sin nudo de 40 m de largo y 1,2 m de alto con ojo de malla de ½ pulgada.
- Nasas de marco metálico de 0.4 m de diámetro y 0.5 m de profundidad con ojo de malla de ½.
- Nasas 1/8 pulgada con ojo de malla, sin nudo y con mango de aluminio.
- Colador de 1,0 m de largo y 0,6 m de ancho con ojo de malla de 1/8 de pulgada.
- Ictiómetro elaborado a con cinta métrica plástica.
- Beacker 200 ml.
- Baldes y platones plásticos de 12 litros.
- Cuchara arrocera plástica.
- Piola de polietileno.
- Cuchillo.
- Colador plástico.
- Mortero de porcelana.

➤ **Equipos:**

- Balanza analítica con precisión de 0.0001 g. Marca SF 400 A Precisión plus.
- Balanza gramera con aproximación de 5 g. Marca CAMRY.
- Termómetro en 0°C - 100°C.
- Equipo de campo Hach, para medición de parámetros físico-químicos.
- Cámara fotográfica Kodak V1073.
- Estufa de gas dos bocas.
- Computador.
- Nevera.

➤ **Insumos:**

- Solución salina 30 g/L.
- Cloro granulado al 2.5 g/L.

- Cloruro de Sodio 1000 g.
- Reversarina comercial del 45 % de proteína.
- Bacilo gran positivo (*Bacillus amyloliquefaciens*).
- Dientes de ajo (*Allium sativum*).

5.5 MATERIAL BIOLÓGICO.

Se utilizaron 28,800 postlarvas de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) de tres días de eclosión aproximadamente, provenientes de reproducción seminatural de un lote de reproductores en la misma finca, con un peso promedio de $14 \pm 0,80$ mg., y una longitud promedio de $9,0 \pm 0,10$ mm.

5.6 PLAN DE MANEJO.

Para llevar a cabo el proyecto de investigación se realizaron varias actividades previas, las cuales se describen a continuación.

5.6.1 Manejo del estanque. Antes de iniciar con la fase experimental, se secó completamente el estanque, se dejó al sol por tres días, posteriormente se aplicó cal viva en proporción de 100 g/m^2 distribuidos en el piso y taludes, con el fin de corregir pH y eliminar insectos predadores, según protocolos que maneja la estación piscícola. Después se llenó dejándolo madurar durante un periodo de cinco días para permitir la estabilización de algunos parámetros fisicoquímicos. Por tratarse de un sistema intensivo artificial no se utilizó ningún tipo de abono, para evitar la proliferación de plancton, finalmente se instalaron dentro del estanque las hapas que conformaban las unidades experimentales.

5.6.2 Obtención y recolección de postlarvas. El lote reproductores se sincronizó, para ello se efectuó un chinchorreo y se revisó bucalmente a las hembras de tilapia roja recolectando huevos y postlarvas (Figura 8), de igual manera por todas las orillas del estanque con un colador (0,6 m de ancho y 1,0 m de largo) de anejo plástico con ojo de malla de 1/8 de pulgada. De esta manera se garantizó la producción al cabo de 15 días, donde se repitió el proceso y así se obtuvieron las postlarvas.

Figura 8. Revisión bucal de ejemplares de tilapia roja.



5.6.3 Clasificación de larvas. Una vez finalizada la recolección de larvas se llevaron a un recipiente plástico de 60 litros y después se seleccionaron por tallas con una clasificadora (0,5 m de largo y 0,4 m de ancho) construida en malla plástica con ojo de 3 mm. (Figura 9), los peces que no lograron pasar se descartaron debido a que estuvieron por encima de la talla mínima para iniciar el proceso de reversión, tal como lo reportan Pompa y Green citados por Arboleda⁶⁴, entre más pequeño sea el pez es mucho mejor, recomendando que su tamaño no exceda los 1,4 cm., debido a que un número mayor de días implica problemas con la eficiencia de la hormona en el proceso de reversión y pérdida de alevinos en los estanques de reproducción por efectos de canibalismo⁶⁵.

Figura 9. Clasificación de larvas.



⁶⁴ ARBOLEDA, D. Reversión sexual de las tilapias roja (*Oreochromis sp.*): Una guía básica para el acuicultor. España. Revista electrónica Redvet. Vol. 6, N. 12. (Diciembre 2005). p. 2. (Citado el 7 de Abril de 2009). Disponible en internet: URL: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121205/120508.pdf>. ISSN 1695-7504.

⁶⁵ CANTOR, F. Óp. cit., p. 64.

5.6.4 Tratamiento profiláctico. Se realizó un tratamiento profiláctico con 30 g. por litro de sal marina (NaCl) por un periodo de 30 segundos, con ello se evito en parte el ataque de agentes patógenos, principalmente parásitos que pudieron afectar el desarrollo de la investigación, (Figura 10).

Figura 10. Tratamiento profiláctico.



5.6.5 Conteo de postlarvas. Para determinar el número de postlarvas se realizó conteo volumétrico; se calculó el promedio de las postlarvas en una cuchara arrocera plástica y se estimó número de cucharadas para cada unidad experimental, posteriormente se colocaron en bolsas plásticas con seis litros de agua y oxígeno y se trasladaron a cada hapa. (Figura 11).

Figura 11. Conteo volumétrico de postlarvas de tilapia roja.



5.6.6 Aclimatación y siembra. Se dejaron flotar las bolsas plásticas que contenían los peces durante 15 minutos en la superficie del agua, (Figura 12), pasado este tiempo, se comparó la temperatura del agua de las bolsas y del estanque, hasta que fueron iguales y finalmente se permitió la salida voluntaria de los ejemplares en las hapas.

Figura 12. Aclimatación y siembra de postlarvas de tilapia roja.



5.6.7 Alimento y alimentación. Se utilizó reversarina en harina del 45.0% de proteína (Figura 13), 12.0% de humedad, 8.0% de grasa, 4.0% de fibra y 10.0% de ceniza, según datos consignados en etiqueta por la casa comercial, de acuerdo a las necesidades nutricionales de postlarvas de tilapia roja.

En preensayos realizados por el autor se determinó que con una dosis de 5 g. de pasta de ajo (*Allium sativum*) por kg de reversarina se obtuvieron buenos resultados en las variables productivas de tilapia roja (porcentaje de sobrevivencia, incrementos de peso y talla y tasa de crecimiento simple), por lo tanto se empleó esta dosis para el tratamiento dos. La dosificación del bacilo gram positivo para el tratamiento tres se realizó de acuerdo a las instrucciones de la casa fabricante (2,500 g. por tonelada de alimento) y la concentración fue de 1×10^6 UFC/g.

Figura 13. Alimento de 45% de Proteína.



5.6.7.1 Preparación e incorporación de la pasta de ajo y el bacilo gram positivo. La corteza de los dientes de ajo se retiró, después se pesaron y llevaron a licuadora con agua en proporción 1:0,5 durante un periodo de tres minutos hasta que se obtuvo una pasta suave, para evitar el deterioro se llevó a refrigeración en nevera (Figura 14). La pasta de ajo y el bacilo gram positivo se incorporó al concentrado comercial mediante el método de micromezclas en un mortero de porcelana, la cantidad de alimento que se preparo fue equivalente a dos días de consumo.

Figura 14. Preparación e incorporación de la pasta de ajo (*Allium sativum*)



5.6.7.2 Alimentación de postlarvas. El alimento se suministró diariamente a razón del 10% del peso vivo durante 30 días, distribuido en seis raciones día; tres veces en horas de la mañana y tres veces en horas de la tarde. La alimentación

se realizó por dentro del estanque evitando el desperdicio. Para realizar el análisis de costos se evaluó el consumo de alimento de cada uno de los tratamientos. Se llevó registros de frecuencias alimenticias y cantidad de concentrado suministrado (Anexo E). Después de suministrar el alimento se recolectaron los peces muertos de cada unidad experimental (Anexo F).

5.6.8 Lavado de hapas. Se realizó con un equipo de hidrolavado a presión quincenalmente, después de hacer el respectivo cambio de cada unidad experimental, para esta actividad se dispuso de una unidad adicional.

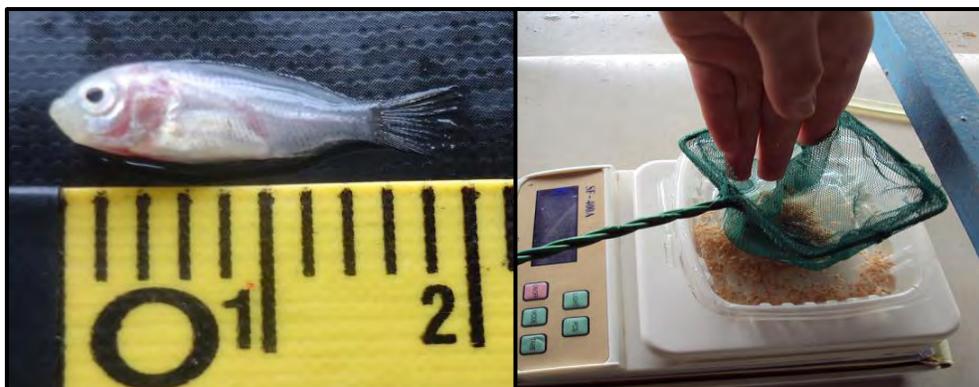
5.6.9 Monitoreo de parámetros físico-químicos. Se efectuó un monitoreo diario de algunos parámetros fisicoquímicos del agua en la fase de larvicultura (Figura 15), cada cuatro horas, utilizando un equipo multiparámetro colorimétrico Hach; se evaluó oxígeno disuelto (Anexo A), pH (Anexo B), y temperatura (Anexo C).

Figura 15. Monitoreo de parámetros físico-químicos.



5.6.10 Muestreos. Los muestreos se realizaron semanalmente (Figura 16), en horas de la mañana, durante ese periodo de tiempo no se alimentó, así se redujo el consumo de oxígeno, la actividad metabólica y se evitó el estrés de los peces. Para el pesaje y la medición de los ejemplares se empleó cinta métrica plástica con escala de 0,0 cm. a 5,0 cm, una balanza de precisión de marca SF 400 A Precisión plus de 500 g. y un colador con ojo de malla de 1/8 de pulgada; después de cada muestreo se realizó tratamientos profilácticos con 30 g./L de NaCl por 30 segundos.

Figura 16. Medición y pesaje de ejemplares de tilapia roja (*Oreochromis. sp.*)



Se colectaron 100 larvas de cada réplica (Anexo D), los datos se distribuyeron de manera normal, de acuerdo con Solarte *et al*⁶⁶, el tamaño de la muestra (n) se calculó para estimar la media poblacional μ a partir de la media muestral \bar{Y} , de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2(1 - \alpha/2) * \sigma^2}{e^2}$$

Dónde:

$(1 - \alpha/2)$: Es el valor que se encuentra en la tabla normal estandarizada para una confiabilidad del $1 - \alpha$.

e : Error máximo de estimación, es la distancia máxima que podría admitirse entre la estimación de la verdadera media con respecto al parámetro $|\bar{Y} - \mu|$. Esta cantidad es arbitraria y la fija el investigador.

σ : Desviación estándar del parámetro en la población de donde se extrajo la muestra.

Se aplicó un contrasté de hipótesis para corroborar si la media de la muestra es igual a la media de la población obteniendo un valor de z de 0,487376.

⁶⁶ SOLARTE, Portilla, C.; IMUEZ, M. A. y GARCÍA, H. Bioestadística. Aplicaciones en producción y salud animal. Editorial Universitaria-Universidad de Nariño. Pasto. 2009. p. 142.

5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), conformado por cuatro tratamientos, con tres réplicas cada uno, distribuidos en un total de doce unidades experimentales, representadas por cada hapa, conformada por 2,400 postlarvas de tilapia roja, según el siguiente modelo matemático de acuerdo con Melo, *et. al*⁶⁷:

$$y = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} + \eta_{ijk}; i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 2, 3; k = 1, \dots, k$$

Dónde:

y = Variable respuesta.

μ = Media poblacional.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Error experimental asociado a la j -ésima unidad experimental que recibe el i -ésimo tratamiento.

η_k = Error de muestreo asociado a la k -ésima muestra.

Para aquellas variables que cumplieron los supuestos estadísticos como Normalidad, Homogeneidad de varianzas e independencia, se realizó un análisis de varianza ANDEVA con confiabilidad del 95%, al encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 95% de confiabilidad, utilizando el Software Statgraphics Plus versión 5.1 y Microsoft Excel 2010. Para la variable sobrevivencia se realizó una prueba de Brand-Snedecor con el siguiente modelo matemático según Cárdenas y López⁶⁸:

$$Xc^2 = \frac{\sum ai \times Pi - [p^{\wedge} \times \sum ai]}{p^{\wedge} \times q}$$

Dónde:

ai = Número de éxitos en cada tratamiento (animales vivos)

Pi = Proporción de éxitos en cada tratamiento

p^{\wedge} = Proporción total de éxitos

q = Proporción de fracasos (1- p)

⁶⁷ MELO, O.; LOPEZ, L.; MELO, S. Diseño de experimentos: Métodos y aplicaciones. Bogotá, D.C. Universidad Nacional de Colombia. 2007. p.160. ISBN 978 – 958 – 701 – 815 – 1.

⁶⁸ CÁRDENAS, V. y LÓPEZ, J. Óp. cit., p. 53.

La regla de decisión es: si $\chi^2_c > \chi^2_t$, existen diferencias significativas con 95% de confiabilidad.

5.8.1 Tratamientos. Se evaluaron cuatro tratamientos cada uno con tres réplicas. Los ejemplares se sembraron aleatoriamente a una densidad de 2,7 postlarvas por litro y cada hapa estuvo separada por 2,0 m y 3,2 m. Los tratamientos están descritos de la siguiente manera:

T1: Reversarina comercial del 45% de proteína.

T2: Reversarina comercial del 45% de proteína con 5,0 g. de pasta de ajo, por kg de alimento.

T3: Reversarina comercial del 45% de proteína con 2,5 g. de bacilo gram positivo, por Kg de alimento.

T4: Reversarina comercial del 45% de proteína con 2,5 g. de de pasta de ajo + 1,25 g. de bacilo gram positivo, por Kg de alimento.

5.8.2 Formulación de hipótesis. Las hipótesis planteadas son:

Hipótesis nula (H₀). No existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

H₀: $\mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3} = \mu_{T4}$

Hipótesis alterna (H_a). Al menos la media de uno de los tratamientos será diferente.

H_a: $\mu_{T1} \neq \mu_{T2} \neq \mu_{T3} \neq \mu_{T4}$

5.8.3 Análisis de información.

- **Incremento de Peso Semanal (IPS).** Cárdenas y López⁶⁹ lo definen como la ganancia de peso del individuo o la población en un determinado periodo de tiempo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IPS = W_f - W_i$$

⁶⁹ Ibíd., p. 64.

