

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

JOSÉ ALEXANDER LÓPEZ AUX
VIVIANA DEL CARMEN CÁRDENAS TERÁN

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

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

JOSE ALEXANDER LOPEZ AUX
VIVIANA DEL CARMEN CÁRDENAS TERÁN

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

Presidente
HUGO HERNÁN FRANCO ROJAS
Biólogo (c) MSc

Copresidente
WILMER RENÉ SANGUINO ORTÍZ
Ingeniero en Producción Acuícola

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

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

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

NOTA DE ACEPTACIÓN:

HUGO HERNÁN FRANCO ROJAS
Presidente Trabajo de grado

WILMER RENÉ SANGUINO ORTÍZ
Copresidente Trabajo de grado

PILAR NARVÁEZ ERASO
Jurado delegado

GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ
Jurado

San Juan de Pasto, Mayo del 2010

AGRADECIMIENTOS

Expresamos los más sinceros agradecimientos a:

HUGO HERNÁN FRANCO ROJAS	Biólogo, (c) MSc. Investigador de ACUICA
WILMER RENÉ SANGUINO ORTÍZ	Ingeniero en Producción Acuícola. Director Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño
PILAR NARVÁEZ ERASO	Zootecnista. Técnica Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño
GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ	Ingeniera en Producción Acuícola. Técnica Química Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño
LUZ NANCY QUINTERO RAMIREZ	Zootecnista. Ex directora ejecutiva de ACUICA
ERIC GIOVANNY ARGUMEDO TRILLERAS	Acuicultor. Director Técnico ACUICA
MARCO ANTONIO IMUEZ FIGUEROA	Zootecnista. Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista. Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño
PIEDAD MEJÍA SANTACRUZ	Secretaria del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño
OSCAR MEJÍA SANTACRUZ	Auxiliar del Centro de Documentación Especializada del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño

A todo el equipo profesional y socios de la Asociación de Acuicultores del Caquetá, al programa de Ingeniería en Producción Acuícola y a todas las personas que de alguna u otra manera colaboraron en el desarrollo de esta investigación.

Dedico a:

Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

Mi mamá Yolanda Alicia, por ser mi mejor consejera tanto en los días de sol como de lluvia; por haber estado ahí en aquellas ocasiones en que lloré ante mis derrotas y por haberme motivado a intentarlo otra vez. Muchas gracias mamá por todo lo que has hecho; conseguiste tu propósito, soy hombre de provecho. Te acuerdas de aquellos duros golpes que recibí y no me pude mover, pero tú me levantabas cuando todo lo que hacía era perder. Ahora tengo mando en la partida de la vida, por fin estoy ganando, he llegado lejos, seguí tus sabios consejos. Gracias por haber tenido la sabiduría para saber cuándo tenías que ser condescendiente conmigo y cuando la firmeza tenía que ir primero; por haber sido flexible en aquellas cosas que no eran importantes e inflexible ante aquellas que lo eran, pues todo eso forjó mi carácter. Solo quiero que sepas que Dios te bendiga y siempre estaré de acuerdo en cada cosa que tú digas

Mis hermanos John, Julián, Miriam y mi sobrino Andrés por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar.

Mi amiga Viviana Cárdenas, por su infinita paciencia y comprensión, por estar siempre en el lugar y el tiempo preciso, por ser una persona honesta, sincera, leal, e incondicional.

JOSÉ ALEXANDER LÓPEZ AUX

Dedico a:

Dios por ser esa fuerza celestial, mi guía espiritual y quien “no manda cosas imposibles, sino que, al mandar lo que manda te invita a hacer lo que puedas y pedir lo que no puedas y te ayuda para que puedas”

San Agustín

Mis padres Mariela del Carmen y Luis Alejandro, por el inmenso amor, el apoyo incondicional, por enseñarme a correr por la vida y ayudarme a levantar cuando estuve caída. Por enseñarme que detrás de cada día nublado existe uno claro y lleno de sol. Por enseñarme a ser un mejor ser humano, por enseñar a dar a mis semejantes sin esperar a nada cambio. Por llamarme la atención cuando lo necesité y corregirme cuando hice algo malo. Por enseñarme a caminar en la vida, por ser unos ángeles que su destello ilumina toda oscuridad en mi vida y porque ustedes se sacrificaron y lo dieron todo para que hoy concluya una etapa más de mi formación integral. Gracias por ser mis dulces y adorados padres.

Mi hermano Alejandro, por su cariño, su alegría, por creer en mí y por los momentos inolvidables juntos vividos.

Mi hermana Liliana, por su preocupación y por tener siempre abierta la puerta de su generoso corazón.

Mi amigo José Alexander, por las experiencias y las ilusiones compartidas, sus sabios consejos y su ejemplo a seguir. “Se que en ti tengo a alguien en quien puedo confiar y en cuya sinceridad puedo creer”.

VIVIANA DEL CARMEN CÁRDENAS TERÁN

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	21
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
3. OBJETIVOS	24
3.1 OBJETIVO GENERAL	24
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
4. MARCO TEÓRICO	25
4.1 BIOECOLOGÍA DE LA ARAWANA PLATEADA	25
4.2 ALIMENTACIÓN	26
4.3 ASPECTOS REPRODUCTIVOS	27
4.3.1 Selección de parentales	27
4.3.2 Comportamiento reproductivo	27
4.3.3 Pesca de incubantes y extracción de larvas	28
4.4 LEVANTE, ACOPIO Y TRANSPORTE	29
4.5 PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y AMBIENTALES PARA LA CRÍA DE ARAWANAS	30
4.5.1 Temperatura	30
4.5.2 Transparencia	30
4.5.3 Oxígeno disuelto	30
4.5.4 Alcalinidad y dureza total	31
4.5.5 Potencial de hidrogeniones ó pH	31
4.6 USO DE PROBIÓTICOS EN ACUICULTURA	32
4.6.1 Selección de probióticos	34
4.6.2 Pruebas en camarón	34
4.6.3 Pruebas en peces	35
4.7 USO DE INMUNOESTIMULANTES	36
4.8 PRUEBAS DE ESTRÉS	38
5. DISEÑO METODOLÓGICO	41
5.1 LOCALIZACIÓN	41
5.2 PERIODO DE ESTUDIO	42
5.3 MATERIAL BIOLÓGICO	42
5.4 INSTALACIONES	42
5.5 MATERIALES Y EQUIPOS	43
5.5.1 Materiales	43
5.5.2 Equipos	44
5.5.3 Insumos	44
5.6 PLAN DE MANEJO	45
5.6.1 Extracción de larvas	45
5.6.2 Siembra y aclimatación	46
5.6.3 Entrenamiento alimentario	46
5.6.4 Manejo de alevinos	48

5.6.5	Preparación alimento	48
5.6.6	Alimentación	50
5.6.7	Muestreos	50
5.6.8	Recambios de agua	51
5.6.9	Profilaxis	51
5.6.10	Toma de parámetros físicos y químicos	51
5.6.11	Registros de alimentación	52
5.7	TRATAMIENTOS	52
5.8	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	52
5.9	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	53
5.10	VARIABLES EVALUADAS	53
5.10.1	Tasa de crecimiento específica (TCE)	53
5.10.2	Porcentaje de sobrevivencia (%S)	54
5.10.3	Incremento de Longitud Semanal (ILS)	54
5.10.4	Incremento de Peso Semanal (IPS)	54
5.10.5	Conversión Alimenticia Aparente (CAA)	54
5.10.6	Relación de Eficiencia Proteica (REP)	55
5.10.7	Eficiencia alimenticia (EA)	55
5.10.8	Análisis parcial de costos (B-C)	55
5.11	OTROS PARÁMETROS DE OBSERVACIÓN	55
5.11.1	Talla de comercialización	55
5.11.2	Prueba de estrés	56
6.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	57
6.1	PESO INICIAL DE SIEMBRA	57
6.2	INCREMENTO DE PESO SEMANAL	57
6.3	LONGITUD INICIAL DE SIEMBRA	62
6.4	INCREMENTO DE LONGITUD SEMANAL	62
6.5	TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICA (TCE)	65
6.6	CONVERSIÓN ALIMENTICIA APARENTE (CAA)	67
6.7	RELACIÓN DE EFICIENCIA PROTEICA (REP)	69
6.8	EFICIENCIA ALIMENTICIA (EA)	71
6.9	SOBREVIVENCIA	73
6.10	ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS	74
6.11	OTROS PARÁMETROS DE OBSERVACIÓN	76
6.11.1	Talla de comercialización	76
6.11.1	Prueba de estrés	77
6.12	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA	78
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
7.1	CONCLUSIONES	81
7.2	RECOMENDACIONES	82
	BIBLIOGRAFÍA	83
	ANEXOS	88

LISTA DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1.	Cantidad de larvas recolectadas por reproductor de arawana	46
Tabla 2.	Proceso de adaptación a la dieta seca	47
Tabla 3.	Cantidad de insumos utilizados por tratamiento	50
Tabla 4.	Peso promedio inicial para cada tratamiento	57
Tabla 5.	Resumen estadístico para Incremento de Peso Semanal	58
Tabla 6.	Longitud promedio inicial para cada tratamiento	62
Tabla 7.	Resumen estadístico para Incremento de Longitud Semanal	63
Tabla 8.	Tasa de Crecimiento Específica durante el ensayo	65
Tabla 9.	Tasa de Crecimiento Específico en arawana plateada	66
Tabla 10.	Conversión Alimenticia Aparente promedio por tratamiento	67
Tabla 11.	Relación de Eficiencia Proteica promedio	70
Tabla 12.	Eficiencia Alimenticia promedio	71
Tabla 13.	Sobrevivencia de alevinos para cada tratamiento	73
Tabla 14.	Costos totales del ensayo	75
Tabla 15.	Resumen del cálculo de la relación beneficio costo	76
Tabla 16.	Talla promedio por cada mes de muestreo	77
Tabla 17.	Parámetros físicos y químicos promedio por tratamiento	78

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Juveniles y reproductores de arawana plateada	25
Figura 2. Localización geográfica	41
Figura 3. Estación Piscícola VAI-ACUICA	42
Figura 4. Laboratorio Estación piscícola VAI	43
Figura 5. Pesca y extracción de larvas de arawana plateada	45
Figura 6. Distribución de animales en las unidades experimentales	48
Figura 7. Pesaje del alimento comercial y preparación del almidón	49
Figura 8. Insumos y preparación del alimento por micromezcla	49
Figura 9. Pesaje del alimento preparado y almacenamiento	50
Figura 10. Pesaje y medición de alevinos	51
Figura 11. Recambio de agua y filtro UV	51
Figura 12. Empaque de arawanas	56
Figura 13. Incremento total de peso promedio semanal	58
Figura 14. Comportamiento del incremento de peso promedio semanal	60
Figura 15. Crecimiento promedio semanal durante el ensayo	61
Figura 16. Peso promedio obtenido al final del estudio	61
Figura 17. Incremento de peso promedio obtenido al final del estudio	62
Figura 18. Comportamiento del incremento de longitud semanal	63
Figura 19. Incremento de longitud total promedio semanal	64
Figura 20. Curva de la longitud promedio semanal durante el ensayo	64
Figura 21. Tasa de Crecimiento Específica promedio diaria	65
Figura 22. Comportamiento de la Tasa de Crecimiento Específica	67
Figura 23. Conversión Alimenticia Aparente durante el ensayo	68
Figura 24. Curva de la Conversión Alimenticia Aparente semanal	69
Figura 25. Relación de Eficiencia Proteica (REP) promedio	71
Figura 26. Eficiencia Alimenticia (EA) promedio total por tratamiento	72
Figura 27. Comportamiento de la Eficiencia Alimenticia	73
Figura 28. Relación beneficio costo por tratamiento	76
Figura 29. Curva de temperatura promedio semanal por tratamiento	79
Figura 30. Curva de oxígeno promedio semanal por tratamiento	79
Figura 31. Curva de pH promedio semanal por tratamiento	80

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Registro de los valores de peso y talla promedios	89
Anexo 2. Registro de Temperatura (°C) promedio semanal	94
Anexo 3. Registro de pH promedio semanal por tratamiento	95
Anexo 4. Registro de Oxígeno (mg/l) promedio semanal	96
Anexo 5. Registro de Conductividad (µs) promedio semanal	97
Anexo 6. Registro de Alcalinidad (mg/l) promedio semanal	98
Anexo 7. Registro de alimentación diaria (en gramos) por tratamiento	99
Anexo 8. Bitácora de seguimiento prueba de estrés	102
Anexo 9. Análisis de varianza para peso inicial de siembra	103
Anexo 10. Análisis de la Varianza para Incremento de Peso total	104
Anexo 11. Prueba Tukey para Incremento de Peso total	105
Anexo 12. Análisis de varianza para longitud inicial de siembra	106
Anexo 13. Análisis de varianza para Incremento de Longitud total	107
Anexo 14. Prueba de Tukey para Incremento de Longitud total	108
Anexo 15. Análisis de varianza para Tasa de Crecimiento Específico	109
Anexo 16. Análisis de varianza para Conversión Alimenticia Aparente	110
Anexo 17. Prueba de Tukey para Conversión Alimenticia Aparente	111
Anexo 18. Análisis de varianza para Relación de Eficiencia Proteica	112
Anexo 19. Prueba de Tukey para Relación de Eficiencia Proteica	113
Anexo 20. Análisis de varianza para Eficiencia Alimenticia	114
Anexo 21. Prueba de Tukey para Eficiencia Alimenticia	115
Anexo 22. Prueba de Brand Snedecor para sobrevivencia	116
Anexo 23. Análisis de varianza para Temperatura	117
Anexo 24. Análisis de varianza para pH	118
Anexo 25. Análisis de varianza para Oxígeno	119
Anexo 26. Análisis de varianza para Conductividad	120
Anexo 27. Análisis de varianza para Alcalinidad	121

GLOSARIO

AIREACIÓN: proceso mediante el cual se adiciona aire al agua con el propósito de incrementar los niveles de oxígeno disuelto.

ALEVINO DE ARAWANA: etapa de vida que se inicia una vez que se hayan agotado las reservas vitelinas de la larva. Los individuos en esta fase tienen una talla promedio de 7,0 cm.

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

BABY DE ARAWANA: nombre característico que tiene la arawana cuando aún posee reservas vitelinas, es decir corresponde a su etapa larval.