Dónde:

IPS: Incremento de peso semanal

Wf : Peso final en gramos

Wi : Peso inicial en gramos

- **Incremento de Talla Semanal (ITS).** Cárdenas y López⁷⁰ sostienen que es el incremento periódico de talla del individuo o la población en un determinado periodo de tiempo, se calcula mediante las diferencias de longitud.

$$ITS = Lf - Li$$

Dónde:

ITS : Incremento de talla semanal

Lf : Longitud final en centímetros

Li : Longitud inicial en centímetros

- **Tasa de crecimiento Simple (TCS).** Arce y Gelpud⁷¹ aseguran que permite determinar la ganancia de peso diaria promedio expresada como porcentaje y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$TCS (\% \text{ diaria}) = \left(\frac{\ln Ppf - \ln Ppi}{T} \right) \times 100$$

Dónde:

TCS (% diaria): Tasa de crecimiento simple.

Ppi : Peso promedio inicial semanal de los alevinos (g).

Ppf : Peso promedio final semanal de los alevinos (g).

T : Periodo de tiempo en días.

⁷⁰ *Ibíd.*, p. 64.

⁷¹ ARCE, A. Y GELPUD, D. Evaluación productiva de tres densidades de siembra en el levante de escalares (*pterophyllum scalare*) en un estanque con cubierta tipo invernadero, en la estación piscícola de la institución educativa concentración de desarrollo rural, Consacá, Nariño Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de ingeniería en producción acuícola. Pasto. Colombia. 2010 p. 34-35.

- **Porcentaje de sobrevivencia (%S).** Para Cárdenas y López⁷² es la variable expresada en porcentaje que indica el número de individuos vivos en un periodo de tiempo y se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% S = \left(\frac{Nf}{Ni} \right) \times 100$$

Dónde:

% S : Sobrevivencia

Ni: Número inicial de animales

Nf: Número final de animales

- **Análisis de relación beneficio – costo (RBC).** Arce y Gelpud⁷³ argumentan que es el índice que resulta de dividir los beneficios (flujos de efectivo) entre los costos variables, a precios actuales de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$RBC = \frac{B}{C}$$

Dónde:

RBC : Relación beneficio costo

B : Beneficio

C : Costo

⁷² *Ibíd.*, p. 64.

⁷³ *Ibíd.*, p. 36.

6. RESULTADOS

6.1 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.

Según el análisis de varianza se encontró que por lo menos una de las variables estudiadas (incremento de peso y talla, tasa de crecimiento simple, sobrevivencia y análisis parcial de costos), registró diferencias significativas con un 95% de confianza, lo cual permite aceptar la hipótesis alternativa.

6.1.1 Peso inicial de siembra. El peso promedio inicial de las postlarvas fue de $14,0 \pm 0,80$ mg. el cual representa una variación media, aceptable para medidas de peso en piscicultura, por lo cual este promedio puede ser utilizado como peso inicial para todos los tratamientos (*). De acuerdo a los datos obtenidos de peso promedio inicial de siembra de los diferentes tratamientos, indicaron que el tratamiento 1, registró el mayor peso inicial con un promedio de $14,10 \pm 0,80$ mg. y el valor más bajo para esta variable lo registró el tratamiento 4 con $13,90 \pm 0,76$ mg. respectivamente, Tabla 5.

Tabla 5. Peso promedio inicial para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	PROMEDIO (mg)	DESVIACION ESTANDAR
1	14,10	0,8457
2	14,00	0,8455
3	14,00	0,7890
4	13,90	0,7633

Según el análisis de varianza para la variable peso promedio inicial de siembra de los cuatro tratamientos al momento de la siembra no presentó diferencias estadísticas significativas ($0,7585 > 0,05$), (Anexo G).

6.1.2 Incremento de peso semanal. El análisis de varianza con el 95% de confianza, demostró que existen diferencias significativas entre tratamientos ($0,0001 < 0,05$), (Anexo H), además la prueba de significancia de Tukey (Anexo I), estableció que el tratamiento 2, correspondiente al uso de pasta de ajo (*Allium*

(*) IMUÉS, M. A. Zootecnista, MSc. Profesor Departamento de Recursos Hidrobiológicos. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, Mayo de 2013.

sativum) y el tratamiento 3 con el bacilo gram positivo (*Bacillus amyloliquefaciens*), presentaron los mejores resultados con incrementos de peso promedio semanal de $164,14 \pm 0,40$ mg. y $152,13 \pm 0,38$ mg. respectivamente, seguido del tratamiento 4 con $139,79 \pm 0,39$ mg. y el tratamiento 1 con $129,97 \pm 0,22$ mg. (Tabla 6) (Figura 17). En la Tabla 7 se indican los pesos promedios por muestreo obtenidos durante todo el periodo experimental de los diferentes tratamientos, con respectivo coeficiente de variación para peso inicial de siembra y peso final (Figura 18).

La prueba de significancia de Tukey estableció que los tratamientos 2 y 3; 3 y 4 fueron estadísticamente similares, sin embargo los incrementos de peso durante el periodo experimental para el tratamiento 1 y 2; 1 y 3; y 2 y 4 presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 6. Resumen estadístico para incremento de peso semanal.

Trat.	Frecuencia	Media	Desviación estándar	Coeficiente de variación	Mínimo	Máximo	Rango
1	30	129,274	0,218	16,81	100,14	179,506	79,36
2	30	164,142	0,403	24,58	126,99	272,615	145,625
3	30	152,134	0,381	25,05	107,11	231,348	124,238
4	30	139,793	0,382	28,16	111,28	211,818	100,538
Total	120	146,511	0,375	25,79	100,146	272,615	172,496

Figura 17. Incremento de peso promedio semanal (mg) por tratamiento.

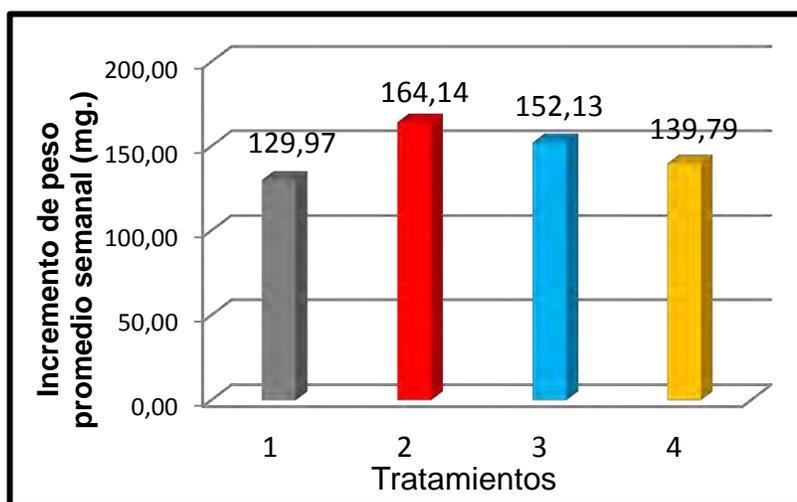
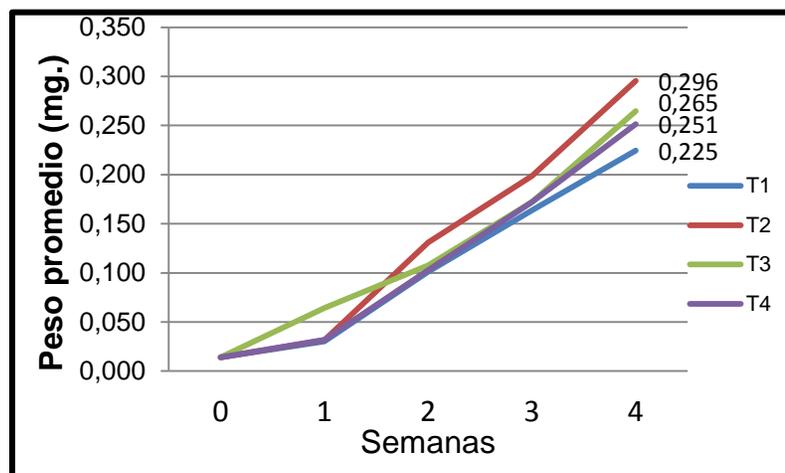


Tabla 7. Pesos promedios de las postlarvas en los muestreos realizados durante el período de estudio.

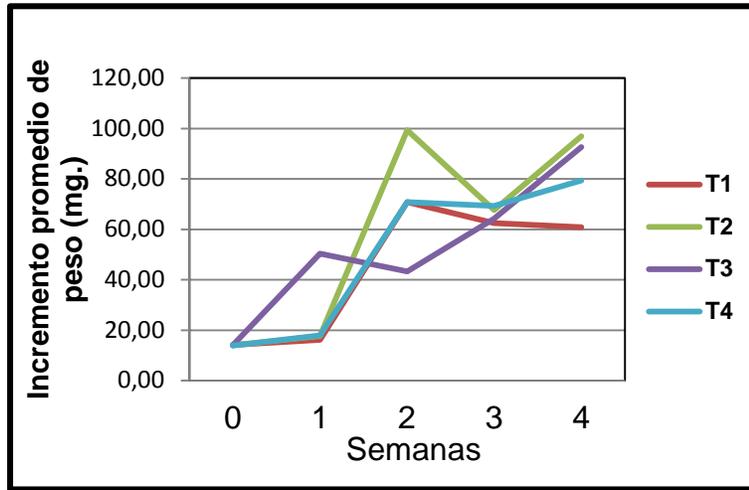
Tratamiento	Promedio (mg)				Coef. de Variación (%)	
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Peso inicial	Peso final
1	30,30	101,20	163,70	225,00	0,080	12,384
2	31,70	130,90	198,60	296,00	0,073	24,589
3	64,40	107,70	171,90	265,00	0,064	24,647
4	31,90	102,70	171,90	251,00	0,069	25,066

Figura 18. Crecimiento promedio semanal durante el ensayo



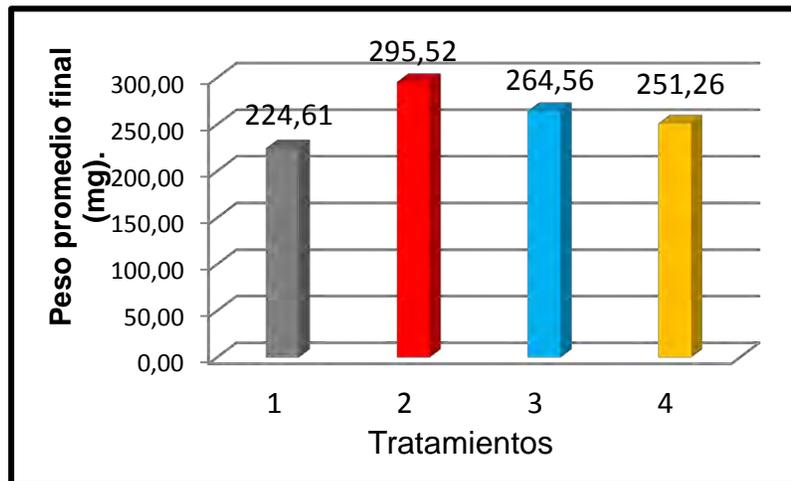
En la Figura 19 se observa el comportamiento de los incrementos de peso promedio semanal de cada uno de los tratamientos, en donde se nota una conducta similar hasta la tercera semana e incrementos altos y bajos para los tratamientos 1 y 4, sin embargo los picos de variación para el tratamiento 2 y 3, son más amplios con crecimiento superior a los demás, a partir de la primera semana hasta el final del periodo experimental, obteniendo los mejores incrementos de peso el tratamiento 2 con la adición de pasta de ajo en el alimento.

Figura 19. Comportamiento del incremento de peso promedio semanal.



El mejor crecimiento obtenido al final del periodo experimental fue para el tratamiento 2 con un peso promedio final de $295,52 \pm 0,01$ mg, seguido del tratamiento 3 con $264,56 \pm 0,02$ mg, el tratamiento 4 con $251,26 \pm 0,01$ mg. y finalmente el tratamiento 1 con $224,61 \pm 0,02$ mg, (Figura 20).

Figura 20. Peso promedio obtenido al final del periodo experimental.



6.1.3 Longitud inicial de siembra. Según el análisis de varianza ($0,3497 > 0,05$), (Anexo J), la longitud promedio de los cuatro tratamientos al momento de la siembra, no mostró diferencias estadísticas significativas, lo cual permite concluir que la longitud inicial no fue fuente de variación. De acuerdo a los datos obtenidos de longitud promedio inicial de siembra de los diferentes tratamientos, indicaron que el tratamiento 2, registró la mayor longitud con un promedio de $9,06 \pm 0,14$ mm y el valor más bajo para esta variable lo registraron los tratamientos 1 y 3 con $9,03 \pm 0,08$ mm. y $9,03 \pm 0,11$ mm. respectivamente tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Talla promedio inicial para cada tratamiento.

TRATAMIENTO	PROMEDIO (mm)	DESVIACION ESTANDAR
1	9,03	0,08
2	9,06	0,14
3	9,03	0,11
4	9,05	0,09

6.1.4 Incremento de longitud semanal. Según el análisis de varianza para la variable incremento de longitud promedio semanal, demostró que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, ($0,0277 < 0,05$), (Anexo K). El tratamiento 2 registró los mejores incrementos de longitud con un promedio y una desviación estándar de $1,83 \pm 0,06$ mm, seguido de T3 con $1,82 \pm 0,03$ mm; T1 (Control) con $1,74 \pm 0,03$ mm y T4 con $1,66 \pm 0,07$ mm. (Tabla 9) (Figura 21).

La prueba de Tukey, con el 95% de confianza (Anexo L), estableció que los tratamientos 2 y 3 obtuvieron los mejores incrementos de longitud semanal; los cuales muestran resultados superiores con respecto al tratamiento 1 y 4 con la inclusión de la mezcla de pasta de ajo (*Allium sativum*) y el bacilo gram positivo (*Bacillus amyloliquefaciens*). Sin embargo se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2; 1 y 3; 1 y 4; 2 y 4, y 3 y 4. En la Tabla 10 se indican las tallas promedios por muestreo obtenidos durante todo el periodo experimental de los diferentes tratamientos, con respectivo coeficiente de variación para talla inicial de siembra y talla final (Figura 22).

Tabla 9. Resumen estadístico para Incremento de Longitud Semanal

Trat.	Frecuencia	Media	Desviación estándar	Coefficiente de variación (%)	Mínimo	Máximo	Rango
1	30	1,74	0,032	1,87	1,668	1,783	0,115
2	30	1,83	0,068	3,71	1,745	1,956	0,211
3	30	1,82	0,036	1,97	1,758	1,899	0,141
4	30	1,66	0,074	4,43	1,575	1,814	0,239
Total	120	1,763	0,088	5,01	1,575	1,956	0,381

Figura 21. Incremento de longitud promedio semanal (mm) por tratamiento.