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

ENTRENAMIENTO ALIMENTARIO: metodología utilizada para lograr la adaptación de animales piscívoros como por ejemplo la arawana y el pirarucú al alimento concentrado comercial en sus etapas iniciales de vida.

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.

SACO VITELINO: es la estructura que almacena los nutrientes que serán la alimentación endógena de las larvas.

RESUMEN

Este proyecto de investigación se desarrolló durante los meses de julio y octubre de 2009 en la Estación Piscícola VAI, perteneciente a la Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA), cuyo propósito fue evaluar el crecimiento, sobrevivencia y costos de producción de alevinos de arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) alimentadas con un balanceado comercial al 50 % de proteína con la adición de probióticos e inmunoestimulantes comerciales en condiciones de laboratorio.

Se estudiaron cuatro tratamientos cada uno con tres réplicas de la siguiente manera:

T0: Alimento concentrado comercial con 50 % de proteína (control)

T1: Alimento concentrado comercial adicionado con 10 g/kg de probiótico

T2: Alimento concentrado comercial adicionado con 10 g/kg de inmunoestimulante

T3: Alimento concentrado comercial adicionado con 5,0 g/kg de probiótico y 5,0 g/kg de inmunoestimulante

Las unidades experimentales fueron conformadas por doce acuarios con una capacidad de 102 litros cada uno. Se sembraron 25 ejemplares de *O. bicirrhosum* en cada unidad a una densidad de 2,4 l/pez, para un total de 300 animales, con un peso promedio de $2,0 \pm 0,26$ g, una longitud total promedio de $7,39 \pm 0,40$ cm y, con una edad de 45 días aproximadamente.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para evaluar el efecto de los tratamientos en cada unidad experimental. Para determinar la existencia de diferencias significativas se aplicó un análisis de varianza ($p < 0,05$) y la prueba de Tukey para establecer el mejor tratamiento.

Se efectuaron muestreos semanales con el fin de evaluar las variables: incremento de peso, incremento de longitud, tasa de crecimiento específico, conversión alimenticia aparente, relación de eficiencia proteica, eficiencia alimenticia, sobrevivencia y relación beneficio costo.

La variable tasa de crecimiento específica no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos. Según el análisis de varianza ($p < 0,05$), las variables incremento de peso, incremento de talla, conversión alimenticia, relación de eficiencia proteica y eficiencia alimenticia registraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Mediante la prueba de Tukey se estableció que el T3, correspondiente a la adición simultánea al alimento balanceado del probiótico y el

inmunoestimulante, fue el mejor tratamiento con valores de $1,52 \pm 0,92\text{g}$ y $1,07 \pm 0,71$ cm semanales para incremento de peso y talla respectivamente; 1,32, 2,25% y 92% para las variables conversión alimenticia aparente, relación de eficiencia proteica y eficiencia alimenticia.

Los porcentajes de sobrevivencia obtenidos por cada tratamiento fueron: 92% para T0 y 98,7% para T1, T2 y T3. Mediante la prueba de Brand Snedecor se determinó que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos siendo los mejores aquellos que incluyeron en la dieta los promotores de crecimiento.

Los resultados en el análisis parcial de costos registraron valores de 2,62 para T0, y 2,8 para T1, T2 y T3. Esto demuestra que la mejor relación beneficio costo en el levante de alevinos de arawana plateada es obtenida mediante la implementación en la alimentación de probióticos e inmunoestimulantes.

ABSTRACT

This Project was carried over July and October 2009, in the piscicultural station VAI what is part of Aquaculturist Association of Caquetá (ACUICA), its purpose was evaluate the growing, surviving and production costs of plated Arawana alevins (*Osteoglossum bicirrhosum*) which were fed with a commercial feed with 50% protein plus probiotic and with commercial immunostimulant in lab conditions.

In this project were studied four treatments each one with three replies, as it follows:

T0: commercial concentrated feed with a 50% of the protein (control)

T1: commercial concentrated feed added 10g/kg of probiotic

T2: commercial concentrated feed added 10g/kg of immunostimulant

T3: commercial concentrated feed added 5,0 of g/kg of probiotic and 5,0 g/kg of immunostimulant.

The experimental units were conformed by twelve aquariums with a capacity of 102l each one. Twenty-five *O. bicirrhosum* copies were seeded in each unit at density of 2,4l/fish, total of 300 animals, a weight between $2,0 \pm 0,26$ g, a longitude total average of $7,39 \pm 0,40$ cm and the age of 45 days almost.

An completely random design (DRC) was used to evaluate the effect of the treatments in each experimental unit. To determine the existence of significant differences, it was applied a variance analysis ($p < 0,05$) and the test of Tukey to establish the best treatment.

Samplings were made weekly with the purpose of evaluating the variables: increase of weight, increase of longitude, rate of specific growing, apparent feed conversion, relationship of protein efficiency, feed efficiency, survival and relationship benefit and cost.

The specific growing rate variable did not show statistical differences among treatments. According to the variance analysis ($p < 0,05$), the variables increase of weight, increase of longitude, apparent feed conversion, relationship of protein efficiency and feed efficiency registered statistical differences among treatments. By means of the test Tukey established that T3, which correspond to the simultaneous addition to the balanced feed of probiotic and the immunostimulant addition, was the best treatment with values of $1,52 \pm 0,92$ g and $1,07 \pm 0,71$ cm by each week for increase of weight and longitude respectively; 1,32, 2,25% y 92% for the variables apparent feed conversion, relationship of protein efficiency, feed efficiency.

The survival percentage obtained by each treatment were: 92% for T0 and 98,7% for T1, T2, and T3. By the Brand Snedecor test was determined that there are statistical differences in the treatments being the better which are promoters of growing.

The results in the partial analysis of costs registered values 2,62 for T0, and 2,8 for T1, T2 and T3. This shows that the better relation in the growing of arawana plated alevins it is obtained by means of the implementation of feeding as probiotics and immunostimulants.

INTRODUCCIÓN

Los cuerpos de agua de la Amazonía Colombiana constituyen una de las principales fuentes de diversidad íctica a nivel mundial, por lo tanto es una región que brinda innumerables posibilidades para el desarrollo de una producción acuícola sostenible. Sin embargo, la creciente presión pesquera sobre estos recursos hidrobiológicos ha generado la disminución de especies de consumo y ornamentales, principalmente aquellas con alta demanda en los mercados regionales, nacionales e internacionales.

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural asegura que: “La arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) constituye un recurso de enorme importancia para las exportaciones colombianas de peces ornamentales, siendo comercializadas cerca de 300.000 larvas en el año 2007”¹. Mojica et al. 2002², aseguran que el excelente precio que alcanza en el mercado internacional (US \$2.5 a 3 /larva) y la creciente demanda del mercado Asiático, han generado una enorme presión pesquera sobre las poblaciones naturales de esta especie endémica de la Amazonía, que actualmente está reportada como especie Vulnerable; sin embargo se continúan extrayendo y exportando bajo modelos que tienden a la extinción o deterioro significativo de las poblaciones naturales.

Existen metodologías básicas para la producción de arawanas en cautiverio, adelantadas en Colombia por piscicultores del piedemonte Amazónico y profesionales vinculados a la Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA). Sin embargo, es necesario la incorporación de nuevos elementos tecnológicos que permitan generar procesos sostenibles, eficiencia en los sistemas productivos y la promoción y fortalecimiento de la piscicultura amazónica con especies nativas.

Esta investigación pretende establecer una metodología adecuada que mejore la producción de arawanas, incrementando el crecimiento, desarrollo y la sobrevivencia de alevinos, formulando dietas alimenticias con la inclusión de probióticos e inmunoestimulantes comerciales, los cuales han demostrado que tienen efectos benéficos en la digestibilidad y salud de los peces. Además de

¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURAY DESARROLLO RURAL. Sistema de información de pesca y acuicultura. Boletín mensual. Captura y comercialización de la arawana. 2009. Bogotá, Colombia. p. 1-3. [citado el 10 de marzo de 2010]. Disponible en internet:<URL: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200962511831_BolMayo2009.pdf>. ISSN 2011 – 8139.

² MOJICA, J.; CASTELLANOS, C.; USMA, J. y ALVAREZ, R. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia: serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá: ICN, Universidad Nacional de Colombia, Min-Ambiente, 2002. p. 180-185.

aportar herramientas técnicas y conceptuales que promuevan la acuicultura ornamental con esta especie, el desarrollo de este estudio constituye un elemento fundamental para garantizar los niveles de productividad y competitividad en calidad y variabilidad fenotípica de los ejemplares comercializados requeridos para lograr satisfacer un amplio margen de la enorme demanda mundial de peces dragón, que crece paralelamente al fortalecimiento de la economía Asiática. De igual manera la tecnología básica generada por esta investigación abre las puertas a la posibilidad de masificar la cría comercial de estas especies como alternativa para garantizar la supervivencia y aprovechamiento racional de estos importantes recursos ícticos nativos.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Dentro del grupo de peces de la Amazonía colombiana con mayor amenaza de extinción se encuentran los representantes suramericanos de la familia Osteoglossidae: el pirarucú (*Arapaima gigas*) se encuentra reportado en el apéndice II del CITES, y la arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) se encuentra reportada en la categoría de Vulnerable (Vu).

Los informes del Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt sostienen que: “desde hace más de tres décadas, *O. bicirrhosum*, ha sido capturada en grandes volúmenes y es catalogada como especie ornamental aprovechable comercialmente”³, logrando ubicarse entre las tres especies de mayor importancia en las exportaciones nacionales de peces ornamentales.

La explotación de este recurso está basada en la decapitación o arponeo de los machos incubantes para extraer de su boca las larvas de arawana, cada uno incubaba en promedio entre 80 y 110 unidades. Rodríguez Sierra et al⁴., estiman el potencial de explotación de *O. bicirrhosum* en 2.370.000 unidades en el sector fronterizo de Colombia con Brasil y Perú. Mancera y Álvarez⁵, afirman que la mayor comercialización de la especie se encuentra en los periodos de veda, en los cuales está prohibida su captura, almacenamiento, comercialización y transporte en las cuencas de los ríos Putumayo, Caquetá y tributarios, ya que ésta es su época de reproducción y reclutamiento. Los mismos autores aseguran que aparte de la extracción de las larvas, cerca de 10.000 padrotes son sacrificados anualmente; esto sin tener en cuenta la mortalidad de larvas entre el momento de la captura y los despachos a los países de destino.

³ COLOMBIA. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Biocomercio sostenible. 2002, Información básica sobre el mercado mundial de peces ornamentales. Bogotá, Colombia: 2002. p.4-7. [citado el 15 de enero de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://www.humboldt.org.co/obio/simbio/documentos/Sondeo%20del%20Mercado%20de%20peces_ornamentales.pdf>.

⁴ RODRIGUEZ, C.; LANDINES, M. y ALONSO, J. Análisis situacional de la pesca de “arawana” *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) (Osteoglossiformes: Osteoglossidae) en el sector fronterizo Brasil-Colombia-Perú. Universidad de Antioquia. Memorias X Simposio Colombiano de Ictiología 2009. Acta Biol. 31. p.159

⁵ MANCERA, N y ÁLVAREZ, L. Comercio de peces ornamentales en Colombia. [en línea]. En: Acta biológica colombiana. Bogotá, Colombia: Vol. 13, N.1, (febrero, 2008). p. 25-30. [citado el 1 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n1/v13n1a2.pdf>>.

Uno de los problemas del manejo de especies nativas ornamentales es el desconocimiento de su biología y la alta mortalidad post- captura, de allí la importancia de la investigación y la reorientación del modelo de explotación de los recursos ícticos hacia la implementación de sistemas de producción en cautiverio que permitan mejorar los niveles de producción y por lo tanto lograr el crecimiento y la sostenibilidad socioeconómica, ambiental y política de la comercialización de peces ornamentales como importante fuente de empleo y divisas. En el caso de *O. bicirrhosum*, Urueña⁶, sostiene que el inadecuado manejo de las larvas y alevinos en centros de acopio y bodegas de exportación llevan a la pérdida de aproximadamente el 60% de esta descendencia, por lo tanto es imperativo realizar investigaciones orientadas a la reproducción de esta especie en cautiverio, así como también, al establecimiento de protocolos de manejo adecuado para larvas, juveniles y adultos en condiciones controladas.

La arawana plateada es una de las especies con mayor demanda y mejores precios en los mercados internacionales. La tecnología para su producción en cautiverio está siendo ejecutada en el departamento del Caquetá por piscicultores del piedemonte amazónico asociados a ACUICA. Sin embargo, durante el manejo de esta especie en sus etapas de larvicultura y alevinaje se presentan altas mortalidades debido a la susceptibilidad que manifiesta ante el ataque por patógenos (hongos, bacterias y parásitos), anorexia, cambios bruscos de calidad de agua y del tipo de alimento, lo que disminuye su capacidad de alimentación y por lo tanto la asimilación de nutrientes.

⁶ URUEÑA, F. Elaboración de un protocolo de manejo de larvas de arawana plateada *Osteoglossum bicirrhosum* en cautiverio. En: CD Memorias IV Seminario Internacional de Acuicultura. Universidad Nacional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bogotá, Colombia. 2003. p.5.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto de la utilización de un alimento con probióticos e inmunoestimulantes en el crecimiento y sobrevivencia de alevinos de arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) mantenidos en condiciones de cautiverio?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el 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 cautiverio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir el incremento de peso y talla de alevinos de arawana en cada uno de los tratamientos durante el tiempo de la investigación.
- Determinar la sobrevivencia de alevinos de arawana en cada tratamiento.
- Establecer la tasa de crecimiento específico en cada uno de los tratamientos a evaluar.
- Calcular la conversión alimenticia aparente en los diferentes tratamientos.
- Establecer la relación de eficiencia proteica (REP) en cada tratamiento.
- Determinar la eficiencia alimenticia (EA) en cada tratamiento.
- Cuantificar el tiempo en alcanzar la talla comercial de 15 cm en los diferentes tratamientos.
- Evaluar la resistencia del animal a pruebas de estrés.
- Realizar un análisis parcial de costos

4. MARCO TEÓRICO

4.1 BIOECOLOGÍA DE LA ARAWANA PLATEADA

Según Argumedo⁷, la arawana plateada (Figura 1) hace parte de la familia Osteoglossidae, la cual congrega un selecto grupo de peces óseos distribuidos en zonas tropicales de Suramérica, África, Asia y Australia. Las especies pertenecientes a esta familia se caracterizan por la osificación de la lengua, que actúa como órgano accesorio para triturar el alimento. La familia Osteoglossidae se divide en tres subfamilias: Arapaimidae, Osteoglossidae y Heterotinae.

Figura 1. Juveniles y reproductores de arawana plateada



El mismo autor afirma que la subfamilia Osteoglossidae agrupa las dos especies de arawanas suramericanas: la plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) y la azul (*O. ferreirae*). La arawana plateada está distribuida en gran parte de la cuenca amazónica brasilera, guyanesa, peruana y colombiana, en esta última se reporta en Leticia, en el río Putumayo y en el río Caquetá; mientras que la arawana azul está ubicada en el sistema del río Negro en Brasil.

Argumedo⁸ sostiene que la arawana plateada puede alcanzar 1,2 metros de longitud total y 2,2 kilogramos de peso corporal, por lo cual se la ubica como una

⁷ ARGUMEDO, Eric. Arawanas: manual para la cría comercial en cautiverio. Florencia, Colombia: Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA), 2005. p. 16-22.

⁸ Ibid., p. 24-25.

de las especies de arawana de mayor tamaño. El cuerpo y cabeza de la arawana plateada está comprimido lateralmente, de tal forma que la natación se realiza por movimientos ondulantes que le conceden elegancia, imponentia y versatilidad.

Así mismo explica que la coloración de la arawana plateada posee tonalidades que van desde el gris metálico en los costados hasta color verdoso en el dorso y tonalidades amarillo verdosas y visos anaranjados en las aletas dorsal, caudal y anal. Las aletas pélvicas y pectorales poseen tonos plateados con flancos amarillos, los cuales se acentúan en época de reproducción.

4.2 ALIMENTACIÓN

Según Landines, M. et al.⁹, tanto la arawana azul como la plateada poseen un corto intestino, ojos y boca en posición superior y varias adaptaciones biológicas que las hacen eficientes saltadores dando evidencia que se trata de peces carnívoros con tendencia insectívora.

Los mismos autores afirman que la arawana plateada en su estadio de larva es bastante voraz pese a tener aún el saco vitelino; esta característica facilita el proceso de acostumbramiento a dietas secas el cual se puede realizar desde los primeros días de vida. No obstante, para suplir sus exigencias nutricionales, en ocasiones es recomendable mantener cultivos de coleópteros del género *Brunchus* (escarabajo del maní) y/o peces forrajeros como los gupys. Los escarabajos (*Brunchus* sp.) son una excelente alternativa para lograr la adaptación al balanceado, ya que se asemejan al alimento concentrado en color, forma, tamaño y en el hecho de quedar en la superficie. Generalmente las larvas desde el inicio reciben este tipo de alimento sin ningún inconveniente. El alimento a suministrar debe tener en promedio 45% de proteína.

De igual manera dicen que durante las fases de alevino y juvenil es aconsejable mantener individuos de ambas especies, pues las arawanas azules tienden a ser más reacias hacia la aceptación de los balanceados y aprenden por imitación de sus compañeras plateadas. Una vez aceptado el alimento seco, los ejemplares muestran gran afinidad por este. Es indispensable cambiar el tamaño de la partícula a medida que los peces crecen, esto sin variar las características nutricionales del alimento. Se recomienda la utilización de un pellet de 2,5 mm de diámetro para el estado de alevino. En esta etapa se debe suministrar diariamente un 6% de la biomasa total distribuido en cuatro raciones.

Así mismo explican que en la etapa de reproductores tras un proceso de acostumbramiento en su etapa juvenil llegan a consumir alimento balanceado con

⁹ LANDINES, M.; SANABRIA, A. y DAZA, P. Producción de peces ornamentales en Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2007. p. 16-17.

un 36 - 40% de proteína, el cual debe ser extrudizado, para garantizar la flotabilidad de la partícula pues las arawanas se alimentan en el estrato superior de la columna de agua. La oferta se debe realizar una vez al día en horas de la mañana, distribuyendo las partículas de concentrado sobre toda la superficie del estanque. Como suplementación alternativa en esta fase se pueden ofrecer especies forrajeras de menor tamaño (gupy), y promover el consumo de insectos colocando iluminación en el estanque.

4.3 ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Argumedo¹⁰, explica que la arawana plateada madura sexualmente al segundo año de cultivo, cuando alcanza cerca de setenta centímetros de longitud total y un peso cercano a 2,0 kg. Presentan reproducción bisexual, caracterizada por el desarrollo de espermatozoides y óvulos en individuos masculinos y femeninos separados; no existe dimorfismo sexual marcado y tanto el testículo como el ovario derecho son atrofiados, mientras los izquierdos son funcionales y bien desarrollados.

De igual manera, el autor afirma que la arawana plateada presenta óvulos sumamente grandes, alcanzando hasta 13 mm de diámetro en las etapas finales de maduración de la gónada. Una vez fertilizados los óvulos, el macho los incuba oralmente durante cerca de 45 días, hasta que las larvas están completamente formadas y su saco vitelino se ha reabsorbido totalmente.

4.3.1 Selección de parentales. Según Landines: “de preferencia, los reproductores, deben ser individuos levantados en cautiverio, ya que adultos extraídos del medio inhiben su reproducción a causa del estrés, además su consecución y transporte son muy difíciles”¹¹.

4.3.2 Comportamiento reproductivo. Argumedo¹² afirma que la observación detallada del comportamiento de los ejemplares es una de las actividades rutinarias durante la temporada de reproducción de las arawanas en cautiverio. Esta labor se desarrolla con el fin de identificar cambios en la conducta colectiva e individual, que indiquen el inicio del territorialismo, cortejo y emparejamiento que anteceden la reproducción.

¹⁰ ARGUMEDO, Op.cit., p.27-29.

¹¹ LANDINES, M. Producción de peces ornamentales de la Orinoquía Colombiana. En: Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto, Colombia. Año II, vol. 2, 2007. p.3. [citado el 5 de agosto de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.udenar.edu.co/acuicola/revista/archivo/a3vol3/conf11.pdf> >. ISSN 1909 – 8138.

¹² ARGUMEDO, Op.cit., p.97.

El mismo autor sostiene que la transición del invierno a verano, marca el inicio de la temporada de reproducción, que puede extenderse hasta mayo o junio. A finales de noviembre e inicios de diciembre se empieza a observar el aislamiento de algunos individuos, los cuales establecen territorios al interior de las unidades de producción.

Landines¹³ manifiesta que los ejemplares una vez maduros, establecen parejas reproductivas, las cuales realizan su cortejo en las horas crepusculares; este consiste en una “danza” en círculos en la cual el macho persigue a la hembra y viceversa. Los círculos descritos no superan el metro de diámetro pudiéndose observar que los animales permanecen varios días en un mismo lugar. Este proceso se lleva a cabo en la parte superficial de la columna de agua por lo que se facilita su observación.

De igual manera el autor expone que para el desove, los individuos buscan un lugar en el fondo de aproximadamente 25 cm en donde la hembra desovarás, entre 100 y 300 óvulos, los cuales serán fertilizados por el macho, quien los tomará posteriormente en su boca para iniciar el proceso de incubación.

4.3.3 Pesca de incubantes y extracción de larvas. Según Landines¹⁴ el aspecto más importante a tener en cuenta para la captura de larvas es la identificación de los machos incubantes, tarea que es relativamente fácil, pues los peces que están realizando la labor de incubación generalmente se aíslan del grupo, tienden a frecuentar las zonas más pobladas de vegetación, las orillas del estanque y el área del desagüe, caracterizándose por una disminución en su actividad natatoria; buscan las partículas de alimento sin embargo no lo consumen y hay un aumento considerable de la región bucal, con una coloración rojiza pálida. Es muy importante que su identificación sea realizada de manera precoz, para garantizar que el día de la colecta de las larvas (aproximadamente un mes después del desove), se obtengan números elevados de ellas y que las mismas estén en condiciones de sobrevivir fácilmente por si solas.

El mismo autor afirma que una vez identificados los machos incubantes, se procede a capturarlos para la recolección de las larvas. Este es un procedimiento importante que garantiza el éxito y calidad de la progenie. Para realizarlo, se debe bajar el nivel del estanque a aproximadamente 50 cm, cuidándose de cubrir el tubo de desagüe con una malla para evitar la posible pérdida de las larvas.

De la misma forma argumenta que la pesca de las crías se debe realizar a dos chinchorros. El primero con un ojo de malla de aproximadamente 5 cm. que servirá para capturar los reproductores, un segundo grupo irá dos metros detrás de la primera malla con un chinchorro fino de no más de 0,5 cm. de ojo de malla,

¹³ LANDINES, Op.cit., p.3

¹⁴ Ibid., p.4-5.

el cual recogerá larvas que probablemente fueron liberadas durante el proceso de pesca. Para finalizar el proceso de pesca, es necesario revisar los machos antes de recogerlos con el chinchorro, depositando las crías en recipientes de transporte.

4.4 LEVANTE, ACOPIO Y TRANSPORTE

De acuerdo con Landines¹⁵ generalmente el acopio se realiza en acuarios, a una densidad de 2 individuos por litro de agua, hasta que los animales son enviados al mercado. Otras alternativas económicamente viables para este proceso son los tanques o bateas (medias canecas) plásticas, aunque muchos acopiadores prefieren utilizar tinas de plástico.

El autor también asegura que algunos acopiadores levantan alevinos para llevarlos a tallas más grandes y obtener mejores precios en el mercado, similar proceso es llevado a cabo por productores para garantizar futuros reproductores, para dicho propósito es necesario contar con estructuras mayores como piletas en concreto o estanques. No obstante, las arawanas juveniles frecuentan el estrato superficial de la columna de agua siendo presa fácil de las aves, razón por la cual los estanques y las jaulas flotantes no ofrecen buenos resultados pues se pueden presentar pérdidas por predación hasta del 80%.

Así mismo expresa que para el manejo, cría y acopio de “babys” (larvas), alevinos y juveniles (voladas), los sistemas de acuarios, piletas en concreto y tanques plásticos resultan bastante eficientes, siempre y cuando se garanticen las adecuadas medidas de seguridad como son mallas protectoras o tapas para los acuarios. Es importante mantener temperatura y aireadores constantemente para mejorar la sobrevivencia de los ejemplares. En algunos casos se hace necesario cubrir los acuarios con plásticos negros para evitar el estrés, no se recomienda la utilización de gravilla o refugios ya que suelen ser “trampas” para las larvas y fuentes de contaminación. Es importante señalar que los animales se adaptan bien a las bajas de oxígeno, ya que pueden obtener este elemento de la interface aire – agua, gracias a sus cirros sensoriales y a ciertas adaptaciones en la vejiga gaseosa.

Finalmente explica que el transporte se realiza en bolsas plásticas y el número de animales depende de su tamaño y de la distancia que deberán recorrer. No obstante, generalmente se empaican aproximadamente entre 30 y 80 babys y 5 a 20 volantonas por bolsa.

¹⁵ Ibid., p.5.

4.5 PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y AMBIENTALES PARA LA CRÍA DE ARAWANAS

Según Argumedo¹⁶, el éxito en la cría comercial de arawanas en cautiverio depende en gran medida del manejo de la calidad del agua en los estanques de reproducción, el cual se centra en el control de seis parámetros: Temperatura, Transparencia, pH, Conductividad, Oxígeno disuelto y Alcalinidad. Lo anterior no significa que los demás parámetros físicos y químicos no sean importantes o que no deban tenerse en cuenta; simplemente hace énfasis en que son seis los parámetros determinantes, sin desconocer la existencia de dependencias entre unos y otros.

4.5.1 Temperatura. Argumedo¹⁷ explica que este parámetro influye directamente sobre el metabolismo de las arawanas y demás organismos acuáticos que cohabitan en el estanque de cultivo. Cambios bruscos o irregulares de temperatura originados por un manejo técnico inadecuado pueden ocasionar enfermedad o mortalidad por estrés térmico.

El autor sostiene que las arawanas adultas presentan límites de tolerancia térmica relativamente amplios (23°C – 32°C), aunque su desarrollo óptimo se da dentro de un rango más estrecho (26°C – 29°C). Las larvas y juveniles muestran menos tolerancia, siendo susceptibles a infecciones fúngicas o a muerte súbita por estrés térmico, cuando son sometidos a temperaturas inferiores a 25°C durante periodos prolongados.

4.5.2 Transparencia. Argumedo¹⁸ manifiesta que la transparencia constituye un factor primordial en el proceso de establecimiento y operación de cultivos comerciales de arawana. Para tal efecto es necesario elegir correctamente la fuente de agua, el tipo de suelos y las características de la infraestructura de conducción y almacenamiento de agua. Los estanques para el cultivo de arawana deben tener una transparencia de aproximadamente 30cm medidos con el disco secchi.

4.5.3 Oxígeno disuelto. Según Argumedo¹⁹, el contenido de oxígeno disuelto en el agua de los estanques es el factor más crítico para el control de la calidad de agua en piscicultura tradicional con especies nativas.

El mismo autor dice que los Osteoglosidos, conforman un grupo de peces adaptados a ecosistemas acuáticos pobres en oxígeno, lo cual ha generado adaptaciones excepcionales como la del pirarucú (*Arapaima gigas*), en el cual la

¹⁶ ARGUMEDO, Op.cit., p.48.

¹⁷ Ibid., p.48-49.

¹⁸ Ibid., p.53.

¹⁹ Ibid., p.54-55.

vejiga natatoria está transformada en un órgano de respiración, quizás más funcional e importante que las branquias, las cuales están poco desarrolladas.

De la misma forma expone que las arawanas no poseen órganos respiratorios accesorios como los del *Arapaima gigas*, sin embargo toleran bajos niveles de oxígeno durante periodos de tiempo prolongados. Cuando los niveles decaen a niveles críticos, las arawanas nadan permanentemente justo por debajo de la superficie del agua, con el fin de obtener oxígeno de la película de agua que se encuentra en contacto con el aire; este proceso se hace más efectivo gracias a que el flujo de agua es dirigido mediante la ayuda de los barbillones mentonianos.

Así mismo afirma que las arawanas crecen, se desarrollan y se reproducen en estanques o reservorios de agua con promedios de concentraciones de oxígeno disuelto iguales o superiores a 4,2 mg/l. Aunque soportan concentraciones menores por tiempo prolongado; estos periodos de exposición a bajos niveles de oxígeno disuelto constituyen un riesgo para la supervivencia en la etapa de desarrollo embrionario y larval.