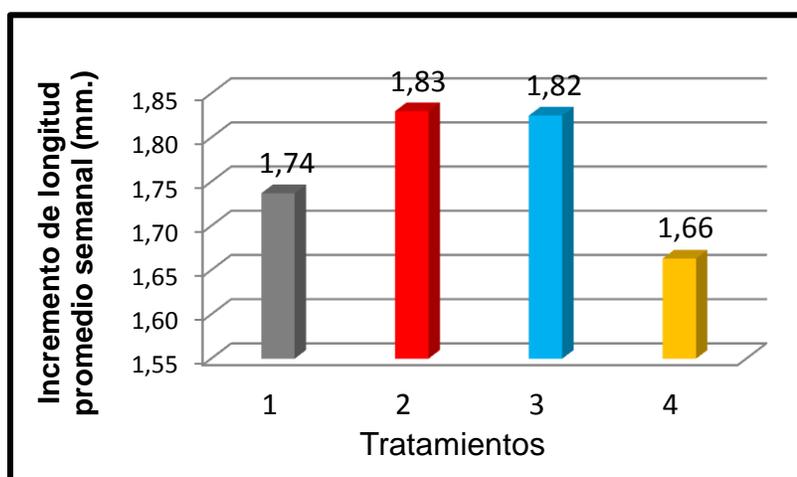
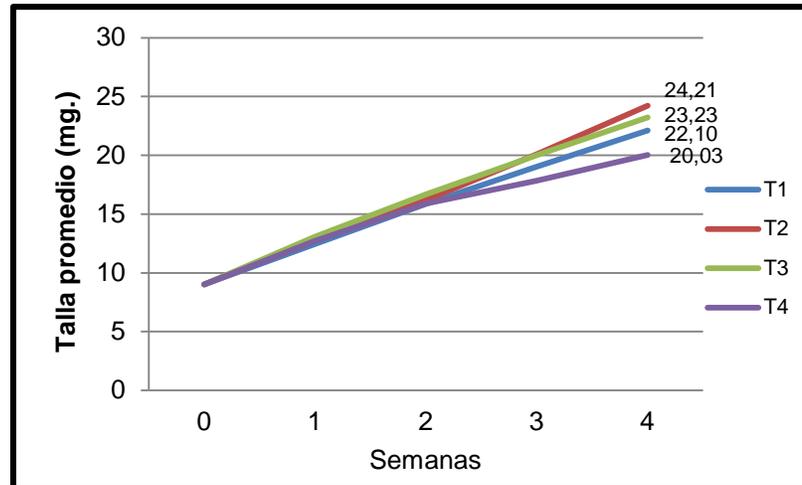


Tabla 10. Talla promedio de las postlarvas en los muestreos realizados durante el período de estudio.

Tratamiento	Promedio (mm)				Coef. de Variación (%)	
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Talla inicial	Talla final
1	12,46	12,71	13,08	12,73	10,0	12,38
2	15,87	16,18	16,67	15,90	10,0	24,59
3	19,03	20,07	20,00	17,84	10,5	24,65
4	22,10	24,21	23,23	20,03	9,0	25,07

Figura 22. Curva de crecimiento de postlarvas de *Oreochromis sp* (mm) semanal durante el ensayo

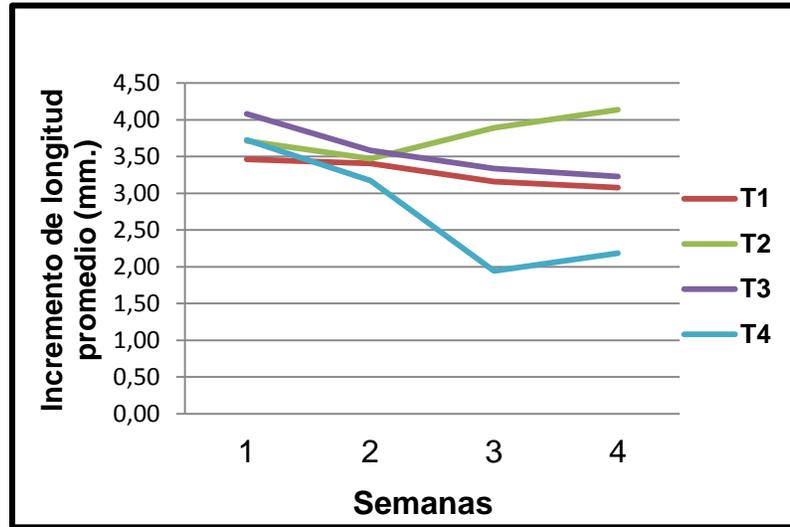


El análisis de modelos lineales generales (GML) indicó que al presentarse un P valor igual a cero en el error experimental, la talla no es un indicador preciso para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos, debido posiblemente a que se pudieron presentar errores en la medición de los animales, además las postlarvas de tilapia roja utilizadas en esta investigación se obtuvieron de un sistema de reproducción seminatural, de acuerdo con Ramírez⁷⁵ este sistema tiene como desventaja la disparidad de tallas.

La Figura 23 muestra el comportamiento de los incrementos de talla promedio semanal de cada uno de los tratamientos, en donde se evidencia un crecimiento bajo hasta la segunda semana para todos los tratamientos, siguiendo el mismo patrón hasta el final del periodo experimental para los tratamientos 1 y 3. Los picos de variación para el tratamiento 2 son más amplios pero el crecimiento es superior a los demás, sin embargo el tratamiento 4 presentó crecimiento bajo desde la primera semana hasta el final del periodo experimental.

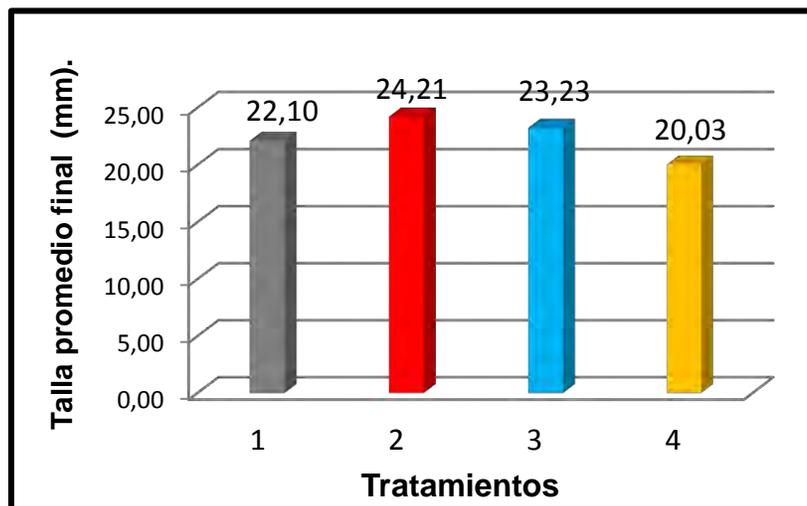
⁷⁵ RAMÍREZ. R. Óp. cit., p. 69.

Figura 23. Comportamiento del incremento de longitud semanal (mm)



El mejor crecimiento obtenido al final del periodo experimental fue para el tratamiento 2 con una talla promedio final de $24,21 \pm 1,97$ mm, seguido del tratamiento 3 con $23,23 \pm 1,06$ mm, el tratamiento 1 con $22,10 \pm 1,01$ mm. y finalmente el tratamiento 4 con $20,03 \pm 1,95$ mm, (Figura 24).

Figura 24. Talla promedio individual obtenida al final del estudio



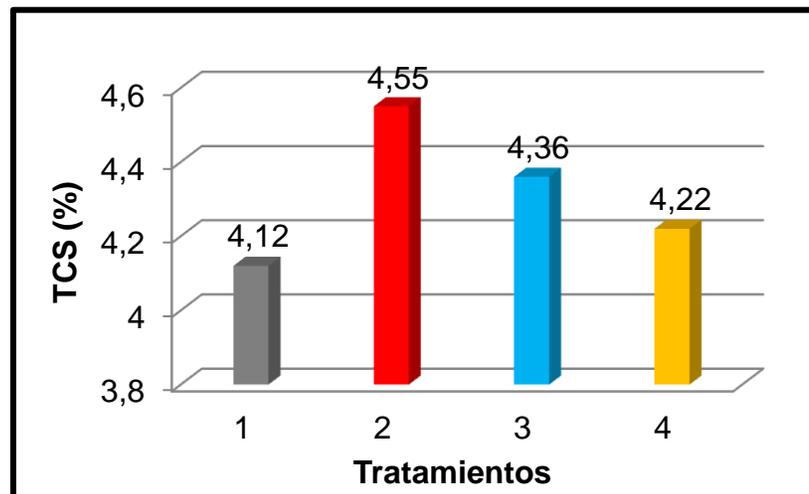
6.1.5 Tasa de crecimiento simple. El análisis de varianza con 95% de confianza demostró que para esta variable existen diferencias significativas entre los tratamientos ($0,0039 < 0,05$) (Anexo M). Mediante la prueba de Tukey (Anexo N), se estableció que el tratamiento 2 presentó la mejor tasa de crecimiento simple; los tratamientos 1 y 2; 1 y 4, y 2 y 4 no presentan diferencias significativas, sin embargo indica que se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos 2 y 3; 3 y 4, y 1 y 3. (Figura 25).

La tasa de crecimiento simple promedio diaria para postlarvas de tilapia roja registró valores de 4,12% para el tratamiento 1, 4,55% para T2, 4,36% para T3 y 4,22% para T4 (Tabla 11). La diferencia proporcional entre los tratamientos indica que los tratamientos 2, 3 y 4, que incluyeron la adición de los promotores de crecimiento, fueron superiores con respecto al tratamiento 1 (Testigo).

Tabla 11. Tasa de Crecimiento Simple durante el ensayo

Tratamiento	Tasa de crecimiento simple (%)
1	4,12
2	4,55
3	4,36
4	4,22

Figura 25. Tasa de Crecimiento Simple promedio diaria

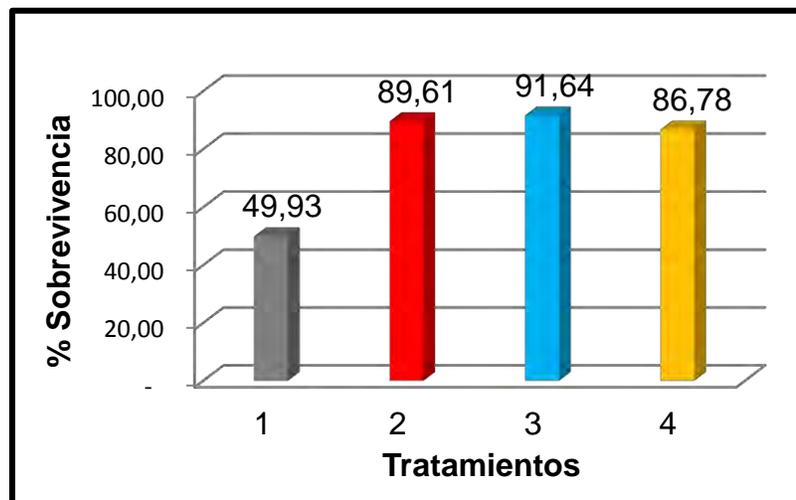


6.1.6. Supervivencia. Mediante la prueba estadística de Brand Snedecor (Anexo O), se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($5197,436 > 7,81$). Se registró una supervivencia final de 49,9% para el tratamiento 1, 89,6% para el tratamiento 2, 91,6% para el tratamiento 3 y 86,8% para el tratamiento 4 (Tabla 12). El mejor porcentaje de supervivencia lo obtuvo el tratamiento 3 (Figura 26).

Tabla 12. Supervivencia de postlarvas para cada tratamiento

	T1	T2	T3	T4
Nº Inicial de peces	7.200,0	7.200,0	7.200,0	7.200,0
Nº Final de peces	3.595,0	6.452,0	6.598,0	6.248,0
Nº de Peces Muertos	3.605,0	748,0	602,0	952,0
% de Mortalidad	50,1	10,4	8,4	13,2
% de Supervivencia	49,9	89,6	91,6	86,8

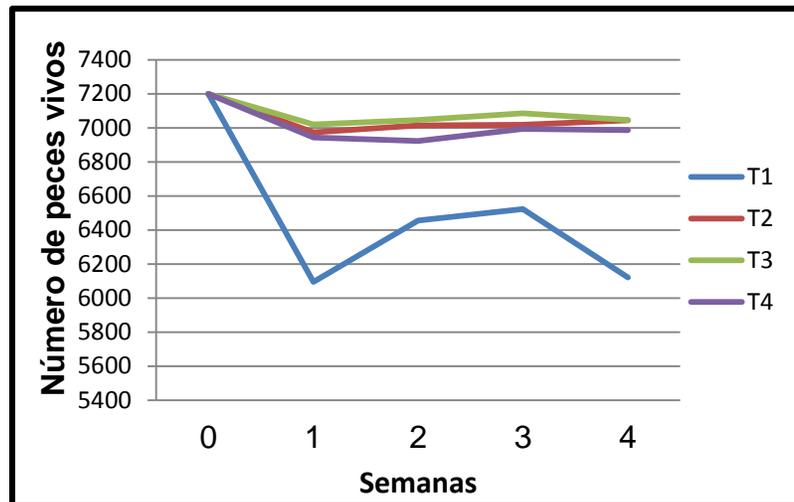
Figura 26. Porcentaje de supervivencia



En la Figura 27 se observa el comportamiento de la supervivencia semanal durante la investigación, evidenciando claramente que para el tratamiento 1 (testigo) existió un alto porcentaje de mortalidad en la primera semana (15,35%), presentando una disminuci3n a partir de la segunda (10,35%) y tercera semana

(9,40%), sin embargo después de la tercera semana se incrementó nuevamente (14,97%). Los demás tratamientos se mantuvieron dentro de un rango de variación deseable llegando hasta un pico máximo de 3,85% en la primera semana para el tratamiento 4.

Figura 27. Comportamiento de la sobrevivencia durante la investigación.



6.1.7 Análisis parcial de costos. Para la determinación de la relación beneficio costo, se consideró el costo de las postlarvas de tilapia roja, reversarina comercial, cepa de *bacillus amiloquefaciens*, dientes de ajo, hapas en angeo plástico, sal marina y mano de obra de cada uno de los tratamientos. Tabla 13.

La relación beneficio-costos reportó un índice de 0,83 para el tratamiento 1, 1,48 para el tratamiento 2 y 3 respectivamente y de 1,42 para el tratamiento 4. Siendo los tratamientos 2 y 3 los que presentaron los mejores índices económicos, (Figura 28) Tabla 14, indicando que por cada unidad monetaria que se invirtió se incrementó 0,48 unidades (*), demostrando la factibilidad económica del uso de inmunoestimulantes en levante de alevinos de tilapia roja.

(*) IMUÉS, M. A. Óp. cit., Pasto, Colombia, Junio de 2013.