El autor asegura que en los estanques de reproducción de arawanas, el rango promedio de concentración de oxígeno disuelto varía entre 3,5 y 5,2mg/L, presentándose valores máximos de 7,7 y mínimos de 2,6.

4.5.4 Alcalinidad y dureza total. Según Argumedo²⁰, en piscicultura tropical, el rango normal de la alcalinidad se encuentra entre 30 y 200 mg/l de CaCO₃ equivalente; aunque alcalinidades más altas o más bajas no perjudicarán los cultivos. Se puede aumentar la alcalinidad y la dureza pasando el agua a través de camas de piedras caliza o conchas de caracoles.

De igual manera el autor propone que en piscicultura las mejores aguas, respecto a la alcalinidad y dureza, se dan cuando tienen valores similares. Cuando existe mucha diferencia el pH puede variar fuertemente durante días bastantes soleados en los cuales la fotosíntesis alcanza un máximo nivel. Se puede corregir niveles bajos de alcalinidad mediante el encalamiento, pero es prácticamente imposible bajar niveles elevados de alcalinidad. Para la cría comercial de arawanas se requiere agua blanda con concentraciones inferiores a 75mg de CaCO₃.

4.5.5 Potencial de Hidrogeniones ó pH. Argumedo²¹ señala que a valores extremos del pH, igual o por debajo de 4,0 y por encima de 11, se produce la muerte, en tanto que el rango deseable para la cría comercial de arawanas está entre 6,5 y 8.5.

²⁰ Ibid., p.57-58.

²¹ Ibid., p.58-59.

4.6 USO DE PROBIÓTICOS EN ACUICULTURA

Gatesoupe²², dice que la investigación sobre el uso de probióticos en los animales acuáticos está aumentando con la demanda y desarrollo de la acuicultura. Los probióticos son suplementos vivos que mejoran la salud de hombre y de los animales. En acuicultura la microbiota intestinal interactúa de forma constante con el ambiente, el cual tiene una influencia mucho mayor sobre la salud de los peces, que en el caso de los humanos o animales terrestres. Generalmente los géneros presentes en el intestino de los peces son aquellos encontrados en el ambiente o en la dieta, que pueden sobrevivir y multiplicarse en el tracto intestinal. En los animales acuáticos la mayoría de los microorganismos de la microbiota intestinal son transitorios, ya que pueden cambiar rápidamente con la intrusión de microorganismos provenientes del agua y del alimento. Esto implica que muchos probióticos se obtienen a partir del ambiente de cultivo y no directamente a partir del alimento.

El mismo autor asegura que el potencial de la colonización es otro criterio importante para la caracterización de los probióticos, las bacterias transeúntes pueden ser eficaces si las células se introducen en una dosis alta, continuamente o semi-continuamente. En la práctica, por consiguiente es esencial evaluar la persistencia del probiótico en el intestino.

Moriarty²³, define a los probióticos acuáticos como organismos vivos que tienen un efecto benéfico en el huésped mediante la modificación de la comunidad microbiana asociada con el huésped, a través de una mejora en el uso del alimento o el incremento de su valor nutricional, mediante el incremento de la respuesta del huésped a las enfermedades, o a través del mejoramiento de la calidad de su ambiente. Esto implica que un amplio rango de organismos pueden ser empleados como probióticos para los animales acuícolas, a diferencia de los animales terrestres.

²² GATESOUBE, F. The use of probiotics in aquaculture. En: Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. Memorias Seminario Internacional de Producción Acuícola. Pasto, Colombia. 2004. Año 1. No. 1. p. 1-9.

²³ MORIARTY, D. y DECAMP, O. Especies de la acuicultura obtienen beneficios de los probióticos. En: Revista de Acuicultura Aquahoy. Madrid, España: Feed mix ediciones, Volumen 15, No.1, (marzo, 2007). p. 3. [citado el 1 de marzo de 2009]. Disponible en internet : <URL: <http://www.aquahoy.com/content/view/3410/502/lang,es/>>

Cedeño y Rodríguez²⁴, sostienen que el uso de probióticos en acuicultura ha sido reportado por varios autores y actualmente se presenta como una alternativa frente al uso de productos quimioterapéuticos en el control de enfermedades microbianas.

Los mismos autores afirman que los principales grupos de microorganismos utilizados como probióticos en acuicultura de camarones, cangrejos, ostras y peces han sido obtenidos a partir del aislamiento y selección de cepas de ambientes acuáticos. Entre estos se destacan: los géneros *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, *Bacillus spp.* y levaduras (*Debaryomyces*, *Saccharomyces*).

Castro et al²⁵, afirman que *Lactobacillus* y *Fidobacterium* son los que presentan resultados más consistentes. Los *Lactobacillus* fueron los primeros microorganismos en ser suministrados en su forma viva, por vía oral, con el objetivo de producir efectos benéficos a la microbiota digestiva.

Moriarty²⁶, dice que los principales beneficios esperados de estos probióticos difieren con las especies (peces o crustáceos de agua dulce, salobre o marina), el estado del cultivo (larva, juvenil, reproductores) y el sistema de crianza (flujo continuo o recirculación, tanques, estanques o jaulas). La forma de aplicación y la gestión de las instalaciones (apropiadas medidas de bioseguridad, renovación del agua, químicos, etc.) podrían afectar el desempeño, pero también la supervivencia o permanencia de los microorganismos en el ambiente de crianza y/o el huésped.

Günter y Jiménez²⁷, aseguran que el efecto benéfico de los probióticos se atribuye en general a tres mecanismos diferentes, que a su vez pueden deberse a varias causas:

²⁴ CEDEÑO, R. y RODRIGUEZ, J. Uso de los Probióticos *Vibrio hepatarius* (P62) y *Bacillus* sp. (P64) en el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei*. Boletín informativo N.134, Guayaquil, Ecuador: Centro Nacional de Investigaciones Marinas (Cenaim), 2006. p. 1-3. [citado el 25 de febrero de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.cenaim.espol.edu.ec/publicaciones/quincenal/bquinc134.pdf>>.

²⁵ CASTRO, Germán.et al. Importancia de los probióticos en la acuicultura, utilizando artemia franciscana como bioencapsulante. Universidad Autónoma de México, división de CBS, 2000. p.1-2. [citado el 2 abril de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.izt.uam.mx/contactos/n57ne/probioti.pdf>>.

²⁶ MORIARTY y DECAMP, Op.cit., p. 2.

²⁷ GÜNTER, J. y JIMENEZ, R. Efecto del probiótico *Bacillus subtilis* sobre el crecimiento y alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y langostino (*Macrobrachium rosenbergii*) en laboratorio. En: Revista de Biología Tropical. Bogotá, Colombia. Volumen 52, N.4, (agosto, 2004). p.1-2. [citado el 25 de enero de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://www.scielo-sa-cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004001200015&lng=pt&nrm=iso>.ISSN 0034-7744.

1. Mejoramiento de la calidad del agua, ya sea por metabolización de la materia orgánica o por interacción con algunas algas.

2. Exclusión competitiva de bacterias nocivas, ya sea por (a) competencia por nutrientes, (b) competencia por sitios de fijación en el intestino o (c) aumento de la respuesta inmunológica del hospedero.

3. Aportes benéficos al proceso digestivo del hospedero, mediante (a) aporte de macro y micronutrientes para el hospedero o (b) aporte de enzimas digestivas.

4.6.1 Selección de probióticos. Balcázar²⁸ explica que para seleccionar microorganismos posiblemente probióticos es necesario conocer su potencial de colonización, habilidad de competencia con patógenos, producción de sustancias antimicrobianas y capacidad para incrementar la resistencia a las enfermedades.

El autor dice también que el potencial de colonización es la habilidad que presentan los microorganismos para ingresar en el hospedero y mantenerse vivos por un largo período. Su permanencia en el hospedero está sujeta a diversos factores como capacidad para adherirse en la superficie del epitelio intestinal, producción de sustancia que antagonicen con la flora endógena para fomentar su proliferación y resistencia a mecanismos fisiológicos del animal.

Igualmente afirma que su fijación en las superficies epiteliales está determinada por una serie de estructuras superficiales o moléculas conocidas como adhesinas y se logra gracias a un flujo lento del probiótico a través del tracto gastrointestinal. La importancia de este punto radica en que las bacterias patógenas poseen una alta capacidad de fijación y virulencia, influenciada por las condiciones idóneas que contribuyen a la proliferación de la bacteria patógena.

Así mismo manifiesta que en la naturaleza, el antagonismo entre bacterias es un mecanismo común que puede estar influenciado por la producción de sustancias que tienen un efecto bactericida o bacteriostático sobre otras como: producción de bacteriocinas, sideróforos, lisozimas, peróxido de hidrógeno y alteración de los valores de pH.

4.6.2 Pruebas en camarón. Estudios realizados en CENAIM permitieron la selección y evaluación de dos aislados probióticos pertenecientes a los géneros

²⁸ BALCAZAR, J. Uso de probióticos en acuicultura: Aspectos generales. En: Memorias Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA 2002. Zaragoza, España. p.1-2. [citado el 5 de febrero de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.civa2002.org>>.

Bacillus y *Vibrio* (P64-P62). Varios ensayos demostraron que su uso tenía un efecto inmunoestimulante y protector contra enfermedades²⁹.

Moriarty y Decamp³⁰, afirman que la cepa Sanolife *Bacillus*, cuando se aplica a través del alimento (a nivel de granja o en la planta de alimentos), viene siendo evaluada en el engorde de camarón (*Litopenaeus vannamei*, *L. stylirostris* y *Penaeus monodon*) en Asia, la región Pacífica y Latinoamérica. La aplicación de estas bacterias (concentración de $1,0 \times 10^7$ a $1,5 \times 10^8$ cfu/g de alimento según las condiciones de crianza) en asociación con una adecuada gestión de estanques, ha conducido a beneficios marcados para los productores:

1. Crecimiento más rápido: Mejoras en las tasas de crecimiento fueron registradas con *L. vannamei* bajo condiciones comerciales en Ecuador y Brasil.
2. 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%.
3. Mejor tasa de conversión del alimento.
4. Animales grandes en la cosecha.

4.6.3 Pruebas en peces. Martínez, et al.³¹, 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 Investigación en cultivo y manejo de organismos acuáticos de la Universidad Jorge Tadeo Lozano (Santa Marta-Colombia).

²⁹ CEDEÑO y RODRIGUEZ, Op.cit., p. 3.

³⁰ MORIARTY y DECAMP, Op.cit., p. 2.

³¹ MARTINEZ SILVA, María. et al. Relación entre el uso de *Bacillus* y *Lactobacillus* y el nivel de sobrevivencia de tilapia nilótica durante desafíos experimentales con bacterias patógenas. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias: Memorias IV Congreso Colombiano de Acuicultura. Medellín, Colombia. (octubre, 2008). p.2-3. [citado el 5 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://rccp.udea.edu.co/v_anteriores/21-3/pdf/v21n3a22.pdf>, ISSN 455-522.

Tovar Ramírez, et al.³², explicaron los efectos de la incorporación de *Debaryomyces hansenii* sobre la maduración del sistema digestivo, los cuales han sido reportados para dos especies de peces marinos, uno de aguas templadas y otro de aguas tropicales, *Dicentrarchus labrax* y *Paralabrax maculatofasciatus* respectivamente. Los efectos positivos observados sobre el crecimiento, supervivencia y maduración digestiva precoz fueron atribuidos a la liberación continúa de poliaminas aportadas por la levadura.

Los mismos autores, probaron los efectos de la inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* y *D. hansenii* por aspersión en la dieta microparticulada para larvas de *D. labrax*, a una proporción de 0,9 ml g⁻¹ (~7 x 10⁵ cfu g⁻¹). Estas dos cepas de levaduras fueron seleccionadas por su capacidad de adherencia al mucus intestinal de peces y por su capacidad de producir poliaminas en mayor cantidad que otras levaduras. Los efectos positivos fueron evidentes cuando se observó un incremento de la maduración digestiva de las larvas alimentadas con *D. hansenii* en relación al control libre de levaduras y aquellas alimentadas con *S. cerevisiae*. La maduración digestiva está en función del aumento en los cocientes de la actividad de diversas enzimas intestinales como la maltasa, aminopeptidasa y fosfatasa alcalina del borde del cepillo de los enterocitos con respecto a la enzima citosólica leucina-alanina-peptidasa en el día 27 después de la eclosión en peces alimentados con *D. hansenii*. De igual manera la secreción de enzimas pancreáticas como tripsina y la amilasa se ven favorecidas con la dieta enriquecida con *D. hansenii*.

4.7 USO DE INMUNOESTIMULANTES

Según Olabuenaga³³, los inmunoestimulantes son una serie de agentes, naturales y artificiales, que son utilizados para controlar las enfermedades de los peces ya 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. La activación de estas funciones inmunológicas está asociada con un aumento de la protección contra enfermedades infecciosas. Estos agentes son sólo efectivos en algunas enfermedades y además su acción varía con los periodos de tiempo, la dosis, los

³² TOVAR RAMIREZ, et al. Probióticos en Acuicultura: Avances recientes del uso de levaduras en peces marinos. Monterey, México. 2008. p. 237-257. En: Memorias IX Simposio Internacional de Nutrición Acuicola, Universidad Autónoma de Nuevo León. [citado el 31 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://ww.uanl.mx/secciones/publicaciones/nutrición_acuicola/.../12-tovar.pdf>.

³³ OLABUENAGA, S. Sistema inmune en peces. En: Revista Gayana (Concepción). Santiago, Chile. Volumen 64, N. 2, (febrero, 2000). p. 2-4. [citado el 31 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-65382000000200010&script=sci_arttext>, ISSN 0717-6538.

métodos de administración y la condición fisiológica del pez.

Nieto³⁴, afirma que la habilidad del sistema inmune para responder a componentes de la superficie microbiana es el resultado de un proceso evolutivo en el cual los animales han desarrollado mecanismos para detectar estructuras químicas comunes y muy conservativas de microorganismos potencialmente patogénicos y usar esas estructuras como “señales de alarma” para activar las defensas en contra de la infección. De esta forma el sistema inmune responderá a un inmunoestimulante como si fuese desafiado por un microbio patógeno. La administración de un inmunoestimulante previo a una infección puede por lo tanto proteger contra lo que ordinariamente sería una infección letal.

El mismo autor dice que una variedad de productos microbianos han demostrado tener efectos inmunoestimulantes actuando de diferentes maneras sobre el sistema inmune. Algunos inmunoestimulantes son producidos por síntesis química manteniendo la estructura natural como modelo, y otros que son puramente sintéticos que originalmente habían sido hechos para otros propósitos e incidentalmente demostraron poseer propiedades inmunoestimuladoras.

De igual manera, el autor expone que los inmunoestimulantes deben ser usados previo a una situación conocida que provoque estrés y una pérdida general de las condiciones de los peces tales como:

- Manipulación: transporte, selección, conteo, etc.
- Cambios en la temperatura del agua.
- Mayor exposición a patógenos.
- Bloom de algas.
- Toda clase de situaciones estresantes.

Así mismo, el autor señala que los inmunoestimulantes se agrupan de la siguiente manera:

- Elementos estructurales de la pared celular (lipopolisacáridos, lipopéptidos, glicoproteínas capsulares y muramipéptidos);
- Varios productos B-1-3-glucanos desde bacterias y hongos miceliados;
- B-1,3/1,6- glucanos desde la pared celular de levadura para hornear;
- Complejas estructuras (glicanos) de carbohidratos desde varias fuentes biológicas incluidas las algas marinas;
- Péptidos presentes en extractos de ciertos animales o hechos por hidrólisis

³⁴ NIETO, D. Inmunoestimulantes en Acuicultura. Puerto Montt, Chile. 2003. p.22-26. [citado el 31 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://www.fontagro.org/Projects/01_04_Acuicultura/Taller%20Acuicultura/Pdf/Presentaci%C3%B3n%20DANIEL%20NIETO.pdf>.

enzimática de harina de pescado;

- Nucleótidos; productos sintéticos (levamisol, muramilpéptidos);
- La vitamina C.

López, et al.³⁵, evaluaron el uso de inmunoestimulantes en el crecimiento y sobrevivencia de la de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), cultivada en jaulas flotantes, en el Lago Guamez (Nariño). Propusieron evaluar el efecto comparativo de distintos niveles de fosfato de ácido ascórbico y B - Glucán sobre la sobrevivencia, ganancias de peso por individuo y período, consumo de alimento, conversión alimenticia, producción total calculada, monitoreo de la calidad de agua y análisis económico durante las etapas de levante y ceba de trucha arcoiris (*O. mykiss*). Demostraron que la fortificación del alimento artificial con fosfato de ácido ascórbico y Betaglucán, reduce la incidencia de enfermedades bacterianas y fúngicas, aumenta la sobrevivencia, incrementa la ganancia de peso semanal y total, mejora la conversión alimenticia y la relación beneficio–costo. Sin embargo desde el punto de vista comparativo, el fosfato de ácido ascórbico registró ventajas sobre los índices productivos y económicos con relación al Betaglucán.

4.8 PRUEBAS DE ESTRÉS

Barandica y Tort³⁶ definen el estrés como cualquier situación que somete al organismo a unas condiciones fuera del rango fisiológico estable o normal (enfermedades, cambios extremos en las condiciones medio ambientales, etc.). El conjunto de cambios en los tres sistemas orgánicos que genera la situación de estrés como respuesta a dicha situación se conoce genéricamente como síndrome de adaptación general (SAG).

Los mismos autores aseguran que el estrés se puede definir también como una situación en la cual el equilibrio homeostático es modificado como consecuencia de la acción de un estímulo (intrínseco o extrínseco) al animal, denominado agente estresante. El animal responde mediante una serie de reacciones de comportamiento y/o fisiológicas con objeto de compensar y/o adaptarse a la nueva situación.

³⁵ 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 Guamez. En: Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto, Colombia. Volumen 2, (mayo, 2006). p. 10-20. [citado el 31 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.udenar.edu.co/acuícola/revista/>>. ISSN 1909-8138

³⁶ BARANDICA, L y TORT, L. Neuroendocrinología e inmunología de la respuesta al estrés en peces. En: Revista Académica Colombiana de Ciencias. 2008. Volumen XXXIII. Número 123. p. 1-18. [citado el 10 de marzo de 2010]. Disponible en internet: <URL: http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_32/123/267-284.pdf>. ISSN 0370-3908.

De la misma forma sostienen que se han identificado numerosos estresores que afectan a los peces. Estos incluyen los cambios físicos extremos del medio ambiente (por ejemplo temperatura, salinidad y turbidez), interacción animal (por ejemplo predación, parasitismo, competición por espacio, alimentación, parejas sexuales), interferencia humana (incluyendo prácticas acuícolas, por ejemplo, captura y manejo, transporte, anestesia) y aguas contaminadas (por ejemplo, pH bajo, alto amoníaco y metales pesados).

Así mismo afirman que las situaciones de estrés, tienen consecuencias no sólo a nivel energético y metabólico sino que además son supresoras potentes de las funciones fisiológicas y dependen del tiempo de exposición al supresor. El estudio de estresores tales como, captura, hacinamiento o dietas deficientes pueden afectar la homeostasis en general de los animales, y en concreto del sistema inmune.

Por otro lado los autores dicen que existen múltiples y variados estudios sobre los efectos de los estresores en el sistema inmune de los peces, relacionados con los cambios ambientales (estados reproductivos, características del agua), la presencia de productos químicos en el agua y con los procedimientos de cultivo. La mayoría de las investigaciones demuestran que el estrés produce inmunosupresión, pero la prolongación de sus efectos es muy variable y depende de muchos factores claves. La naturaleza de la respuesta está relacionada con el estresor: dependiendo de su tipo, intensidad, persistencia y duración de la exposición (tiempo) generando diferentes respuestas. La respuesta del organismo depende del particular indicador medido y la localización en el cuerpo (sangre, órganos o tejidos periféricos) y el estado del pez.

Igualmente manifiestan que la dieta y el estado nutricional son factores fundamentales para una explotación piscícola, resulta determinante del estado fisiológico de los animales, tanto de manera directa por su influencia sobre el estado energético, como de manera indirecta por su influencia sobre la resistencia al estrés. La ración adecuada de alimentación se ha demostrado que afecta el crecimiento, la eficacia de la alimentación, el estado inmunológico y la fisiología de peces como la dorada. Existen evidencias de que algunas dietas mejoran la resistencia de algunos animales a esas condiciones. Tales dietas son enriquecidas con vitaminas como la C y E, inositol, ácidos grasos insaturados y fosfolípidos. Una de las estrategias con mayor potencial es el enriquecimiento de las dietas con productos inmunoestimulantes o inmunomoduladores, tales como los probióticos, levaduras de diversos hongos, etc.

Los autores proponen las pruebas de resistencia al estrés (RE) en especies acuáticas como mecanismo de identificación de respuesta y comportamiento del sistema inmune frente a situaciones generadoras de estrés. Algunas pruebas pueden ser las siguientes: pruebas físicas y químicas (cambios en temperatura, salinidad, pH, amonio, oxígeno, contaminación, etc. del agua de cultivo), pruebas

biológicas mediante la exposición a agentes patógenos, depredadores, competidores, etc., la asfixia (sostener un pez fuera del agua), la cual produce estrés agudo e incrementa el número de receptores de los leucocitos del bazo y el riñón anterior, disminuyendo la afinidad de estos receptores en el bazo pero no en las células del riñón anterior; prueba de resistencia al estrés mediante la respuesta de sobrevivencia al empaque y simulación de transporte por tiempos determinados. Las pruebas de resistencia a enfermedades con algún patógeno específico u oportunista indican la capacidad del sistema inmune de vencer los cambios y por tanto, constituyen un buen modelo para el estudio del estrés.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

Esta investigación se realizó en la Estación Piscícola VAI, de la Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA) la cual se encuentra ubicada al norte del departamento del Caquetá (Figura 2), en el municipio de El Doncello en la vereda El Quebradón. Pose una extensión superficial de 40.000 m², de los cuales actualmente 18.900 m² son espejo de agua en estanque.

Según Corpoica³⁷, la estación (Figura 3) se encuentra a 360 metros sobre el nivel del mar, georeferenciada de la siguiente manera: N 01°38'15" W 75°17'19", con una humedad relativa promedio de 85%, una temperatura ambiente promedio de 28 °C y una precipitación anual promedio de 3200 mm.

Figura 2. Localización geográfica



³⁷ CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA CORPOICA. Ubicación Meteorológica Caquetá 2000. [citado el 2 de julio de 2008]. Disponible en internet: <URL: <http://www.corpoica.org.co>>.

Figura 3. Estación Piscícola VAI-ACUICA



5.2 PERIODO DE ESTUDIO

El estudio se realizó durante los meses de junio a octubre de 2009, en los cuales se llevó a cabo la adecuación de acuarios, obtención de babys de arawana, entrenamiento alimentario de los ejemplares y la evaluación durante tres meses del efecto de la incorporación de probióticos e inmunoestimulantes en la alimentación de alevinos de arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*).

5.3 MATERIAL BIOLÓGICO

Se utilizaron 300 alevinos de arawana plateada, con un peso promedio de $2,0 \pm 0,26$ g, coeficiente de variación de 12,92 %, una longitud total promedio de $7,39 \pm 0,40$ cm, coeficiente de variación de 5,41 %, y con una edad de 45 días aproximadamente.

5.4 INSTALACIONES

El estudio se realizó en el laboratorio de la Estación Piscícola, donde se ubicaron doce acuarios con capacidad de 102 litros de agua, a cada uno se le instaló un sistema de aireación, calefacción y filtración para el mantenimiento de condiciones óptimas de calidad de agua.

Figura 4. Laboratorio Estación piscícola VAI



5.5 MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales, insumos y equipos que fueron necesarios para el desarrollo de la fase experimental del proyecto de investigación fueron los siguientes:

5.5.1 Materiales.

- **Acuarios.** Se utilizaron 12 acuarios de vidrio (94 x 36 x 30 cm), ubicados en estantería de hierro para el mantenimiento de los alevinos de arawana plateada.
- **Filtros de espuma.** Cada acuario dispuso de un filtro de espuma para la remoción de sólidos en suspensión y el mejoramiento de la calidad de agua.
- **Manguera de aireación.** Cada unidad experimental contó con manguera de 5,0 mm de diámetro adaptada al filtro de espuma.
- **Nasas.** Utilizadas para la captura y manipulación de alevinos de Arawana plateada.
- **Malla plástica.** Se utilizó para cubrir cada unidad experimental y evitar que los animales salten por fuera de los acuarios. Esto se llevó a cabo cuando los animales cumplieron un mes y medio de cultivo y/o periodo de estudio en donde empezaron a tener un comportamiento de mayor agilidad y movimiento.
- **Chinchorro.** Se llevó a cabo la captura de reproductores de arawana plateada con el uso de un chinchorro con ojo de malla de $\frac{3}{4}$ de pulgada de 40 metros de largo.

- **Bandejas y recipientes plásticos.** Utilizados para la preparación y almacenamiento de las dietas experimentales.

5.5.2 Equipos. Se dispuso de:

- **Balanza gramera digital marca Camry, referencia 5055 (0 g hasta 1,0 g).** Mide el peso en gramos de los peces.
- **Balanza analítica marca Kern, referencia ABS 80-4 (0,01 mg).** Utilizada para pesar los aditivos.
- **Aireador eléctrico (GF- 120).** Adaptado al sistema de acuarios
- **Cámara digital (PANASONIC- LUMIX).** Utilizada para realizar el seguimiento fotográfico a la ejecución del trabajo de campo.
- **Filtro mecánico (AE 808).** Empleado durante los recambios de agua del sistema de acuarios. Su capacidad es de 1500 L/h.
- **Ictiómetro.** Utilizado para medir la talla de los peces en cm.
- **Equipo digital multiparámetro de calidad de aguas (YSI 550 A y YSI 63).** Empleado para el registro de parámetros como el oxígeno (mg/l), la temperatura (°C), el pH y la conductividad (µs/cm) en cada unidad experimental.
- **Equipo Hach “test” (modelo FF1A).** Utilizado para llevar el control de parámetros fisicoquímicos adicionales como: Amonio (mg/l), Nitritos (mg/l), y Alcalinidad (mg/l).
- **Computador (COMPAQ Presario V3000) e impresora (DELL 810 láser color).** Equipos empleados para el registro y análisis.
- **Molino eléctrico.** Utilizado para la molienda del concentrado extrudizado.

5.5.3 Insumos.

- **Concentrado comercial (50% de proteína).** Presentación: extrudizado.
- **Sal marina.** Empleada en tratamientos profilácticos de alevinos de *O. bicirrhosum*.
- **Inmunoestimulante comercial, marca Grobionic[®]-A**

- **Probiótico comercial, marca Lacto- sacc[®].**
- **Almidón.** Empleado como adherente en el proceso de incorporación del probiótico y el inmunoestimulante al balanceado comercial.

5.6 PLAN DE MANEJO

5.6.1 Extracción de larvas. Las larvas de arawana plateada fueron obtenidas de la Estación Piscícola de ACUICA y fincas de socios productores, con una previa identificación y pesca de machos incubantes (Tabla 1).

Figura 5. Pesca y extracción de larvas de arawana plateada



Tabla 1. Cantidad de larvas recolectadas por reproductor de arawana

Reproductor	Propietario (Socio ACUICA)	Cantidad larvas/reproductor
1	Sr. Germán Galvis	100
2	Sr. Rufino Chindicué	30
3	Sr. Rufino Chindicué	45
4	Sr. Rufino Chindicué	50
5	Estación Piscícola VAI	80
6	Sr. Joel Merchán	60
TOTAL		365

5.6.2 Siembra y aclimatación. Una vez obtenidas, se transportaron en contenedores plásticos al laboratorio de manejo y se sembraron en cantidad de 2,0 animales por litro en cada acuario adecuado con agua esterilizada, aireación y temperatura constante de 28°C. Fueron sometidas a un tratamiento preventivo con sal en cantidades de 3,0 g/l por 12 horas y recambio posterior del 50% de agua.

5.6.3 Entrenamiento alimentario. La adaptación a dietas secas es indispensable para facilitar el manejo de esta especie y por lo tanto lograr su alimentación; esta debe realizarse en las primeras etapas de vida, lográndose en el menor tiempo posible cuando los animales aún poseen saco vitelino.

Durante 15 a 20 días, tiempo que dura el proceso de reabsorción de las reservas vitelinas, los individuos fueron sometidos al entrenamiento alimentario, que consistió inicialmente en suministrar a diario pequeñas cantidades de alimento concentrado pulverizado con 45 % de proteína distribuido en seis comidas y reemplazando durante la última semana este balanceado por el extrudizado con 50 % de proteína. Al finalizar la etapa larval los animales ya se encuentran en capacidad de aceptar con facilidad alimento concentrado extrudizado.