Tabla 13. Costos totales del ensayo

RUBROS	Cantidad	VR. Unitario (\$)	VR. Total (\$)	Porcentaje (%)
Larvas de tilapia roja	28.800	20	576.000	40,96
Harina Italcol x kg, 45% de proteína	6,08	4500	27.360	1,95
Cepa (<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>) (g)	6,44	2000	12.880	0,92
Ajo (<i>Allium sativum</i>) (g)	13,24	5	66,2	0,00
Hapas en angeo plástico (0.9 x 1.0 m)	12	15000	180.000	12,80
Sal marina (g)	20.000	0,5	10.000	0,71
Mano de obra (8 horas/día)	30	20000	600.000	42,66
TOTAL			1.406.306,20	100

Figura 28. Relación beneficio costo por tratamiento.

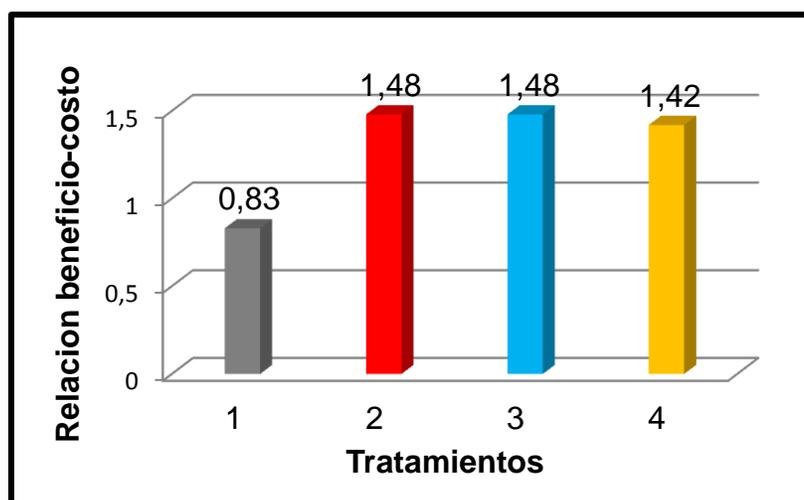


Tabla 14. Resumen del cálculo de la relación beneficio costo-

Tratamiento	Costo total (\$)	No. Animales	Precio venta (\$)	Ingreso bruto (\$)	Ingreso neto (\$)	Beneficio-Costo
1	346514,4	3595	80	287600	-58914,4	0,83
2	349490,2	6452	80	516160	166669,8	1,48
3	357807,4	6598	80	527840	170032,6	1,48
4	352492,7	6248	80	499840	147347,3	1,42

6.2 PARAMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA

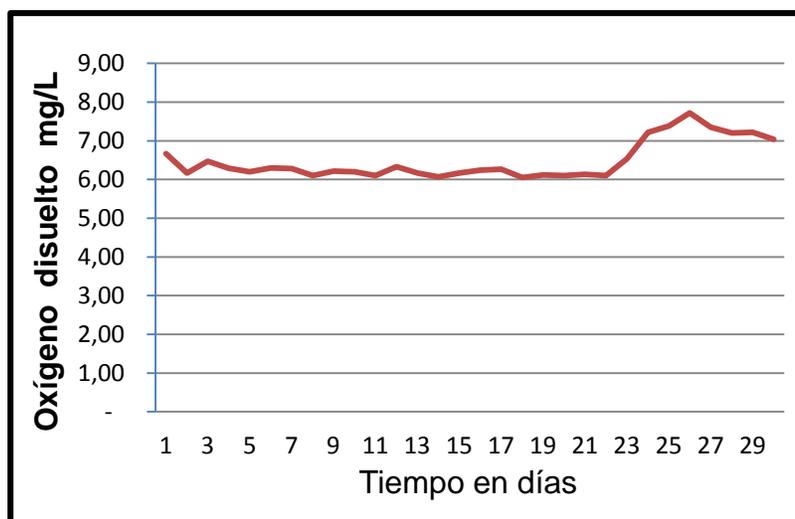
El análisis de varianza no presentó diferencias estadísticas significativas indicando que no fueron fuente de variación en los resultados obtenidos en la investigación. Los valores promedio de los parámetros de calidad del agua se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Parámetros físicos y químicos promedio por tratamiento.

	T1	T2	T3	T4
Temperatura (°C)	27,49	27,49	27,49	27,49
pH (Unidades)	6,50	6,50	6,50	6,50
Oxígeno Disuelto (mg/l)	6,48	6,48	6,48	6,48

6.2.1 Oxígeno disuelto. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95% ($1,0000 > 0,05$) (Anexo P), El valor promedio para oxígeno disuelto fue de $6.48 \pm 0,48$ mg/L. con un valor mínimo de 6.05 mg/L. y un máximo de 7.72 mg/L. (Figura 29). La muestra para el análisis de agua fue tomada de puntos intermedios del estanque donde se encontraban las hapas.

Figura 29. Comportamiento diario para Oxígeno disuelto.



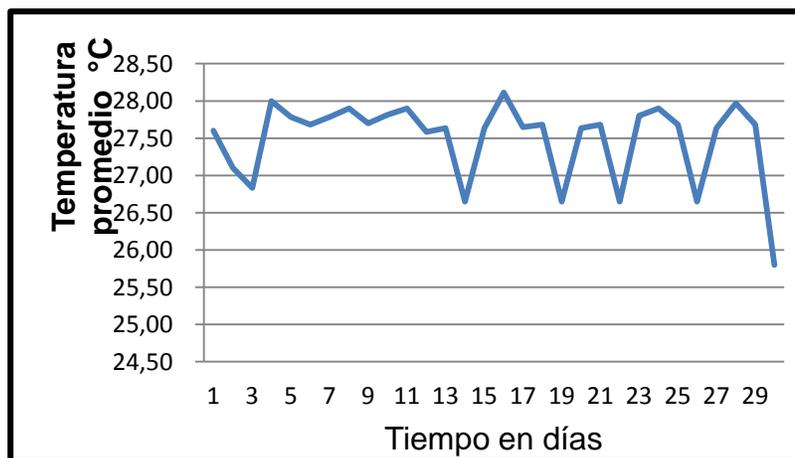
6.2.2 Potencial de hidrogeniones (pH). La figura 30 muestra el comportamiento del pH durante el periodo experimental. El pH estuvo entre los valores de 6,30 y 6,60 con un promedio de $6,5 \pm 0,085$. El análisis de varianza para este parámetro no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($1,0000 > 0,05$) (Anexo Q).

Figura 30. Comportamiento diario para pH.



6.2.3 Temperatura. Se registró una temperatura promedio final de $27,49 \pm 0,52$. °C (Figura 31), durante el periodo de estudio se presentaron temperaturas mínimas y máximas de 25,80 °C y 28,11°C respectivamente. El análisis de varianza estableció que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($1,0000 > 0,05$) (Anexo R).

Figura 31. Curva de temperatura promedio diario



7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1 PESO INICIAL DE SIEMBRA.

El peso promedio de los cuatro tratamientos al momento de la siembra no presentó diferencias estadísticas significativas según análisis de varianza ($0,7585 > 0,05$), por lo tanto permite concluir que el peso promedio inicial de siembra no fue una fuente de variación en el análisis realizado.

El peso promedio inicial de siembra fue de $14,0 \pm 0,80$ mg., los valores de coeficiente de variación estuvieron por debajo del 15% demostrando así la homogeneidad de la población en el momento de la siembra. Acuña y Guevara citados por Palacios⁷⁷; Rodríguez⁷⁸, y Castillo y Maya⁷⁹, sostienen que coeficientes inferiores a 15% demuestran poca variación en peso y espacio suficiente para el crecimiento normal de un organismo hidrobiológico de cultivo.

7.2 INCREMENTO DE PESO SEMANAL.

El mayor incremento de peso promedio semanal encontrado en esta investigación es inferior a los reportados por Nabil, *et al*⁸⁰, quienes evaluaron el uso de ajo fresco y seco en el crecimiento de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en fase de alevinaje y encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos. Los mejores incrementos de peso se obtuvieron con el uso de 3,0 g. ajo fresco por kg de alimento, con un valor de 4060 mg/semana. Estos resultados están de acuerdo con Diab, *et al*⁸¹, quien reportó que la incorporación de ajo (*Allium*

⁷⁷ PALACIOS, P. Óp. cit. p. 100.

⁷⁸ RODRIGUEZ, N. Óp. cit., p. 31.

⁷⁹ CASTILLO, N. y MAYA, C., Óp. cit., p. 62.

⁸⁰ NABIL, F. et al. Effect of fresh or dried garlic as a natural feed supplement on growth performance and nutrients utilization of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticas*). AL-Azhar University, Faculty of Agriculture, Department of Animal ProductioCairo, Egypt. *Egypt J. Aquat. Biol. & Fish.*, Vol.14, No.2: 19-38 (2010) ISSN 1110 – 1131. p. 19. Disponible en Internet. URL: <http://www.ejabf.eg.net/pdf/vol-14-n-2/2.pdf>

⁸¹ DIAB, A. S.; EI-NAGAR, G. O. and ABD-EL-HADY, Y. M. (2002). Evaluation of *Nigella sativa* L (black seeds; baraka), *Allium sativum* (garlic) and Biogen as feed additives on growth performance and immunostimulants of *O. niloticus* fingerlings. Suez Canal Vet, Med. J., 745-75.

sativum) en la dieta de tilapia nilótica aumento la ganancia de peso corporal. También, Shalaby, *et al*⁸², reportó que mediante la incorporación de 10, 20, 30 y 40 g. de ajo por kg de alimento en la dieta de tilapia nilótica aumentó significativamente los pesos promedios finales. Además, Mesalhy, *et al*⁸³, evaluaron el uso de ajo 10 y 20 g. por kg en la dieta, los tratamientos con la inclusión de ajo obtuvieron un aumento significativo de peso corporal final después de ocho meses, en comparación con el grupo control. Resultados estadísticamente similares obtuvieron Soltan y El-Laithy⁸⁴, quienes demostraron que mediante el uso de ajo en el alimento en tilapia nilótica mejoró significativamente la ganancia de peso.

Los resultados del tratamiento 3 son similares a los reportados por Meurer, *et al*⁸⁵, quienes encontraron que el crecimiento de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en la fase de reversión sexual usando levadura como probiótico es de 155 mg/semana. También en ensayos realizados por Guevara, *et al*⁸⁶, en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis sp*) adicionando diferentes dosis de probióticos al balanceado, encontraron que la ganancia de peso promedio semanal de los tratamientos con probióticos fue mayor al tratamiento control; presentando diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). El T4 (6 g. de probiótico /kg de alimento), fue el que mostró una ganancia de peso mayor 3830 ± 490 mg./semana, frente a los demás tratamientos. Así mismo Guevara y Mateus⁸⁷, al utilizar una mezcla probiótica de *lactobacillus*, *bacillus* y levadura del

⁸² SHALABY, A. M.; KHATTAB, Y. A. and ABDEL RAHMAN, A. M. (2006). Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *J. Venom. Anim. Toxins Incl. Trop. Dis.*, 12. (2): 178 pp.

⁸³ MESALHY, S.; ABDEL ATTI, N. M. and MOHAMED, M. F. (2008). Effect of garlic on the survival, growth, resistance and quality of (*Oreochromis niloticus*), International Symposium on tilapia Aquaculture

⁸⁴ SOLTAN, M. A. and EL-LAITHY, S. M. (2008). Effect of probiotics and some spices as feed additives on the performance and behaviour of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Egypt. J. Aquat. Biol. and Fish.*, 12. (2): 63-80. SPSS 14.0 statistical program for windows, Copyright © SPSS Inc.

⁸⁵ MEURER *et al*. Levadura como probiótico na reversão sexual da tilápia-do-Nilo. *En: Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. Palotina, Brasil: Vol. 9, N.4,(2008). p. 804-812. Disponible en internet: URL: <http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1071/698>

⁸⁶ GUEVARA *et al*. Evaluación de la utilización de probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis sp.*). Disponible en Internet:http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdfs/Guevara.pdf

⁸⁷ 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

género *Saccharomices* en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en dosis de 2, 4 y 6 g. por Kg de alimento reportaron, incrementos superiores a esta investigación con valores promedio de 2170, 3450 y 3640 mg./semana respectivamente. Resultados estadísticamente superiores al testigo, siendo mejor el tratamiento de 6 g. de probiótico por kilogramo de alimento. Valores estadísticos similares obtuvo Palacios⁸⁸, quien al hacer una evaluación comparativa con probióticos y prebióticos en la especie nativa sábalo amazónico (*Brycon melanopterus*), encontró que el mejor incremento de peso se presentó utilizando un alimento concentrado comercial adicionado con 2,0 g./Kg de probiótico. De igual manera Castillo y Maya⁸⁹, quienes usaron probióticos y prebióticos en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), en fase de prelevante encontraron un mayor crecimiento al adicionar simultáneamente 2,0 g. de probiótico y 2,0 g. de prebiótico por kilogramo de alimento, con un incremento de peso de 92,33% superior al tratamiento control (balanceado comercial con 34% de proteína).

De igual manera Aguayo⁹⁰ obtuvo el mayor crecimiento, de 735 mg./semana mediante la adición de probióticos en el alimento (*V. hepatarius* y *Bacillus sp*) en la alimentación de camarones, comparado con el tratamiento control que tuvo un incremento de peso de 651 mg./semana. Lo cual indica que se pueden obtener mejores resultados en incrementos de peso de un organismo hidrobiológico de cultivo, mediante la adición de sustancias y microorganismos benéficos independientemente de la especie de cultivo, fase fisiológica, condiciones medioambientales etc.

El mejor crecimiento obtenido al final del periodo experimental fue para el tratamiento 2 con un peso promedio final de $295,52 \pm 0,01$ mg, seguido del tratamiento 3 con $264,56 \pm 0,02$ mg, el tratamiento 4 con $251,26 \pm 0,01$ mg. y finalmente el tratamiento 1 con $224,61 \pm 0,02$ mg, (Figura 24). Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Aly, et al⁹¹, quienes evaluaron la actividad probiótica de dos bacterias (*Bacillus subtilis* y *Lactobacillus acidophilus*), sobre la respuesta inmune, el crecimiento y su efecto protector contra patógenos potenciales en

⁸⁸ PALACIOS, Óp. cit., p. 70.

⁸⁹ CASTILLO, N y MAYA, C. Óp. cit., p. 62.

⁹⁰ AGUAYO, D. Uso de probiótico y β -1,3/1,6-glucanos en la alimentación del camarón *Liptopenaeus vannamei* como estrategia para incrementar la producción. Escuela superior politécnica del litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Programa de Ingeniería Acuícola. Guayaquil. Ecuador. 2006. p. 36.