Tabla 2. Proceso de adaptación a la dieta seca

Semanas	Características de las reservas vitelinas	Suministro de alimento artificial
1	Larvas de arawana recién capturadas, en estadio de desarrollo IV. Inicio del entrenamiento alimentario.	Suministro de alimento concentrado pulverizado con 45% de proteína a voluntad en seis comidas diarias.
2	Larvas en estadio V-VI. Longitud promedio de 6 cm. Saco vitelino reabsorbiéndose rápidamente.	Alimento pulverizado con 45% de proteína durante los primeros tres días. Finaliza la semana con la interacción de alimento en polvo y el granulado reducido a partículas más pequeñas y se reduce la frecuencia de alimentación.
3	Larva convertida en alevín. Saco vitelino reabsorbido completamente.	Alevinos Adaptados al alimento concentrado, consumo 100% del pellet.

5.6.4 Manejo de alevinos. Terminado el periodo de larvicultura, los individuos fueron distribuidos de manera aleatoria en las unidades experimentales en una cantidad de 25 individuos por cada una y se registraron los datos iniciales de peso y longitud promedio.

Figura 6. Distribución de animales en las unidades experimentales



5.6.5 Preparación alimento. Para los tres tratamientos que incluyeron la adición de probióticos e inmunoestimulantes comerciales en el alimento concentrado se empleó el método de impregnación definido por López et al³⁸ que consiste en: pesar 5,0 g de almidón y disolverlos en 100 ml de agua. Esta solución se debe calentar hasta el punto de ebullición, manteniendo constante agitación para evitar la formación de grumos; luego se deja enfriar a temperatura ambiente y se incorpora por micromezcla las cantidades necesarias del probiótico y el inmunoestimulante a un kilogramo de alimento balanceado.

Se utilizó concentrado comercial con 50% de proteína, requerimiento necesario para el levante de alevinos de arawana, probiótico comercial a base de bacterias lácticas y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), e inmunoestimulante comercial constituido por productos naturales (extractos de levadura, productos de fermentación y suero de lechería).

³⁸ LÓPEZ, Jorge et al. Nutrición Acuícola. Evaluación de inmunoestimulantes en las fases de levante y ceba de trucha arcoiris (*O. mykiss*) cultivada en jaulas flotantes en el Lago Guamuéz. Vicerrectoría de Investigaciones Postgrados y Relaciones Internacionales. Sistema Investigaciones. Pasto. Colombia. 2005. p. 6.

Figura 7. Pesaje del alimento comercial y preparación del almidón



Se mezcló en bandejas plásticas el concentrado y se adicionó el probiótico e inmunoestimulante comerciales mediante el sistema de micromezcla. El alimento preparado se secó a la sombra durante 24 horas y se almacenó en recipientes plásticos para protegerlo de la humedad. En la tabla 2 se describe las cantidades de insumos utilizadas por cada tratamiento.

Figura 8. Insumos y preparación del alimento por micromezcla



Tabla 3. Cantidad de insumos utilizados por tratamiento

Tratamiento	Probiótico (g)	Inmunoestimulante (g)	Concentrado (g)	Incorporante (g)
0	0	0	1907,47	0
1	19,09	0	1909,34	9,55
2	0	19,17	1916,78	9,58
3	9,51	9,51	1902,56	9,51
TOTAL	28,60	28,68	7636,15	28,64

Figura 9. Pesaje del alimento preparado y almacenamiento



5.6.6 Alimentación. Las dietas experimentales fueron suministradas en tres comidas diarias: 8:00 am, 12:00 m y 4:00 pm, pesadas y a voluntad; al final de cada día se determinó la cantidad total consumida por los animales de cada tratamiento.

5.6.7 Muestreos. Cada semana se llevaron a cabo muestreos del 20% de la población para registrar el peso y talla en cada unidad experimental (Anexo 1).

Figura 10. Pesaje y medición de alevinos



5.6.8 Recambios de agua. Se realizaron recambios del 50 % del volumen total de agua cada tres días en todas las unidades experimentales. Se utilizó un filtro UV para tratar el agua utilizada durante este procedimiento.

Figura 11. Recambio de agua y filtro UV



5.6.9 Profilaxis. Semanalmente se efectuó un tratamiento profiláctico a cada acuario con sal en una concentración de 2,0 g/l por un periodo de 12 horas y posterior recambio del 50 % de agua.

5.6.10 Toma de parámetros físicos y químicos. Se registraron semanalmente datos de parámetros físicos y químicos como temperatura del agua (°C) (Anexo 2), pH (unidades) (Anexo 3), Oxígeno disuelto (mg/l) (Anexo 4), Conductividad (µs/cm) (Anexo 5), Alcalinidad (mg/l) (Anexo 6), Amonio (mg/l) y Nitritos (mg/l).

5.6.11 Registros de alimentación. Se llevaron registros de la cantidad de alimento suministrado en cada unidad experimental (Anexo 7).

5.7 TRATAMIENTOS

Se evaluaron cuatro tratamientos correspondientes al suministro de dietas compuestas por alimento balanceado con y sin el uso de probióticos e inmunoestimulantes y tres réplicas por tratamiento, teniendo en cuenta la dosis recomendada por los fabricantes de estos productos: de 5,0 a 10 g por cada kilogramo de concentrado comercial para el probiótico y 1 a 2% para el inmunoestimulante, de la siguiente manera:

T0= Alimento concentrado comercial con 50 % de proteína (control)

T1= Alimento concentrado comercial adicionado con 10 g/kg de probiótico

T2= Alimento concentrado comercial adicionado con 10 g/kg de inmunoestimulante

T3= Alimento concentrado comercial adicionado con 5,0 g/kg de probiótico y 5,0 g/kg de inmunoestimulante

5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), conformado por cuatro tratamientos, cada uno con tres réplicas, distribuidos en un total de doce unidades experimentales, representadas por cada acuario; cada unidad estuvo conformada por 25 alevinos de arawana plateada, según el siguiente modelo matemático:

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

Donde:

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

μ = media

T_j = efecto del j - ésimo tratamiento.

j = tratamiento 1, 2, 3 y 4.

i = réplicas 1,2 y 3

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

En aquellas variables que cumplieron los supuestos estadísticos, se realizó un análisis de varianza con un 95 % de significancia; en caso de encontrarse diferencia entre los tratamientos se realizó la prueba de Tukey para establecer el mejor tratamiento con respecto a las variables evaluadas.

Para comparar la variable sobrevivencia, se aplicó la prueba de Brand-Snedecor, representada mediante la fórmula:

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

Donde:

a_i = Número de éxitos.

p = Probabilidad de éxito promedio.

q = Probabilidad del encuentro no favorable

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

Para el análisis estadístico se efectuó un submuestreo para las variables que fueron estudiadas.

5.9 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la realización de esta investigación se planteó las siguientes hipótesis:

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$: ninguno de los tratamientos presenta diferencias significativas con respecto a la media.

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$: al menos uno de los tratamientos presenta diferencias significativas con respecto a la media.

5.10 VARIABLES EVALUADAS

En el presente proyecto se tuvo en cuenta las siguientes variables:

5.10.1 Tasa de Crecimiento Específica (TCE): Permite determinar la ganancia de peso diaria promedio expresada como porcentaje. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{TCE (\%diaria)} = \left(\frac{\text{LnPpf} - \text{LnPpi}}{T} \right) \times 100$$

Donde:

TCE (%/diaria): Tasa de crecimiento específica.

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

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

T: Periodo de tiempo en días.

5.10.2 Porcentaje de Supervivencia (%S): Corresponde al porcentaje de animales que sobreviven al final del periodo experimental.

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

Donde:

%S: Porcentaje de supervivencia.

NF: Número total de animales sobrevivientes al final del periodo de estudio.

NI: Número inicial de animales en el periodo de estudio.

5.10.3 Incremento de Longitud Semanal (ILS): Permite determinar el incremento de longitud que alcanzan los animales durante el periodo de estudio y se calcula mediante las diferencias de longitud semanales.

$$ILS = Tf - Ti$$

Donde:

ILS: Incremento de talla.

Tf: Talla final.

Ti: Talla inicial.

5.10.4 Incremento de Peso Semanal (IPS): Corresponde a la ganancia de peso que logran cada uno los individuos o la población total evaluada. Se obtuvo al final del periodo de experimentación mediante las diferencias de pesos final e inicial semanales.

$$IPS = Wf - Wi$$

Donde:

IP: Incremento de peso.

Wf: Peso final.

Wi: Peso inicial.

5.10.5 Conversión Alimenticia Aparente (CAA): Relaciona las unidades de alimento balanceado que se requieren para producir unidades de peso durante cada semana de fase experimental.

$$CAA = \frac{As}{IP}$$

Donde:

As: Total de alimento suministrado (g).

IP: Incremento de peso (g).

5.10.6 Relación de Eficiencia Proteica (REP): Permite determinar las unidades de peso alcanzado con respecto a la proteína suministrada.

$$REP = \frac{IP}{Ps}$$

Donde:

IP: Incremento de peso alcanzado (g).

Ps: Proteína suministrada.

5.10.7 Eficiencia Alimenticia (EA): Corresponde a la cantidad del incremento del peso alcanzado sobre la cantidad de alimento suministrado.

$$EA = \frac{IP}{As}$$

Donde:

IP: Incremento de peso (g).

As: Total de alimento suministrado (g).

5.10.8 Análisis parcial de costos (B-C): Se calculó teniendo en cuenta el valor de larvas, consumo de alimento artificial, cantidad de probiótico e inmunoestimulante, insumos y demás materiales que se utilizaron para el desarrollo de este proyecto.

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

Donde:

B-C: Relación beneficio-costos.

IT: Ingreso total (unidad de alevinos sobrevivientes por precio de venta)

CT: Costo total (costos fijos más costos variables)

5.11 OTROS PARÁMETROS DE OBSERVACIÓN

5.11.1 Talla de comercialización. Se evaluó cual de los tratamientos alcanzó la talla comercial de 15 a 20 cm en menor tiempo durante los tres meses de trabajo experimental.

5.11.2 Prueba de estrés. Posterior al último muestreo de seguimiento del ensayo, y con previa cuarentena de 24 horas, los animales de cada tratamiento fueron sometidos a una prueba de resistencia a empaque para simular un transporte. Se empacaron en bolsas plásticas de fondo cuadrado, con una parte de agua y dos de oxígeno y en una cantidad de 15 animales por cada una (Figura 12). La prueba tuvo una duración de 12 horas, durante la cual se evaluó la respuesta de las arañas al estrés provocado por el empaque y se registró el comportamiento por cada hora (Anexo 8). El objetivo de esta prueba fue determinar cual tratamiento resistió el mayor tiempo de transporte y determinar si el uso de probióticos e inmunoestimulantes producen efectos sobre situaciones de estrés.

Figura 12. Empaque de arañas



6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 PESO INICIAL DE SIEMBRA

El peso inicial promedio de los cuatro tratamientos no presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p > 0,05$) (Anexo 9). Los coeficientes de variación presentados en la Tabla 4, se encuentran por debajo del 20%, demostrando la homogeneidad de la población al momento de la siembra. Este valor de coeficiente de variación es recomendado por Acuña y Guevara, citados por Palacios³⁹, quienes afirman que coeficientes superiores a 30 demuestran escasez de alimento y de espacio suficiente para el crecimiento normal de los peces.

Tabla 4. Peso promedio inicial para cada tratamiento

	T0	T1	T2	T3
PROMEDIO (g)	2,07	1,93	1,93	2,07
DS	0,26	0,26	0,26	0,26
CV	12,49	13,36	13,36	12,49

6.2 INCREMENTO DE PESO SEMANAL

El análisis de varianza ($p < 0,05$) demostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 10) y la prueba de significancia de Tukey (Anexo 11), estableció que el tratamiento T3, correspondiente al alimento concentrado comercial adicionado con 5,0 g/kg de probiótico y 5,0 g/kg de inmunoestimulante, presentó mejores resultados con un incremento promedio final semanal de $1,52 \pm 0,92$ g, seguido del T1 con $1,40 \pm 1,12$ g, y el T2 con $1,38 \pm 1,07$ g. En la Tabla 5 se indican los pesos promedios con su respectiva desviación estándar y coeficiente de variación finales obtenidos para cada tratamiento.

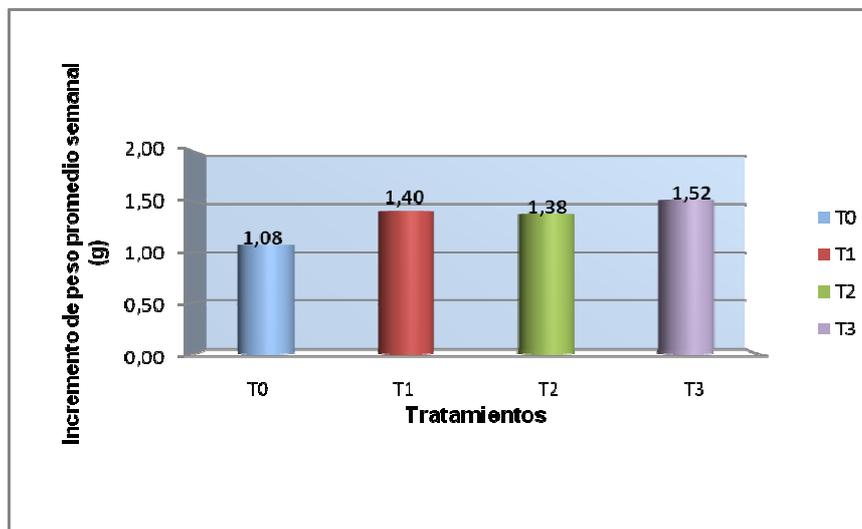
³⁹ PALACIOS, P. Evaluación comparativa de dos estimulantes de crecimiento tipo probiótico y prebiótico en el levante y ceba del sábalo amazónico (*Brycon melanopterus* COPE, 1872), en el centro experimental amazónico, Mocoa, Putumayo, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2007. p. 65.