⁹¹ ALY et al. Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potential probiotics, on the immune response and resistance of Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. Fish & Shellfish immunology.2008. 128 – 136 p.

tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), los resultados demostraron que los peces que recibieron la mezcla de *B. subtilis* y *L. acidophilus* presentaron un incremento de peso significativamente mayor que el grupo control. Además Coral y Zambrano⁹², demostraron que al evaluar el efecto de un probiótico y un inmunoestimulante comercial en la fase de levante intensiva de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), que el mejor comportamiento productivo se obtuvo con la combinación de los dos promotores de crecimiento.

Con respecto al comportamiento del incremento de peso promedio semanal de cada uno de los tratamientos, se presentó una situación poco común en la mayoría de las especies acuícolas, pero también fue encontrada por Rubiano y Landines⁹³; Cárdenas y López⁹⁴ quienes al evaluar la incorporación de probióticos en el alimento sobre el crecimiento de *Osteoglossum bicirrhosum* durante la fase larva-alevino, encontraron incrementos altos al inicio de la fase experimental, disminución de dichos incrementos en las siguientes semanas y nuevamente aumento en el crecimiento al finalizar el estudio. Cárdenas y López⁹⁵ aseguran que en especies ícticas de aguas cálidas inicialmente las ganancias de peso 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.

De esta manera se ha demostrado que se puede mejorar el potencial productivo de tilapia roja en un sistema de producción de alevinos de tipo intensivo; sin embargo los incrementos de peso semanal para tilapia roja obtenidos en esta investigación son inferiores a los obtenidos por algunos autores anteriormente mencionados debido principalmente a que se realizó con postlarvas en la fase de reversión sexual, abarcando un periodo muy corto (Treinta días), tiempo que dura este proceso.

⁹² CORAL, D. y ZAMBRANO, A. Evaluación comparativa del efecto de un probiótico comercial y un inmunoestimulante en la fase de levante intensiva de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2006. p. 52-55.

⁹³ RUBIANO, W y LANDINES, M. Evaluación del crecimiento de *Osteoglossum bicirrhosum* durante la fase larva-alevino. Bogotá, Colombia. 2007. p. 1. [citado el 21 de noviembre de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.veterinaria.unal.edu.co/eventos/e/valor%20agregado.ppt>>.

⁹⁴ CARDENAS, V. y LÓPEZ, J. Óp. cit., p. 59.

⁹⁵ *Ibíd.*, p. 59.

7.3 INCREMENTO DE LONGITUD SEMANAL.

Los resultados demuestran la eficiencia de la incorporación de probióticos e inmunoestimulantes en la alimentación de postlarvas de tilapia roja sobre el incremento de longitud promedio semanal, lo corroboran Diab *et al*⁹⁶ quienes obtuvieron los mejores crecimientos con el uso de ajo en el alimento en tilapia nilótica. También, Shalaby, *et al*⁹⁷, reportó que mediante la incorporación de ajo en la dieta de tilapia nilótica aumentó significativamente el crecimiento. Además, Mesalhy, *et al*⁹⁸, evaluaron el uso de ajo en la dieta, los tratamientos con la inclusión de ajo obtuvieron mejores crecimientos. Resultados estadísticamente similares obtuvieron Soltan y El-Laithy⁹⁹, quienes reportaron que mediante el uso de ajo en las dietas en tilapia nilótica mejoró significativamente la ganancia de talla.

Castillo y Maya¹⁰⁰, demostraron que los mejores incrementos de longitud total se alcanzan mediante la incorporación de 2,0 g de probiótico y 2,0 g de prebiótico por kg de alimento en la alimentación de alevinos de tilapia roja. Lo anterior está de acuerdo con Guevara y Mateus¹⁰¹, y Rodríguez¹⁰², quienes obtuvieron los mejores incrementos de peso y longitud en las especies *Oreochromis. sp* y *Ariopsis bonillai* en los tratamientos con probióticos. Sin embargo Coral y Toro¹⁰³ y Cabrera y Santa Cruz¹⁰⁴, no encontraron diferencias estadísticas, pero obtuvieron mayores incrementos de longitud en los tratamientos con estimulantes de crecimiento.

⁹⁶ DIAB. Et al., Op cit., p. 65.

⁹⁷ SHALABY, A. M. et al. p. 166.

⁹⁸ MESALHY, S. p. 45.

⁹⁹ SOLTAN, M. A. and EI-LAITHY, S. M. Óp. cit., p 71.

¹⁰⁰ CASTILLO y MAYA, Óp. cit., p. 66-69.

¹⁰¹ GUEVARA, J. y MATEUS, R. Óp. cit. p. 27.

¹⁰² RODRIGUEZ, N. Óp. cit. p.54.

¹⁰³ CORAL, J. Y TORO, N. Óp. cit., p.44.

¹⁰⁴ 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. 48

Guevara, *et al*¹⁰⁵., encontró que durante el periodo de investigación en tilapia roja el aumento de longitud estándar promedio de los tratamientos con probióticos fue superior al tratamiento control indicando diferencias significativas ($p < 0,05$), además, observó alta correlación entre la ganancia de peso y el aumento de la longitud estándar en los tratamientos.

Balan y Martínez¹⁰⁶ evaluaron la inclusión de una mezcla de microorganismos benéficos (*Rhodopseudomonas sp.*, *Saccharomyces sp.*), y en menor cantidad hongos (*actinomicetes*), sobre el crecimiento de juveniles y alevinos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), en condiciones de campo y laboratorio respectivamente. En la fase de campo encontró diferencias significativas entre tratamientos, los individuos que recibieron la mezcla probiótica mostraron mejores incrementos de longitud y peso a diferencias del grupo control. Sin embargo en la fase de laboratorio no encontró diferencias significativas entre los tratamientos, la ganancia de peso y longitud fue similar tanto para el grupo control como para el grupo que recibió la mezcla probiótica.

7.4 TASA DE CRECIMIENTO SIMPLE.

La mejor tasa de crecimiento simple encontrada en esta investigación es superior a los resultados reportados por Nabil, *et al*¹⁰⁷., quienes evaluaron el uso de ajo fresco sobre el crecimiento de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en fase de alevinaje. Encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos, la mejor tasa de crecimiento se obtuvo con el uso de 3,0 g. ajo fresco por kg de alimento, con un valor de 3,81%.

Y-B Wang, *et al*¹⁰⁸., analizaron el efecto de una bacteria probiótica *Enterococcus faecium* sobre los parámetros de crecimiento de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). A partir de este estudio demostraron que las tilapias alimentadas con cepa probiótica obtuvieron mejores rendimientos en la tasa de crecimiento que el grupo control, igualmente Martínez, *et al*¹⁰⁹., al evaluar la sobrevivencia y

¹⁰⁵ GUEVARA, *et al*, Óp. cit., p. 3.

¹⁰⁶ BALAN, T. & MARTINEZ, D. Uso de microorganismos eficientes (EM) en la alimentación de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad EARTH. Guácimo-Limón, Costa Rica 2007. 49 p.

¹⁰⁷ NABIL F. *et al*. Óp. cit., p. 26.

¹⁰⁸ Y-B WANG *et al*. Probiotics in aquaculture: Challenges and outlook. Aquacultura. 1 – 4 p.

¹⁰⁹ MARTINEZ, *et al*. Op. cit., p. 9.

crecimiento de larvas y juveniles de pescado blanco (*Chirostoma estor*) mediante el suministro de alimento vivo (*Brachionus plicatilis* y *Artemia franciscana*) enriquecido con *Lactobacillus casei*, encontraron valores de tasa de crecimiento superiores en las dietas enriquecidas.

Por otra parte, Ghazalah, *et al.*,¹¹⁰, estudiaron el efecto de dos probióticos: el primero compuesto por alicina, un grupo de enzimas hidrolíticas, *Bacillus subtilis* y el extracto de Ginseng, y el segundo un producto seco fermentado de *Lactobacillus acidophilus*, extracto de *Aspergillus oryzae*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus faecium*, *Levadura torula*, leche desnatada, aceite vegetal y CaCO₃, sobre el crecimiento de alevinos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), con niveles ligeramente más bajos de proteína recomendada (25%, 27,5% y 30%). Los tratamientos evaluados con los probióticos y con el menor porcentaje de proteína (25%) obtuvieron resultados desfavorables en los parámetros de crecimiento, sin embargo los dos productos con un nivel de proteína del 27,5% fueron más eficaces, generando mayores tasas de crecimiento simple en los individuos que recibieron este tratamiento.

En la investigación realizada los resultados demostraron que la especie alcanzó peso y talla ideales de comercialización en el menor tiempo de cultivo, esto se traduce en ciclos de producción más cortos, menor tiempo e inversión económica y mayor rentabilidad para los productores de alevinos de tilapia roja en sistemas intensivos de producción.

7.5 SOBREVIVENCIA.

Los mejores porcentajes de sobrevivencia obtenidos en esta investigación son inferiores a los encontrados por Meurer, *et al.*¹¹¹, quienes obtuvieron un porcentaje de sobrevivencia del 94,12 %, utilizaron como probiótico *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de alevinos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). En esta investigación se obtuvo el mejor porcentaje de sobrevivencia en el tratamiento 3 con el 91,6 %, debido posiblemente a que en esta fase de crecimiento el animal no presenta grandes cambios morfológicos y fisiológicos, igualmente el tracto digestivo está poco desarrollado y no permite una adecuada digestión y asimilación del alimento inerte, por lo que el uso de probióticos es

¹¹⁰ GHAZALAH, et al. Effect of probiotics on performance and nutrients digestibility of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed Low Protein Diets. Nature and Science, 8 (5): 46-53.

¹¹¹ MEURER, et al., Op. cit., p. 410.

recomendable en esta etapa, por que presenta beneficios en el control de bacterias patógenas, es fuente de nutrientes y mejora la digestión por efecto de enzimas esenciales, elimina materia orgánica disuelta, a la vez que incrementa la respuesta inmune contra organismos patógenos, lo cual se puede observar claramente al comparar los tratamientos en los que se usó probióticos con el tratamiento control al cual no se adicione ninguna sustancia y en el que se obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 49,9% en este estudio.

Nya y B. Austin¹¹², emplearon el ajo (*Allium sativum*) para incrementar la inmunidad de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) contra infecciones de *Aeromona hydrophila*, en alevinos de 14 g. que fueron alimentados con 0.0 (Control), 5 y 10 g. de ajo respectivamente, por cada kg. de alimento durante 14 días, donde evaluaron factores fisiológicos, bioquímicos, inmunológicos, e índices de electrolitos a los 14, 21 y 28 días después del tratamiento, las tasas de sobrevivencia según los resultados obtenidos fue de 88 y 84% para los grupos que recibieron 5 y 10 g. de ajo respectivamente, en comparación con el 16% de sobrevivencia del tratamiento Control. Resultados similares obtuvieron Nabil, et al¹¹³., quienes encontraron la mejor tasa de supervivencia con la adición de 3 g. de ajo fresco por kg de alimento con un valor de 93,89%. El análisis estadístico demostró que se presentaron diferencias significativas (P <0,05) entre tratamientos y los grupos con la adición de ajo fresco obtuvieron las mejores tasas de supervivencia con respecto al testigo. El efecto promotor del crecimiento del ajo puede ser debido al aumento de entrada de la glucosa en los tejidos y la actividad de la tiroides.

En general, los resultados revelaron que la incorporación de ajo en la alimentación de tilapia roja mejoró significativamente la supervivencia. Lo corroboran Nabil, et al¹¹⁴; Soltan y El-Laithy¹¹⁵, quienes demostraron que la incorporación del ajo en el alimento en tilapia nilótica mejoró significativamente la supervivencia. Las mejoras debidas al ajo pueden ser debido a su efecto antimicrobiano, antioxidante y a

¹¹² NYA E.J. y B. Austin. Desarrollo de la inmunidad en trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) contra *Aeromonas hydrophila* después de la aplicación de ajo en una dieta. Inmunología de peces & mariscos. (Artículo en prensa). doi:10.1016/j.fsi. 2011.01.008. Disponible en Internet. URL:http://www.panoramaacuicola.com/noticias/2011/02/03/uso_de_ajo_para_el_desarrollo_de_la_inmunidad_en_trucha_arco_iris_a_las_aeromonas.html

¹¹³ Nabil, Óp. cit., p. 27.

¹¹⁴ Ibíd., p. 27.

¹¹⁵ SOLTAN, M. A. and EL-LAITHY, S. M. Óp. cit., p 71.

propiedades antihipertensivas de acuerdo con Konjufca¹¹⁶. La investigación anterior sugiere que esas funciones son principalmente atribuidas a los componentes bioactivos de ajo incluyendo compuestos de azufre, tales como alicina, dialil sulfato y alicina¹¹⁷. Además Block¹¹⁸ manifiesta que muchas de las propiedades benéficas del ajo se atribuyen a compuestos organosulfurados, particularmente a tiosulfinatos. La alicina (tiosulfinato) es el compuesto más abundante que representa aproximadamente el 70% de todos los tiosulfinatos presentes en el ajo machacado.

Villamil, *et al*¹¹⁹., evaluaron la capacidad probiótica de cuatro bacterias como son: *Bacillus sp.*, *B. pumillus*, entre otras, teniendo en cuenta la actividad antibacteriana de los productos extracelulares *in vitro*, y el efecto sobre el crecimiento de alevinos y juveniles de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) durante un periodo de 15 días de alimentación con suplemento probiótico (1×10^6 UFC/g). Donde determinaron también el grado de protección conferido por los tratamientos probióticos frente a infecciones experimentales con bacterias que generan pérdidas en los cultivos de tilapia roja en Colombia (*Aeromonas hydrophila* y *Streptococcus agalacticae*).

Resultados estadísticamente similares obtuvieron Martínez *et al.*, citados por Cárdenas y López¹²⁰, quienes demostraron que después de realizar infecciones *in vivo* con bacterias patógenas en tilapia nilótica, la mayor sobrevivencia se obtuvo en los tratamientos en los que se suministró el suplemento de *Bacillus sp.* y *L. casei* con 86.67 %, seguidos por los tratamientos con *Bacillus pumilus* (80 %) y *L. acidophilus* (73.33 %), mientras que en el tratamiento en el que no se suministró suplemento de bacterias, la sobrevivencia registrada fue de 53.33 %. Comparativamente la sobrevivencia obtenida en el tratamiento 1 es favorable, sin

¹¹⁶ KONJUFCA, V. H.; PESTI, G. M. and BAKALLI, R. I. (1997). Modulation of cholesterol levels in broiler eat by dietary garlic and copper. Poultry Science, 76: 1264-1271

¹¹⁷ AMAGASE, H. and MILNER, J. A. (1993). Impact of various sources of garlic and their constituents on 7,12-dimethylbenz [a] anthracene binding to mammary cell DNA. Carcinogenesis, 14: 1627–1631.

¹¹⁸ BLOCK, E. (1992). The organ sulfur chemistry of the genus *Allium* implications for the organic chemistry of sulfur. Angew. Chem. Int. Ed., 31: 1135-1178.

¹¹⁹ VILLAMIL, L.; SANJUAN A.; MARTÍNEZ, M.; OSPINA A. y REYES C. Evaluación de bacterias probióticas sobre la expresión de genes de defensa, resistencia a infecciones e incremento en peso de tilapia nilótica. Disponible en Internet. URL http://boletin.utadeo.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=323:qevaluacion-de-bacterias-probioticas-sobre-la-expresion-de-genes-de-defensa-resistencia-a-infecciones-e-incremento-en-peso-de-tilapia-nilotica&catid=63:septiembre-15&Itemid=89

¹²⁰ CARDENAS, V. y LOPÉZ, J. Óp. cit., p.74.

embargo los tratamientos 2, 3 y 4 son superiores en aproximadamente 39,4%, lo que en términos económicos en el mercado regional representa una ganancia significativa, esto demuestra que el uso de inmunoestimulantes tiene un alto potencial en el cultivo de tilapia dada la capacidad de incrementar la sobrevivencia durante infecciones bacterianas asociada a posibles incrementos en los niveles de defensa de la tilapia.

En esta investigación se observó que la inclusión de inmunoestimulantes a las dietas disminuyó significativamente la mortalidad. Lo corrobora Lara, *et al*¹²¹., quien sostiene que incrementaron la sobrevivencia de tilapia nilótica al incluir mezclas probióticas a la dieta. De igual manera Gatesoupe¹²², logró disminuir la mortalidad de larvas de *Pollachius pollachius* alimentadas con nauplios de artemia tratados con bacterias ácido lácticas, *S. cerevisiae* y formaldehído; así mismo López, *et al*¹²³; Palacios¹²⁴ obtuvieron 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.

Los resultados demuestran que se logran mejores resultados en el manejo de postlarvas de tilapia roja utilizando promotores de crecimiento en la alimentación animal evidenciando claramente que la adición de inmunoestimulantes de origen natural y probióticos influyen directamente sobre la sobrevivencia, además incrementan el rendimiento, fomentan el equilibrio natural de la flora intestinal produciendo importantes mejoras en los procesos digestivos, reducen las concentraciones de microorganismos patógenos y la producción de toxinas perjudiciales, y estimulan el sistema inmunológico del huésped, mejorando la resistencia a enfermedades más comunes lo cual se traduce en un crecimiento acelerado y mayores porcentajes de sobrevivencia, de acuerdo con Castillo y Maya¹²⁵.

¹²¹ LARA, M.; ESCOBAR, L y OLVERA, M. avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida, México. 2006. p.4. [citado el 18 de diciembre de 2009]. Disponible en internet:<URL: www.uanl.mx/secciones/publicaciones/nutrición_acuicola/VI/.../A22.pdf>.

¹²² GATESOUBE, F. Op cit., p. 356.

¹²³ LÓPEZ, J. et al. Evaluación de inmunoestimulantes en el crecimiento y sobrevivencia de la de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), cultivada en jaulas flotantes, en el Lago Guamuéz. En: Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto, Colombia. Volumen 2, (Mayo, 2006). p. 20. [Citado el 31 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.udenar.edu.co/acuícola/revista/>>. ISSN 1909-8138

¹²⁴ PALACIOS, P. Óp. cit., p.73.

¹²⁵ CASTILLO, N y MAYA, C. Óp. cit., p. 62.

7.6 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS.

Los tratamientos que incluyeron la adición de promotores de crecimiento como la pasta de Ajo (*Allium sativum*) y el bacilo gram positivo (*Bacillus amyloliquefaciens*) en el alimento, presentaron los mayores porcentajes de sobrevivencia, mejorando significativamente los parámetros productivos de las especies acuícolas y disminuyendo la incidencia de enfermedades, obteniendo mayores índices económicos reflejados en una mayor rentabilidad en los cultivos, por lo tanto el ingreso por unidad de tilapia vendida es mayor. Así mismo, los costos de producción para el levante de alevinos de tilapia roja mediante el uso de inmunoestimulantes en la alimentación no son elevados, lo que se convierte en una buena alternativa de producción para los productores de esta especie. Estos resultados los corroboran Nabil, *et al*¹²⁶, quienes evaluaron el uso de 3 g. de ajo fresco por kg de alimento, demostrando una reducción significativa de los costos de producción, al obtener una rentabilidad de 9,72 % en comparación con el grupo control; sin embargo los tratamientos con la adición de ajo aumentaron los costos de producción, pero se compenso a través de mejores incrementos de peso y como consecuencia la reducción de los costos de producción.

Resultados similares obtuvieron Castillo y Maya¹²⁷ quienes demostraron que mediante la incorporación de probióticos y prebióticos en la alimentación de alevinos de tilapia roja se obtuvieron mejores resultados en la relación beneficio costo de 1,12. Así mismo Cárdenas y López¹²⁸ obtuvieron un índice de relación beneficio-costo de 2,8 para los tratamientos que incluyeron promotores de crecimiento en alevinaje de arawana plateada, los resultados también indicaron que en estos tratamientos se obtuvo los mayores porcentajes de sobrevivencia. De igual manera Palacios¹²⁹ demostró que en los tratamientos con inmunoestimulantes se obtuvieron mayores porcentajes de sobrevivencia y por ende mayores índices de relación beneficio-costo.

¹²⁶ Nabil. F. *et al*. Óp. cit., p. 20.

¹²⁷ *Ibíd.*, p. 74.

¹²⁸ *Ibíd.*, p. 75.

¹²⁹ PALACIOS. P. Óp. cit., p. 74.

7.7 PARAMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA

Castillo¹³⁰ menciona que el oxígeno disuelto es el requerimiento de mayor importancia al igual de la temperatura, su grado de saturación es inversamente proporcional a la altitud sobre el nivel del mar y directamente proporcional a la temperatura y el pH, el rango óptimo está por encima de los 4 mg/litro. Los valores obtenidos durante el periodo experimental están por encima de este valor, los cuales se consideran adecuados para cultivos intensivos y extensivos de tilapia según lo afirma Cantor¹³¹.

En el periodo de investigación los valores de pH presentaron poca variación oscilando entre 6,05 y 7,72 rangos adecuados para el cultivo de esta especie, de acuerdo a Cantor¹³², quien señala que el rango deseable para el mantenimiento de *Oreochromis sp*, está entre el 6,5 y 9. Igualmente Boyd¹³³ afirma que los valores de pH entre 6,5 y 9,0 son los más adecuados para la producción de peces en cualquiera de sus etapas.

Según Castillo¹³⁴ todos los organismos hidrobiológicos de cultivo tienen un rango óptimo de temperatura y se presentan enfermedades cuando esta se encuentra por debajo o por encima, llegando inclusive a ser letales al afectar directamente la tasa metabólica del pez. Sin embargo los valores promedio semanal de temperatura obtenidos en esta investigación se mantuvieron dentro de los rangos óptimos los cuales oscilaron entre 20-30 °C como lo manifiesta Saavedra¹³⁵. Igualmente López¹³⁶ afirma que estos valores son considerados como

¹³⁰ CASTILLO, L. Tilapia roja 2011. Una Evolución de 29 Años, de la Incertidumbre al Éxito. Cali, Valle – Colombia. 2011. p. 43-44. Disponible en Internet. URL: <http://www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/TILAPIAROJA2010.doc>

¹³¹ CANTOR, F. Óp. cit. p. 15.

¹³² *Ibíd.*, p. 21.

¹³³ BOYD, C. E. Water quality in pound for aquaculture, EEUU.1990. 482 p.Citadopor: SUMMERFELT, Robert. Water Quality Considerationsfor Aquaculture.Disponible en Internet: <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana58/aqua.pdf>.

¹³⁴ *Ibíd.*, p.44.

¹³⁵ SAAVEDRA, M. Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua. 2006. p. 6. Disponible en Internet. URL: http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf

¹³⁶ LÓPEZ, J. Nutrición Acuícola. Requerimientos nutricionales de los organismos hidrobiológicos de cultivo. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. 1997. p. 18.

temperaturas mínimas efectivas para especies de aguas cálidas como las tilapias. 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.

Los parámetros monitoreados en esta investigación se mantuvieron en los rangos adecuados para el cultivo y larvicultura de esta especie, por lo cual estos no afectaron el crecimiento ni la sobrevivencia.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

La adición en el alimento de pasta de ajo (*Allivium sativum*) y el bacilo gram positivo (*Bacillus amyloliquefaciens*), corroboraron indudablemente ser una alternativa viable para mejorar de manera eficiente el aprovechamiento del alimento balanceado y los índices productivos como son incrementos de peso y talla en fase de reversión sexual de tilapia roja (*Oreochromis sp*), obteniendo inclusive valores superiores a los encontrados por otros autores con respecto a estas variables.

La prueba de Tukey ($p < 0,05$) demostró que el Tratamiento 2 (5 g de pasta de ajo, *Allivium sativum*) presento la mejor tasa de crecimiento simple con un porcentaje de 4,55, siendo este valor superior al reportado por Nabil et al, quien al evaluar el efecto del ajo fresco en dietas de tilapia nilotica encontró para esta variable un valor de 3,81 %.

Mediante la prueba estadística de Brand Snedecor, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, obteniendo el mejor porcentaje de sobrevivencia el Tratamiento 3, con 91,64%. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por otros autores corroborando y demostrando de esta manera la eficiencia de la incorporación de probióticos en el alimento sobre esta variable.

El mejor índice en la relación beneficio costo fue obtenido por los tratamiento 2 y 3, indicando mayor rentabilidad generado por un mayor porcentaje de sobrevivencia en estos tratamientos. Estos resultados demuestran que la pasta de ajo (*Allivium sativum*) y el *bacillus amiloquefaciens* son inmunoestimulantes adecuados en el levante de alevinos de tilapia roja debido a su fácil acceso e incorporación en el alimento, reflejados en mayores beneficios económicos generados por unidad vendida.

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

8.2 RECOMENDACIONES

Fomentar y promover la producción de balanceados comerciales más la adición de microorganismos y suplementos de origen natural que pueden actuar como inmunoestimulantes, así como uso en sistemas acuícolas intensivos y superintensivos de especies ícticas de aguas cálidas.

Evaluar el uso de microorganismos e inmunoestimulantes de origen natural adicionados al agua en estanques en fase de levante de alevinos de tilapia roja con el fin de potenciar el sistema inmunológico y establecer la dosis óptima inhibitoria en el control de enfermedades.

Incrementar las densidades de siembra de larvas de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) por hapa y evaluar los posibles efectos del uso de microorganismos e inmunoestimulantes sobre las variables estudiadas en esta investigación.

Analizar el tracto digestivo y contenido estomacal de los peces para establecer el mecanismo de acción de la pasta de ajo (*Allium sativum*) frente a los microorganismos presentes en la flora intestinal.

Evaluar el uso de inmunoestimulantes de origen natural y microorganismos en la alimentación de tilapia roja durante todo el ciclo productivo, desde la fase de reversión hasta ceba y determinar la fase fisiológica óptima de inclusión.

9. BIBLIOGRAFIA

AURÓ, O. A: y OCAMPO, C. L. Evaluación comparativa del efecto profiláctico del ajo y de un producto de patente contra gram negativos en tilapia (*Oreochromis hornorum*). TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. 6(2), 67-73 (2003).

AGUAYO, Daniel. Uso de probiótico y β -1,3/1,6-glucanos en la alimentación del camarón *Liptopenaeus vannamei* como estrategia para incrementar la producción. Escuela superior politécnica del litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Programa de Ingeniería Acuícola. Guayaquil. Ecuador. 2006. 77 p.

ARBOLEDA, Duván. Reversión sexual de las tilapias roja (*Oreochromis sp.*): Una guía básica para el acuicultor. España. Revista electrónica Redvet. Vol. 6, N. 12. (Diciembre 2005). 5. p. Disponible en internet: URL: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121205/120508.pdf>. ISSN 1695-7504.

ARCE, A. Y GELPUD, D. Evaluación productiva de tres densidades de siembra en el levante de escalares (*pterophyllum scalare*) en un estanque con cubierta tipo invernadero, en la estación piscícola de la institución educativa concentración de desarrollo rural, Consacá, Nariño Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Programa de ingeniería en producción acuícola. Pasto. Colombia. 2010 59. p.

ANDERSON, D. P. Immunology, Diseases of fishes. T.F.H. Publications. 1974. 239 p.

ALY et al. Studies on *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus acidophilus*, as potential probiotics, on the immune response and resistance of *Tilapia nilotica* (*Oreochromis niloticus*) to challenge infections. Fish & Shellfish immunology. 2008. 128 – 136 p.

AMAGASE, H. and Milner, J. A. (1993). Impact of various sources of garlic and their constituents on 7,12-dimethylbenz [a] anthracene binding to mammary cell DNA. Carcinogenesis, 14: 1627–1631.

BALAN, T. & MARTINEZ, D. Uso de microorganismos eficientes (EM) en la alimentación de *Tilapia* (*Oreochromis niloticus*). Trabajo de grado para obtener el

título de Ingeniero Agrónomo. Universidad EARTH. Guácimo-Limon, Costa Rica 2007. 49 p.

BALCAZAR, J. Uso de probióticos en acuicultura. Aspectos generales. Congreso iberoamericano virtual de acuicultura (CIVA). Disponible en Internet: URL: <http://www.civa2002.org>.

BARDACH, J.; RYTHER, J. y McLARNEY, W. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, S.A. México D.F. 1.990. 288. p.

BOYD, C. E. Water quality in pond for aquaculture, EEUU.1990. 482 p. Ciudad de Bogotá: SUMMERFELT, Robert. Water Quality Considerations for Aquaculture. Disponible en Internet: <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana58/aqua.pdf>.

CASTILLO, Luis. La importancia de la tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia. Asociación Red Cauca, Alevinos del Valle. Cali, Valle. 20. p. (Citado el 5 Mayo de 2011). Disponible en Internet. URL: <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/new/TilapiaColombia.pdf>

CASTILLO, Luis. TILAPIA ROJA 2011. Una Evolución de 29 Años, de la Incertidumbre al Éxito. Cali, Valle – Colombia. 2011. p. 43-44. Disponible en Internet. URL: <http://www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/TILAPIAROJA2010.doc>

CANTOR, Fernando. Manual de producción de tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Puebla, México. 2007. 135. p. Disponible en Internet URL: <http://www.scribd.com/doc/13788369/Manualtilapia>

CACHILL, M.M. Bacterial flora of fishes: A review. Microbial Ecology, Vol.19. 1990.21-41 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.

CORAL, J. y TORO, N. Efecto del 17 β -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. 78. p.

D & AN Acuicultura. Liptocitro: Inmunoestimulante para peces. (Lunes, 30 de marzo de 2009). (Citado Febrero 26 de 2012). Disponible en Internet. URL: http://www.facebook.com/note.php?note_id=65070309694

DIAB, A. S.; El-nagar, G. O. and Abd-El-hady, Y. M. (2002). Evaluation of *Nigella sativa* L (black seeds; baraka), *Allium sativum* (garlic) and Biogen as feed additives on growth performance and immunostimulants of *O. niloticus* fingerlings. Suez Canal Vet, Med. J., 745-75.