Tabla 5. Resumen estadístico para Incremento de Peso Semanal

Trat.	Frecuencia	Media	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	15	1,08	0,94	87,88%	0,2	3,53	3,33
1	15	1,40	1,12	79,38%	0,07	3,8	3,73
2	15	1,38	1,07	77,36%	0,07	3,4	3,33
3	15	1,52	0,92	60,66%	0,2	2,8	2,6
Total	60	1,34	1,00	74,60%	0,07	3,8	3,73

El mayor incremento de peso (Figura 13) encontrado en este estudio es superior al reportado por Castro y Santamaría⁴⁰, quienes demostraron que el crecimiento de alevinos de arawana plateada en estanques en tierra es de 1,05 g/semana. Esto ratifica que se logran mejores resultados en el manejo de alevinos de arawana mediante el uso de sistemas de acuarios y con la incorporación de promotores de crecimiento en el alimento balanceado.

Figura 13. Incremento total de peso promedio semanal



⁴⁰ CASTRO, D y SANTAMARÍA, C. Estudio preliminar del desarrollo de la "Arawana" (*Osteoglossum bicirrhosum*) (Vandelli, 1829) a diferentes densidades de siembra. *En*: Sistemas de Información y Bases de Datos, Convenio Andrés Bello. Colombia. 1993. p. 61-72. [citado el 2 de noviembre de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://www.convenioandresbello.org/cab3/sibd4/index.php?option=com_content&task=view&id=36&Itemid=58>.

Con respecto a los resultados anteriores se pueden destacar los datos obtenidos por Palacios⁴¹, quien al hacer una evaluación comparativa con probióticos y prebióticos en la especie nativa el 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 Maya⁴², quienes usaron probióticos y prebióticos en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp.*), encontraron el mayor crecimiento con la adición simultánea de 2,0 g de probiótico y 2,0 g de prebiótico por kilogramo de alimento, con un incremento de 92,33% superior al tratamiento testigo (balanceado comercial con 34% de proteína).

Ensayos realizados en la Asociación de Acuicultores del Caquetá⁴³ en la alimentación de alevinos de arawana plateada con tres tipos de dieta diferente: alimento concentrado con 45% de proteína, alimento vivo (gupy) y la combinación de los dos tipos de alimento, mostraron resultados de incremento de peso semanal de 0,9 g, 1,5g y 1,6g para cada dieta respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos por esta investigación, sin embargo, el suministro de alimento vivo no es factible aplicarlo como alternativa de alimentación ya que incrementa costos de producción, puede conllevar a problemas patológicos transmitidos por los mismos y el manejo en cautiverio para productores y acopiadores de esta especie se complica porque la consecución del alimento vivo es difícil.

En la Figura 14 se observa el comportamiento de los incrementos de peso promedio semanal de cada uno de los tratamientos, en donde se nota un conducta similar hasta la quinta semana e incrementos altos y bajos hasta la semana quince para los tratamientos T0, T1, T2 y T3, sin embargo los picos de variación para el T3 son menos amplios hasta final el periodo experimental. Esta situación poco común en la mayoría de las especies es también encontrada por Rubiano y Landines⁴⁴, quienes al evaluar 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.

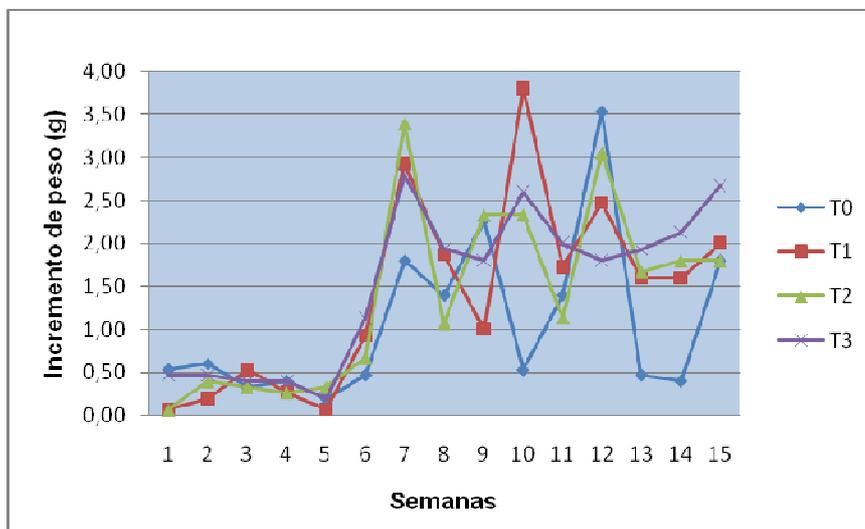
⁴¹ PALACIOS, Op. cit., p. 70.

⁴² CASTILLO, N. y MAYA, C. Evaluación comparativa de un prebiótico y un probiótico, en alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en estanque tipo invernadero. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2008. p. 62-66.

⁴³ Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA). Experiencia de trabajo realizada por: José Alexander López y Viviana del Carmen Cárdenas Terán.

⁴⁴ 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>>.

Figura 14. Comportamiento del incremento de peso promedio semanal



La curva que muestra el comportamiento del crecimiento (gramos) promedio por tratamiento durante todo el periodo experimental, hace notar que el mejor tratamiento fue el T3 (Figura 15) con un peso final promedio de 24,8 g, seguido del T1 con 23 g, T2 con 22,6 g y finalmente el T0 con 18.2 g (Figura 16). De igual manera la Figura 17, indica el incremento de peso total obtenido al final del estudio, con valores de 22,73 g para T3; 21,07 g para T1; 20,67 para T2 y 16,13 para T0. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Coral y Zambrano⁴⁵, quienes al evaluar el efecto de un probiótico y un inmunoestimulante comerciales en la fase de levante intensiva de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), demostraron que el mejor comportamiento productivo se obtuvo con la combinación de los dos promotores de crecimiento.

⁴⁵ 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 Acuicola. Pasto. Colombia. 2006. p. 52-55.

Figura 15. Crecimiento promedio semanal durante el ensayo

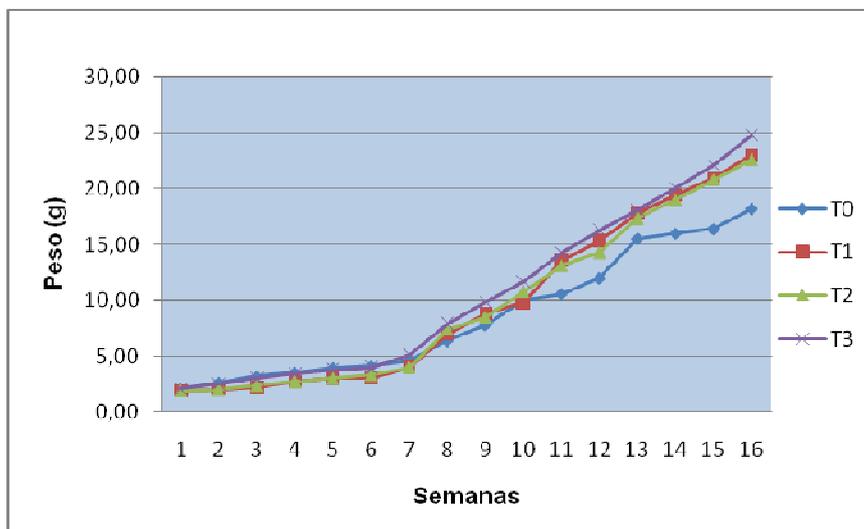


Figura 16. Peso promedio obtenido al final del estudio

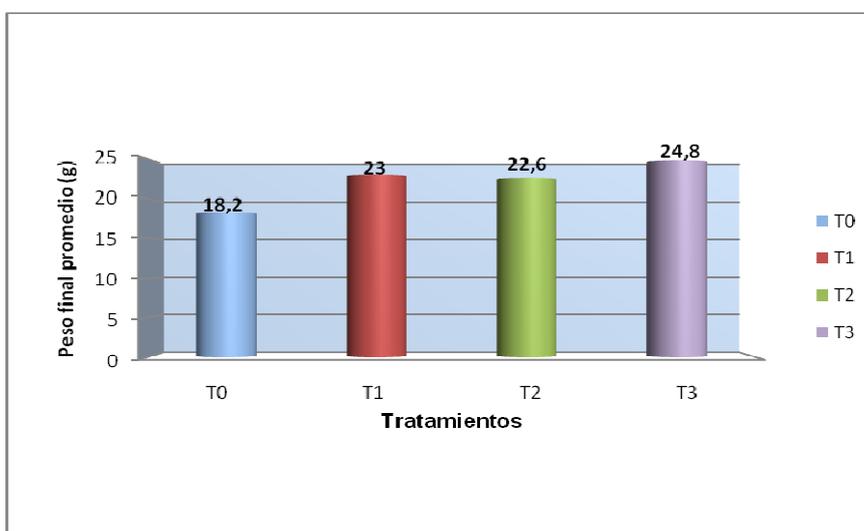
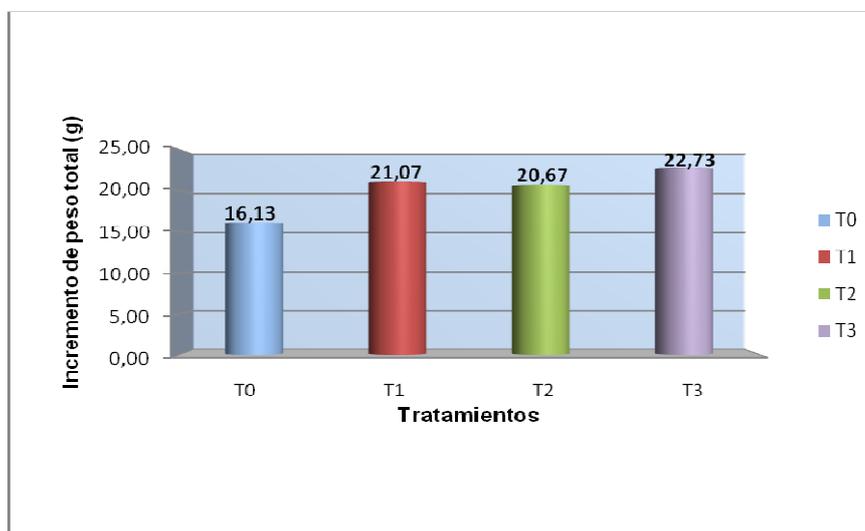


Figura 17. Incremento de peso promedio obtenido al final del estudio



6.3 LONGITUD INICIAL DE SIEMBRA

Según el análisis de varianza ($p > 0,05$), (Anexo 12), la longitud promedio de los cuatro tratamientos al momento de iniciar el ensayo, no mostró diferencias estadísticas significativas. Lo cual permite concluir que la longitud inicial no fue fuente de variación. En la Tabla 6, se muestran los datos de desviación estándar y coeficiente de variación de la longitud promedio inicial de los tratamientos.

Tabla 6. Longitud promedio inicial para cada tratamiento

	T0	T1	T2	T3
PROMEDIO (cm)	7,51	7,30	7,37	7,39
DS	0,37	0,35	0,33	0,55
CV	4,98	4,75	4,46	7,47

6.4 INCREMENTO DE LONGITUD SEMANAL

Según el análisis de varianza ($p < 0,05$), (Anexo 13) para el incremento de longitud promedio semanal de los diferentes tratamientos (Figura 18), se demostró que existen diferencias estadísticas significativas. T3, registró los mejores incrementos de longitud con un promedio y una desviación estándar de $1,07 \pm 0,71$ cm, seguido de T1 con $0,99 \pm 0,67$ cm; T2 con $0,94 \pm 0,65$ cm y T0 con $0,69 \pm 0,37$ cm, tal

como se muestra en la Tabla 7.

Figura 18. Comportamiento del incremento de longitud semanal

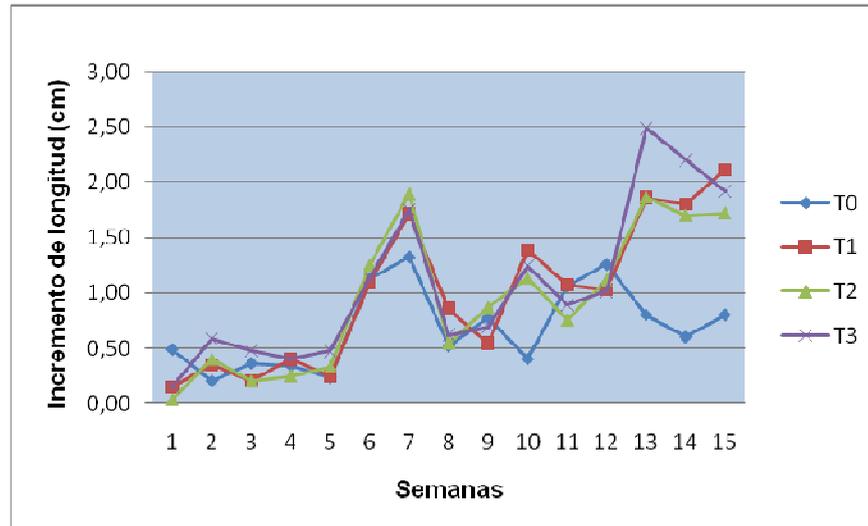
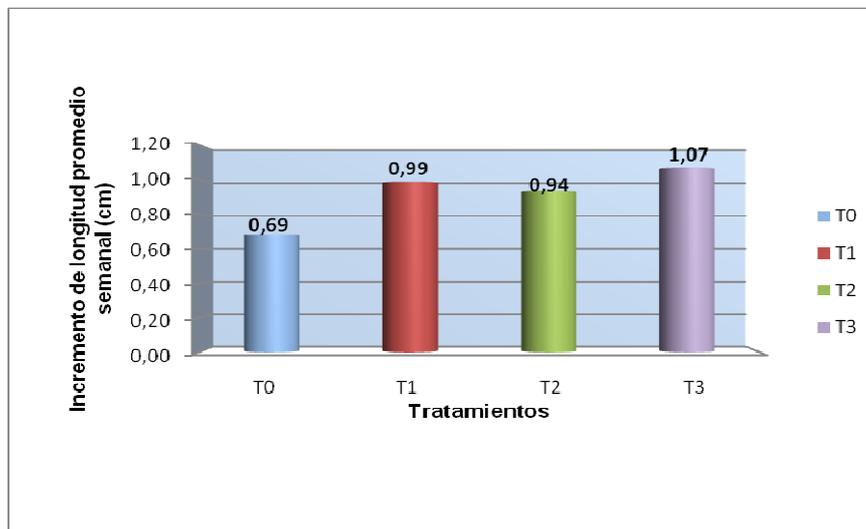


Tabla 7. Resumen estadístico para Incremento de Longitud Semanal

Trat.	Frecuencia	Media	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango
0	15	0,69	0,37	54,26%	0,2	1,33	1,13
1	15	0,99	0,67	67,47%	0,15	2,11	1,96
2	15	0,94	0,65	68,85%	0,03	1,89	1,86
3	15	1,07	0,71	66,77%	0,15	2,49	2,34
Total	60	0,92	0,62	66,89%	0,03	2,49	2,46

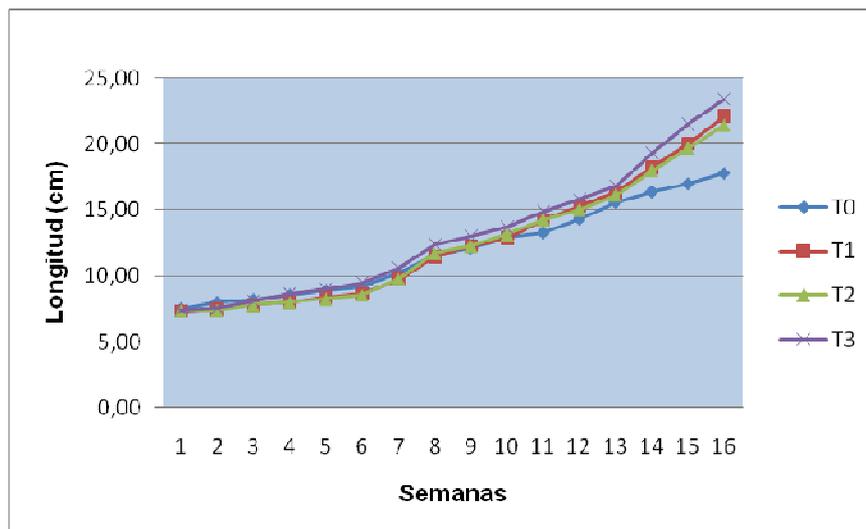
Según la prueba de Tukey, con el 95% de confianza (Anexo 14), el mejor tratamiento en la variable incremento de longitud semanal es el T3; los tratamientos T1 y T2 no presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo muestran resultados superiores con respecto al tratamiento testigo (T0) con 43,48% y 36,23% respectivamente (Figura 19).