ESCOBAR, Laura.; OLVERA, Miguel.; CASTILLO, Cesar. Avances sobre la ecología microbiana del tracto digestivo de la tilapia y sus potenciales implicaciones. Centro de investigación y de estudios avanzados del IPN, Unidad Mérida. Mérida – Yucatan - Mexico, 2006. 128. p. Disponible en Internet: URL: http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VIII/archivos/8Olverafinal.pdf

ESPEJO, Carlos. Cultivo de tilapia roja en jaulas tecnología en Colombia. Huila-Colombia: II Congreso Suramericano de Acuicultura. 2000.86. p.

EDITUM org. Ajo: Tipos de Ajos y sus propiedades curativas. (Febrero 26 del 2008). (Citado el 04 de marzo de 2012). (citado Febrero 27, 2012) Disponible en internet: <http://www.editum.org/Ajo-Tipos-De-Ajos-Y-Sus-Propiedades-Curativas-p-734.html> URL:

EL-HAROUN et al. Effect of dietary probiotic Biogens supplementation as a growth promoter on growth performance and feed utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Research. 2006. 1473 – 1480 p.

EL-NAWAWY, H. (1991). Some of non conventional ingredients in broiler ration. M. Sc. Thesis, Fac., of Agriculture Ain-Shams University.

GATESOUBE, F. J. 2000. Uso de probióticos en acuicultura. En: Civera - Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque - Marie, D. y Cruz - Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México. pp 463-472.

GHAZALAH et al. Effect of probiotics on performance and nutrients digestibility of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed low protein diets. *Nature and Science*, 8 (5): 46-53.

GUEVARA et al. Evaluación de la utilización de probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis sp.*). Disponible en Internet: http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdfs/Guevara.pdf

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.

GUERRA, Luis. Efecto de la adición de un probiótico (*Bacillus subtilis*) en la alimentación de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), durante la fase juvenil, en la aldea madre vieja, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala. Licenciado en Zootecnia. Guatemala. 2011. 34 p.

HURTADO, Nicolás. Inversión sexual en tilapias. nH Ingenieros Consultores. Lima, Perú. 2005. 43. p. Disponible en Internet. URL: http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_invsextilapia.pdf

HEPHER, Balfou. Cultivo de peces. México: LIMUSA. 1989. 350. p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, IGAC. Mapas de Colombia. (Citado el 22 de abril de 2011). Disponible en Internet. URL: <http://mapascolombia.igac.gov.co/wps/portal/mapasdecolombia/>

ISOLAURI, E., SÜTAS, Y., KANKAANPÄÄ, P., ARVILOMMI, H. y SALMINEN, S. 2001. Probiotics: effects on immunity. *Am. J. Clin. Nutr.* 73(2): 444-450.

IMUÉS, Marco. Zoot, MSc. Profesor Departamento de Recursos Hidrobiológicos. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, Marzo de 2013.

MARTINEZ, Freddy. Curso sobre granjas integrales. Universidad del Valle. Cali, Colombia. 2008. Disponible en Internet. URL:

<http://eidenar.univalle.edu.co/docentes/catedra/docs/fmartinez/CULTIVO%20DE%20LA%20TILAPIA.pps>

MENDEZ et al. Evaluación del crecimiento de juveniles del Bagre *Ariopsis bonillai* utilizando alimento con probióticos en condiciones de laboratorio. En: Revista AquaTIC. Magdalena, Colombia. No 24, (2006). p. 3 - 10. Disponible en internet: URL: http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/24_01.pdf

MEURER et al. Levedura como probiótico na reversão sexual da tilápia-do-Nilo. En: Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. Palotina, Brasil: Vol. 9, N.4, (2008). p. 804-812. Disponible en internet: URL: <http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/1071/698>

MESALHY, S.; Abdel atti, N. M. and Mohamed, M. F. (2008). Effect of garlic on the survival, growth, resistance and quality of (*Oreochromis niloticus*), International Symposium an tilapia Aquaculture

MUNICIPIO DE SAN MIGUEL.PLANEACIÓN MUNICIPAL, Esquema de Ordenamiento Territorial (E.O.T 2011). Componente urbano. 233 p.

MUNICIPIO DE SAN MIGUEL. (Citado el 7 de abril de 2009). Disponible en Internet. URL: <http://www.sanmiguel-putumayo.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mmxx-1-&m=f#geografia>

MELO, Oscar; LOPEZ, Luis; MELO, Sandra. Diseño de experimentos: métodos y aplicaciones. Bogotá, D.C. Universidad Nacional de Colombia. 2007. p.160. ISBN 978 – 958 – 701 – 815 – 1.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). Examen mundial de la pesca y la acuicultura. Informe preliminar. Parte 1. Italia, Roma: FAO, 2012 (Citado el 7 de Junio de 2013). 114. p. Disponible en internet: <URL: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s01.pdf>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). Cadena de la piscicultura en Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005. 123. p. Disponible en Internet: URL: http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/anuario/Cadena_piscicultura.pdf

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA) .Departamento de pesca. 2002. (Citado el 7 de Junio de 2013). Disponible en internet: <URL: <http://www.fao.org/docrep/005/y7300s/y7300s04.htm#TopOfPage>

KUBITZA & KUBITZA, Panorama da Acuicultura. (On line) 2000. p. 21-22. (citado el 20 Octubre del 2010). Disponible en Internet: <http://sagpya.mecon.gov.ar/.cultivo/Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20%20Del%20Nilo.pdf>. 297. p.

KONJUFCA, V. H.; Pesti, G. M. and Bakalli, R. I. (1997). Modulation of cholesterol levels in broiler eat by dietary garlic and copper. Poultry Science, 76: 1264-1271

LÓPEZ CA, CARVAJAL DL, BOTERO MC. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa–metiltestosterona. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, Universidad de Antioquia. 2007. 20:318-326. (Citado Febrero 26 de 2012). Disponible en Internet. URL: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/287/284>

LUIS, D. A. y ALLER, R. Ajo y riesgo cardiovascular. Anales de Medicina Interna. Arán Ediciones, S. L. Madrid, España. Vol.25, N.5, (Mayo, 2008). pp. 237-240. ISSN 0212-7199 (Citado 04 Marzo del 2012), Disponible en internet: URL: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-71992008000500010&lng=en&nrm=iso>. <http://dx.doi.org/10.4321/S0212-71992008000500010>. ISSN 0212-7199.

LOPEZ V. J, YANOS V. J. y MENDOZA M. J. Caracterización y propuesta técnica de la acuicultura en el sector Jambeli, provincia del Oro. Guayaquil, Ecuador. 2008. 120. p. Trabajo de grado (Ingeniero acuicultor). Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. (Citado el 5 Marzo del 2012). Disponible en Internet: URL: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6815/1/D-39160.pdf>

LÓPEZ, J. et al. Evaluación de inmunoestimulantes en el crecimiento y sobrevivencia de la de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), cultivada en jaulas flotantes, en el Lago Guamuéz. En: Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto, Colombia. Volumen 2, (mayo, 2006). p. 20. [citado el 31 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.udenar.edu.co/acuícola/revista/>>. ISSN 1909-8138

LÓPEZ, J. Nutrición Acuícola. Requerimientos nutricionales de los organismos hidrobiológicos de cultivo. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. 1997. 211. p.

LARA, M.; ESCOBAR, L y OLVERA, M. avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida, México. 2006. p.4. [Citado el 18 de diciembre de 2009]. Disponible en internet:<URL: www.uanl.mx/secciones/publicaciones/nutrición_acuicola/VI/.../A22.pdf>.

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. 288. p.

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. 124. p

POMPA, & L.LOVSHIN. Acerca del cultivo de tilapia nilótica y tilapia roja. Auburn University, Auburn, EUA. 1994. p. 1-40. (Citado Febrero 25 de 2012). Disponible en Internet. URL: http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-pecies/_archivos/000008Tilapia/071201_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf?PHPSESSID=e5b9f2d7a15cd20fa770fe0e88d6dbe0

PRIETO, Adela. OCAMPO, Ana de. FERNÁNDEZ, Alexis. PÉREZ, Mónica. El empleo de medicina natural en el control de enfermedades de organismos acuáticos y potencialidades de uso en cuba y México. En: Revista especializada en ciencias químico - biológicas. Universidad Nacional autónoma de México, México vol. 8, N. 001. (Junio del 2005). 49 p. (Citado el 7 de abril de 2009). Disponible en internet: <URL: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/432/43200805.pdf>. ISSN 1405-888X.

PRIETO, Camilo y OLIVERA, Martha. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis sp.* Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad de Antioquia, Grupo de Fisiología y Biotecnología de la Reproducción – Biogénesis. Medellín – Colombia. 2002. 6. p. (Citado el 10 Octubre de 2010).

Disponible en Internet. URL:
<http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/78/77>.

SAAVEDRA, Maria. Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua. 2006. 22 p.
Disponible en Internet. URL:
http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf

SHALABY, A. M.; Khattab, Y. A. and Abdel rahman, A. M. (2006). Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *J. Venom. Anim. Toxins Incl. Trop. Dis.*, 12. (2): 178 pp.

SOLTAN, M. A. and El-Laithy, S. M. (2008). Effect of probiotics and some spices as feed additives on the performance and behaviour of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Egypt. J. Aquat. Biol. and Fish.*, 12. (2): 63-80. SPSS 14.0 statistical program for windows, Copyright © SPSS Inc.

RINGO, E., y OLSEN, R. Electron microscopy of the intestinal microflora of fish. *Aquaculture*, 2003. 227. p.

RAMIREZ, Reinaldo. Memorias V seminario internacional de acuicultura. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional, 2005. 212. p.

RONDÓN, B. Inmunoestimulantes en medicina veterinaria. . En: Revista electrónica Orinoquia, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. Volumen 8, N. 2, (noviembre, 2004). (Citado el 9 de marzo de 2011). Disponible en internet: <URL: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/896/89680206.pdf>. ISSN 0121-3709.

RODRIGUEZ, Nathaly. 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. 89. p.

SERRA, Núria. Ajo poderoso depurativo. *Mi Herbolario*. Revista N° 56. (Febrero del 2012). (Citado el 27 de Febrero de 2012). Disponible en internet: URL: <http://www.miherbolario.com/articulos/salud/68/ajo-poderoso-depurativo>

SOLARTE, Portilla, Carlos. GARCÍA, Hernán. IMUEZ, Marco Antonio. Bioestadística. Aplicaciones en producción y salud animal. Editorial Universitaria-Universidad de Nariño. Pasto. 2009. 301. p.

CARDENAS, Terán, Viviana y LÓPEZ, Aux, José. Evaluación del efecto de la inclusión de probióticos e inmunoestimulantes en un alimento comercial, en el crecimiento y supervivencia de alevinos de arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) en condiciones de laboratorio. Florencia, Colombia. 2009.146. p. Trabajo de grado (Ingeniero en producción acuícola). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos.

VILLAMAR, Ochoa. CA. Acuicultura orgánica-ecológica: Aplicación de productos naturales en sustitución de químicos en los procesos de cría de camarones en cautiverio. Revista AquaTIC, N. 10. (Junio 2000). Disponible en internet: <URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=84>>

VILLAMIL, Luisa, SANJUAN Adolfo, MARTÍNEZ, María, OSPINA Amparo y REYES Carolina. Evaluación de bacterias probióticas sobre la expresión de genes de defensa, resistencia a infecciones e incremento en peso de tilapia nilótica. Disponible en Internet. URL http://boletin.utadeo.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=323:qevaluacion-de-bacterias-probioticas-sobre-la-expresion-de-genes-de-defensa-resistencia-a-infecciones-e-incremento-en-peso-de-tilapia-niloticaq&catid=63:septiembre-15&Itemid=89

Y-B WANG et al. Probiotics in aquaculture: Challenges and outlook. Aquacultura. 1 – 4 p.

ANEXOS

Anexo A. Registro de Oxígeno (mg/l) promedio diario.

DIAS	T1			T2			T3			T4		
	R1	R2	R3									
1	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67	6.67
2	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16	6.16
3	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47	6.47
4	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29
5	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20
6	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
7	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28
8	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
9	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22
10	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20
11	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
12	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33	6.33
13	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17
14	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07	6.07
15	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17	6.17
16	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24	6.24
17	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27	6.27
18	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05
19	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12	6.12
20	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
21	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13	6.13
22	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10	6.10
23	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53
24	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22
25	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38	7.38
26	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72	7.72
27	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35
28	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
29	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22
30	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04

Anexo B. Registro de pH promedio diario.

DIA	T1			T2			T3			T4		
	R1	R2	R3									
1	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37
2	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53
3	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
4	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54	6.54
5	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40
6	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43
7	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43
8	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
9	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
10	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
11	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
12	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55
13	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
14	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
15	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
16	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
17	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
18	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
19	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
20	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60	6.60
21	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43
22	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30	6.30
23	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37	6.37
24	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40
25	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43	6.43
26	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40
27	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
28	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
29	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
30	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50

Anexo C. Registro de Temperatura (°C) promedio diario.

DIA	T1			T2			T3			T4		
	R1	R2	R3									
1	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60	27.60
2	27.10	27.10	27.10	27.10	27.10	27.10	27.10	27.10	27.10	27.10	27.10	27.10
3	26.83	26.83	26.83	26.83	26.83	26.83	26.83	26.83	26.83	26.83	26.83	26.83
4	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
5	27.79	27.79	27.79	27.79	27.79	27.79	27.79	27.79	27.79	27.79	27.79	27.79
6	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68
7	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78	27.78
8	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90
9	27.70	27.70	27.70	27.70	27.70	27.70	27.70	27.70	27.70	27.70	27.70	27.70
10	27.82	27.82	27.82	27.82	27.82	27.82	27.82	27.82	27.82	27.82	27.82	27.82
11	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90
12	27.58	27.58	27.58	27.58	27.58	27.58	27.58	27.58	27.58	27.58	27.58	27.58
13	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63
14	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65
15	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63
16	28.11	28.11	28.11	28.11	28.11	28.11	28.11	28.11	28.11	28.11	28.11	28.11
17	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65
18	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68
19	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65
20	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63
21	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68
22	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65
23	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80	27.80
24	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90	27.90
25	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68
26	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65	26.65
27	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63	27.63
28	27.97	27.97	27.97	27.97	27.97	27.97	27.97	27.97	27.97	27.97	27.97	27.97
29	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68	27.68
30	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80	25.80

Anexo D. Registro de los valores de peso y talla promedio.

Tratamiento	Replica	Muestra	Peso (mg)	Talla (mm)
1	1	1	103,538	17,265
1	1	2	164,310	17,375
1	1	3	124,970	17,448
1	1	4	108,804	17,309
1	1	5	148,885	16,860
1	1	6	117,949	17,797
1	1	7	137,883	17,600
1	1	8	106,881	17,348
1	1	9	100,146	17,750
1	1	10	110,085	17,758
1	2	1	111,263	16,866
1	2	2	171,620	16,964
1	2	3	131,843	16,684
1	2	4	116,409	17,325
1	2	5	158,434	17,245
1	2	6	126,139	17,113
1	2	7	145,930	17,150
1	2	8	114,501	17,080
1	2	9	106,385	16,804
1	2	10	118,458	17,830
1	3	1	119,001	17,470
1	3	2	179,506	17,394
1	3	3	139,904	17,593
1	3	4	123,653	17,628
1	3	5	165,279	17,445
1	3	6	133,288	17,778
1	3	7	152,354	17,535
1	3	8	123,520	17,593
1	3	9	112,685	17,162
1	3	10	125,601	17,797
2	1	1	135,550	17,849
2	1	2	148,200	17,870
2	1	3	152,640	17,447
2	1	4	141,715	17,547
2	1	5	126,990	17,835
2	1	6	147,515	17,978
2	1	7	139,240	18,251

Tratamiento	Replica	Muestra	Peso (mg)	Talla (mm)
2	1	8	260,745	17,570
2	1	9	201,815	17,933
2	1	10	150,390	17,722
2	2	1	139,910	19,128
2	2	2	149,438	19,511
2	2	3	157,906	19,084
2	2	4	146,622	19,035
2	2	5	129,290	19,365
2	2	6	149,899	19,205
2	2	7	142,734	19,559
2	2	8	267,355	18,944
2	2	9	207,806	19,339
2	2	10	154,847	18,812
2	3	1	141,503	17,651
2	3	2	152,773	18,072
2	3	3	160,275	17,930
2	3	4	146,895	17,884
2	3	5	131,085	17,888
2	3	6	153,133	17,818
2	3	7	145,428	17,901
2	3	8	272,615	17,891
2	3	9	211,878	17,995
2	3	10	158,068	17,871
3	1	1	142,973	18,218
3	1	2	127,928	18,148
3	1	3	138,240	18,563
3	1	4	227,800	17,628
3	1	5	195,778	18,990
3	1	6	131,535	18,890
3	1	7	193,128	18,418
3	1	8	137,823	18,063
3	1	9	120,350	18,418
3	1	10	111,098	18,023
3	2	1	143,948	17,898
3	2	2	128,430	17,583
3	2	3	139,068	17,893
3	2	4	231,348	17,728
3	2	5	198,353	18,385
3	2	6	132,153	17,905
3	2	7	195,630	18,055
3	2	8	138,645	17,875
3	2	9	120,628	18,418

Tratamiento	Replica	Muestra	Peso (mg)	Talla (mm)
3	2	10	111,108	18,000
3	3	1	139,838	18,613
3	3	2	124,473	18,280
3	3	3	135,005	18,365
3	3	4	226,843	18,350
3	3	5	194,078	18,330
3	3	6	128,160	18,738
3	3	7	191,303	18,480
3	3	8	134,588	18,253
3	3	9	116,663	18,783
3	3	10	107,110	18,103
4	1	1	126,363	16,428
4	1	2	114,788	16,205
4	1	3	167,143	16,333
4	1	4	114,023	16,455
4	1	5	200,208	16,305
4	1	6	121,663	16,473
4	1	7	166,690	16,435
4	1	8	112,143	16,575
4	1	9	123,788	16,380
4	1	10	111,280	16,533
4	2	1	129,285	15,748
4	2	2	118,088	16,088
4	2	3	170,560	15,960
4	2	4	118,145	15,825
4	2	5	206,318	15,783
4	2	6	124,015	15,810
4	2	7	170,538	15,745
4	2	8	115,993	15,938
4	2	9	128,138	15,945
4	2	10	115,693	16,125
4	3	1	143,600	17,775
4	3	2	122,728	17,848
4	3	3	173,823	17,530
4	3	4	119,263	18,138
4	3	5	211,818	17,242
4	3	6	126,528	17,378
4	3	7	173,778	17,445
4	3	8	119,378	17,465
4	3	9	130,718	17,605
4	3	10	117,293	17,313

Anexo E. Registro de alimentación diaria (en gramos) por tratamiento.

DIAS	T1			T2			T3			T4		
	R1	R2	R3									
1	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
2	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
3	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
4	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
5	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
6	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
7	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
8	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36	3.36
9	6.36	5.87	6.27	7.44	7.33	7.30	15.23	12.40	17.54	7.55	7.17	7.41
10	6.36	5.87	6.27	7.44	7.33	7.30	15.23	12.40	17.54	7.55	7.17	7.41
11	6.36	5.87	6.27	7.44	7.33	7.30	15.23	12.40	17.54	7.55	7.17	7.41
12	6.36	5.87	6.27	7.44	7.33	7.30	15.23	12.40	17.54	7.55	7.17	7.41
13	6.36	5.87	6.27	7.44	7.33	7.30	15.23	12.40	17.54	7.55	7.17	7.41
14	6.36	5.87	6.27	7.44	7.33	7.30	15.23	12.40	17.54	7.55	7.17	7.41
15	6.36	5.87	6.27	7.44	7.33	7.30	15.23	12.40	17.54	7.55	7.17	7.41
16	6.36	5.87	6.27	7.44	7.33	7.30	15.23	12.40	17.54	7.55	7.17	7.41
17	17.29	16.66	20.26	28.95	29.64	30.29	26.51	23.56	23.90	22.34	22.82	23.29
18	17.29	16.66	20.26	28.95	29.64	30.29	26.51	23.56	23.90	22.34	22.82	23.29
19	17.29	16.66	20.26	28.95	29.64	30.29	26.51	23.56	23.90	22.34	22.82	23.29
20	17.29	16.66	20.26	28.95	29.64	30.29	26.51	23.56	23.90	22.34	22.82	23.29
21	17.29	16.66	20.26	28.95	29.64	30.29	26.51	23.56	23.90	22.34	22.82	23.29
22	17.29	16.66	20.26	28.95	29.64	30.29	26.51	23.56	23.90	22.34	22.82	23.29
23	17.29	16.66	20.26	28.95	29.64	30.29	26.51	23.56	23.90	22.34	22.82	23.29
24	17.29	16.66	20.26	28.95	29.64	30.29	26.51	23.56	23.90	22.34	22.82	23.29
25	24.75	23.52	28.29	42.69	43.93	44.62	38.16	38.78	39.12	36.14	37.11	37.83
26	24.75	23.52	28.29	42.69	43.93	44.62	38.16	38.78	39.12	36.14	37.11	37.83
27	24.75	23.52	28.29	42.69	43.93	44.62	38.16	38.78	39.12	36.14	37.11	37.83
28	24.75	23.52	28.29	42.69	43.93	44.62	38.16	38.78	39.12	36.14	37.11	37.83
29	24.75	23.52	28.29	42.69	43.93	44.62	38.16	38.78	39.12	36.14	37.11	37.83
30	24.75	23.52	28.29	42.69	43.93	44.62	38.16	38.78	39.12	36.14	37.11	37.83

Anexo F. Registro de Mortalidad promedio diario.

DIA	T1			T2			T3			T4		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	4	3	3	1	1	-	-	1	-	2	3	-
2	39	56	67	9	10	26	12	10	8	12	12	17
3	71	92	87	19	20	14	15	9	10	15	14	14
4	93	127	89	21	17	9	11	11	13	15	19	16
5	50	43	31	9	8	7	8	14	12	13	14	24
6	60	51	48	7	11	12	3	6	8	11	14	7
7	34	39	18	7	12	7	8	9	12	14	11	9
8	38	53	24	9	12	10	9	12	9	12	15	11
9	36	35	32	10	9	10	7	7	14	13	14	10
10	44	44	23	8	9	7	3	4	6	11	11	11
11	18	29	47	10	6	8	2	7	4	8	16	12
12	26	44	35	8	5	8	3	4	7	12	17	14
13	26	40	27	17	11	9	9	9	13	15	11	18
14	46	48	30	5	7	7	5	10	9	13	13	20
15	33	60	22	7	4	8	2	5	6	10	8	7
16	30	40	26	6	9	13	2	4	4	12	10	11
17	70	41	18	7	9	10	7	8	9	7	12	8
18	36	37	24	9	8	9	7	6	15	11	8	7
19	30	36	18	6	7	6	3	4	4	15	9	12
20	36	18	15	17	10	7	2	7	5	12	7	11
21	28	32	27	10	9	10	3	4	8	9	10	10
22	26	37	17	13	5	7	8	10	11	15	10	19
23	27	35	13	11	6	11	5	8	10	15	11	19
24	29	29	24	5	5	2	2	6	5	8	8	7
25	28	48	26	6	3	8	3	4	5	3	4	9
26	31	42	23	8	4	4	7	8	10	7	11	8
27	35	40	36	6	5	4	7	6	14	7	6	8
28	50	71	58	5	8	6	2	3	2	4	4	4
29	67	101	83	6	4	4	2	3	4	1	4	8
30	40	38	24	2	5	2	2	3	4	2	3	8

Anexo G. Análisis de varianza para peso inicial de siembra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	7,75667E-7	3	2,58556E-7	0,39	0,7585
Intra grupos	0,000155474	236	6,58787E-7		
Total (Corr.)	0,000156249	239			

Indica que no existen diferencias estadísticas significativas

Anexo H. Análisis de Varianza para Incremento de Peso Semanal

Modelos Lineales Generales

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 3

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Modelo	150044,0	119	1260,87		
Residuos	0,0	0			
Total (Corr.)	150044,0	119			

Sumas de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Tratamiento	19832,2	3	6610,72	29,35	0,0001
EE	1801,59	8	225,199	0,19	0,9919
Error de muestreo	128410,0	108	1188,98		
Residuos	0,0	0			
Total (corregido)	150044,0	119			

Anexo I. Prueba Tukey para Incremento de Peso Semanal

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD				
tratamiento	Recuento	LS Media	LS Sigma	Grupos Homogéneos
1	30	129,974	2,73982	X
4	30	139,793	2,73982	XX
3	30	152,134	2,73982	XX
2	30	164,142	2,73982	X

Contraste	Diferencia	+/- Limites
1 - 2	*-34,1679	12,4037
1 - 3	*-22,16	12,4037
1 - 4	-9,81883	12,4037
2 - 3	12,0078	12,4037
2 - 4	*24,349	12,4037
3 - 4	12,3412	12,4037

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Anexo J. Análisis de varianza para talla inicial de siembra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0408333	3	0,0136111	1,10	0,3497
Intra grupos	2,919	236	0,0123686		
Total (Corr.)	2,95983	239			

Indica que no existen diferencias estadísticas significativas

Anexo K. Análisis de varianza para Incremento de Longitud semanal

Modelos Lineales Generales

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 3

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Modelo	0,928517	119	0,00780266		
Residuos	0,0	0			
Total (Corr.)	0,928517	119			

Sumas de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Tratamiento	0,569549	3	0,18985	5,20	0,0277
EE	0,292125	8	0,0365156	59,00	0,0000
Error de muestreo	0,0668436	108	0,000618923		
Residuos	0,0	0			
Total (corregido)	0,928517	119			

Anexo L. Prueba de Tukey para Incremento de Longitud semanal

Tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
4	30	1,66276	X
1	30	1,73655	X
3	30	1,82465	X
2	30	1,82962	X
Contraste		Diferencias	+/- Límites
1 - 2	*	-0,0930633	0,0374389
1 - 3	*	-0,0880933	0,0374389
1 - 4	*	0,0737933	0,0374389
2 - 3		0,00497	0,0374389
2 - 4	*	0,166857	0,0374389
3 - 4	*	0,161887	0,0374389

* indica una diferencia significativa.

Anexo M. Análisis de varianza para Tasa de Crecimiento Simple

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	5,52693	3	1,84231	4,70	0,0039
Intra grupos	45,4819	116	0,392085		
Total (Corr.)	51,0088	119			

Anexo N. Prueba de Tukey para Tasa decrecimiento Simple

Tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
T3	3	0,0158	X
T1	3	0,0222	X
T4	3	0,0229333	X
T2	3	0,0248333	X
Contraste		Diferencias	+/- Límites
T2-T4		0,0019	0,00412171
T2-T3		*0,00903333	0,00412171
T1-T2		0,00263333	0,00412171
T4-T3		*0,00713333	0,00412171
T4-T1		0,000733333	0,00412171
T3-T1		*-0,0064	0,00412171

* indica una diferencia significativa.

Anexo O. Prueba de Brand Snedecor para Supervivencia

TRATAMIENTOS					
Respuesta	T1	T2	T3	T4	Total
Éxito	3.595,00	6.452,00	6.598,00	6.248,00	22.893,00
Fracaso	3.605,00	748,00	602,00	952,00	5.907,00
Total	7.200,00	7.200,00	7.200,00	7.200,00	28.800,00
Pi	0,499	0,896	0,916	0,868	0,795
Pi*a _i	1.795,003	5.781,709	6.046,334	5.421,876	18.197,550

Condiciones de decisión

$$n = 4$$

$$n - 1 = 3$$

$$\text{Alfa} = 0,05$$

$$1 - \text{alfa} = 0,95$$

$$p = 0,795$$

$$q = (1 - p) = 0,205$$

$$\chi^2_c = 5197,436$$

$$\chi^2_{t(1-\text{alfa})} = 7,81$$

Decisión: Existen diferencias estadísticas significativas

Anexo P. Análisis de varianza para oxígeno.

Modelos Lineales Generales

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 3

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Sumas de cuad.	GI	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	0,0	3	0,0	0,00	1,0000
Residuo	84,0576	356	0,236117		

Total (Corr.)	84,0576	359			
---------------	---------	-----	--	--	--

Sumas de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Tratamiento	0,0	3	0,0		
EE	0,0	8	0,0	0,00	1,0000
Error de muestreo	84,0576	348	0,241545		
Residuos	0,0 0				

Total (corregido)	84,0576	359			
-------------------	---------	-----	--	--	--

Anexo Q. Análisis de la Varianza para temperatura

Modelos Lineales Generales

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 3

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Sumas de cuad.	GI	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0	3	0,0	0,00	1,0000
Intra grupos	100,479	356	0,282243		
Total (Corr.)	100,479	359			

Sumas de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Tratamiento		0,0	3	0,0	
EE0,0			8	0,0	0,00
Error de muestreo	100,479	348	0,288732		1,0000
Residuos	9,04286E-10	0			
Total (corregido)	100,479	359			

Anexo R. Análisis de varianza para pH

Modelos Lineales Generales

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 3

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Sumas de cuad.	GI	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	0,0	3	0,0	0,00	1,0000
Residuo	2,62064	356	0,00736135		
Total (Corr.)	2,62064	359			

Sumas de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	F-Ratio	P-Valor
Tratamiento	0,0	3	0,0		
EE	0,0	8	0,0	0,00	1,0000
Error de muestreo	2,62064	348	0,00753057		
Residuos	0,0	0			
Total (corregido)	2,62064	359			