Figura 19. Incremento de longitud total promedio semanal



Los resultados anteriores demuestran la eficiencia en la utilización de probióticos e inmunoestimulantes en la alimentación de alevinos de arawana plateada obteniendo buenos resultados en el incremento de longitud promedio semanal (Figura 20). Castillo y Maya⁴⁶, corroboran que los mejores incrementos de longitud total se logran 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 (*Oreochromis spp.*).

Figura 20. Curva de crecimiento (cm) semanal durante el ensayo



⁴⁶ CASTILLO y MAYA, Op. cit., p. 66-69.

6.5 TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICA (TCE)

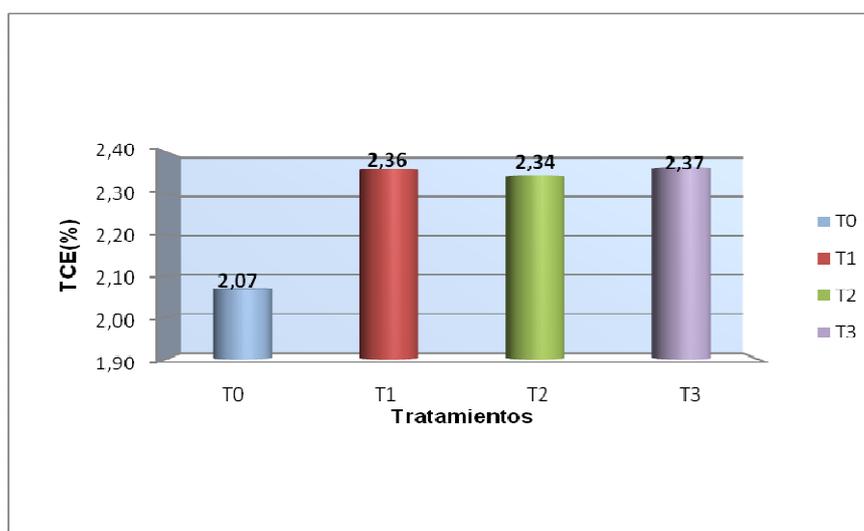
La tasa promedio de crecimiento específico diaria para alevinos de arawana plateada registró valores de 2,07% para T0; 2,36% para T1; 2,34% para T2 y 2,37% para T3 (Tabla 8). La diferencia proporcional entre los tratamientos indica que los tratamientos T1, T2 y T3, que incluyeron la adición de los promotores de crecimiento, fueron superiores con respecto al T0 (tratamiento testigo) en 14,01%, 13,04% y 14,49% respectivamente.

Tabla 8. Tasa de Crecimiento Específica durante el ensayo

Tratamiento	Tasa de Crecimiento Específica %
T0	2,07
T1	2,36
T2	2,34
T3	2,37

El análisis de varianza para esta variable ($p > 0,05$), indicó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos (Anexo 15), sin embargo el T3 (incorporación de probiótico e inmunoestimulante) reporta la mayor Tasa de Crecimiento Específica (Figura 21), lo cual implica que la especie alcanzó peso y talla ideales de comercialización en el menor tiempo posible de cultivo, esto se traduce en mayor rentabilidad para los productores de peces ornamentales.

Figura 21. Tasa de Crecimiento Específica promedio diaria



Muñoz⁴⁷, registra valores de Tasa de Crecimiento Específico (Tabla 9) en la alimentación de arawana plateada mediante la utilización de materias primas alternativas de origen vegetal y animal en dos lugares diferentes. Al comparar estos resultados con la mejor Tasa de Crecimiento Específica (T3= 2,37 %) obtenida en esta investigación se confirma que la incorporación de probióticos e inmunoestimulantes en las dietas alimenticias produce un efecto significativo en el crecimiento de *O. bicirrhosum*.

Tabla 9. Tasa de Crecimiento Específica en arawana plateada

	Florencia	Villavicencio
Dieta	TCE (%/d)	TCE (%/d)
AnVg	1,820	2,260
Cm	1,377	2,374
VgCm	1,300	1,917
AnCm	1,329	1,957

Cm: común; **AnVg:** alternativa animal + alternativa vegetal; **VgCm:** alternativa vegetal + común; **AnCm:** alternativa animal + común.

Hernández Margarita, et al⁴⁸, al evaluar la sobrevivencia y 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 Específico superiores en las dietas enriquecidas.

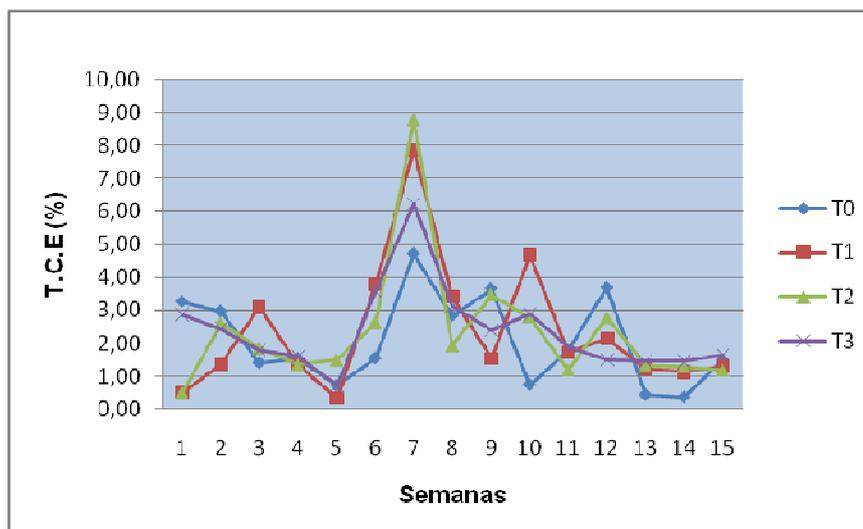
En la Figura 22, se observa el comportamiento de la Tasa de Crecimiento

⁴⁷ ENTREVISTA con Adriana Muñoz, coordinador general proyecto Universidad Nacional-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: Utilización de materias primas de origen vegetal y animal, de uso común y alternativo, en la formulación de dietas para crecimiento en cautiverio de juveniles de arawana azul (*Osteoglossum ferreirae*) y arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*).

⁴⁸ HERNÁNDEZ, M. et al. Efecto del alimento vivo enriquecido con *Lactobacillus casei* en la sobrevivencia y crecimiento de larvas y juveniles de *Chirostoma estor* (Pisces: Atherinopsidae). En: Revista Ciencia Pesquera. México. Volumen 17, número 2, (noviembre de 2009). p. 9-10. [citado el 15 de diciembre de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.inapesca.gob.mx/CP/cp17-2/Efecto%20del%20alimento%20vivo%20enriquecido%20con%20Lactobacillus%20casei%20en%20la%20sobrevivencia.pdf>>.

Específica promedio semanal durante toda la fase experimental, donde se observan variaciones durante todo el ensayo y se aprecian que los mayores incrementos se presentan durante la séptima semana. Esta situación es similar a la obtenida por Rubiano y Landines⁴⁹, quienes afirman que el crecimiento de la arawana plateada puede aumentar y disminuir en la fase larva-alevino.

Figura 22. Comportamiento de la Tasa de Crecimiento Específica



6.6 CONVERSIÓN ALIMENTICIA APARENTE (CAA)

Los resultados obtenidos para esta variable presentaron diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (Anexo 16). La prueba de Tukey, con el 95% de confianza (Anexo 17), demostró que la mejor conversión alimenticia aparente durante el periodo de estudio la obtuvo el T3 con un valor de 1,32; seguido en su orden del T1 con 1,33; T2 con 1,37 y finalmente T0 con 1,68 (Tabla 10).

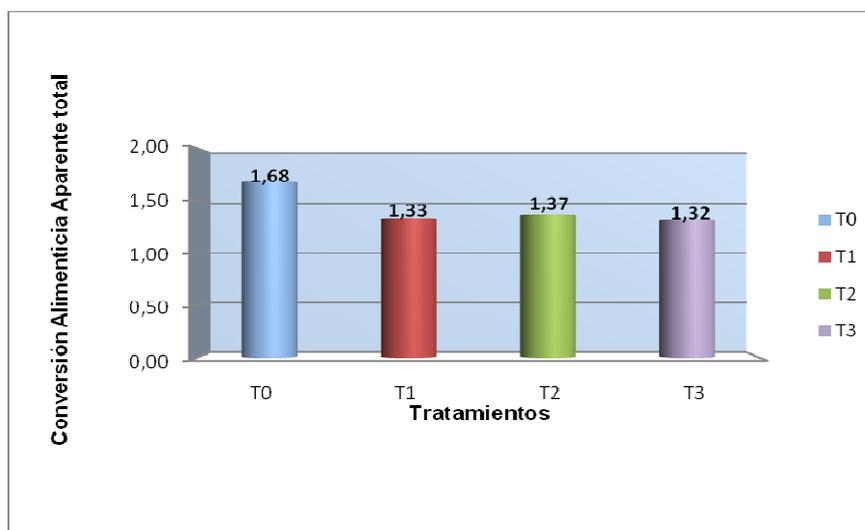
Tabla 10. Conversión Alimenticia Aparente promedio por tratamiento

Tratamiento	Conversión alimenticia
T0	1,68
T1	1,33
T2	1,37
T3	1,32

⁴⁹ RUBIANO Y LANDINES, Op. cit., p.1.

El mejor resultado obtenido en este ensayo (T3= 1,32) (Figura 23), mediante la incorporación de probióticos e inmunoestimulantes es superior a los reportados por Muñoz⁵⁰, quien encontró un valor de conversión alimenticia mínima de 2,39 con el uso simultáneo de materias primas alternativas de origen vegetal y animal, y un valor máximo de 3,57 mediante el uso simultáneo de materias primas alternativas vegetales y materias primas de uso común en la alimentación de arawana plateada.

Figura 23. Conversión Alimenticia Aparente durante el ensayo



Castillo y Maya⁵¹, no registran diferencias significativas en esta variable, sin embargo el tratamiento que incluyó la adición de probiótico y prebiótico presentó la mejor conversión con un ahorro de 0,86 kg de alimento por cada kilogramo de carne producido en la alimentación de tilapia roja.

La curva del comportamiento de la Conversión Alimenticia Aparente promedio semanal (Figura 24), indica conversiones numéricamente altas hasta la cuarta semana para todos los tratamientos, las cuales mejoran a partir de la quinta semana representado las mayores ganancias hasta finalizar el periodo experimental para los tratamientos T1, T2 y T3, que incluyeron la incorporación de promotores de crecimiento en el alimento comercial. Resultados similares son reportados por Coral y Zambrano⁵², al evaluar probióticos e inmunoestimulantes

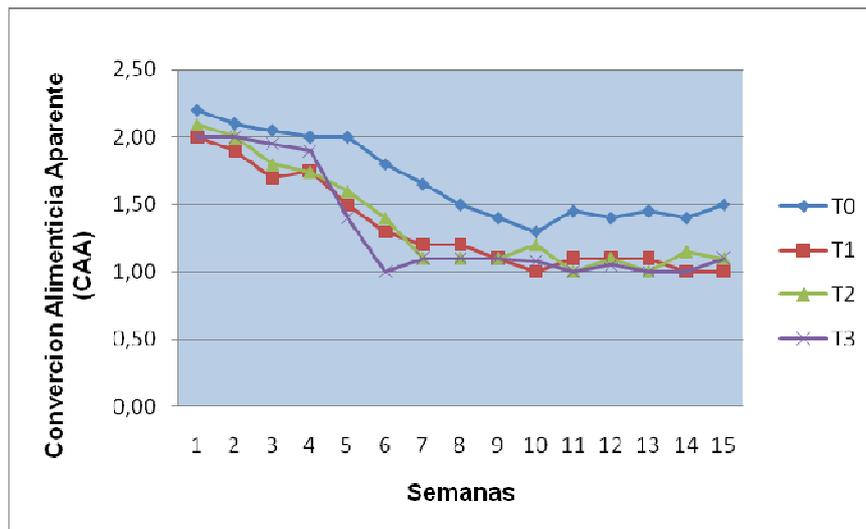
⁵⁰ ENTREVISTA con Adriana Muñoz, Op. cit.

⁵¹ CASTILLO y MAYA, Op. cit., p. 69-71.

⁵² CORAL y ZAMBRANO, Op. cit., p. 56-57.

en la alimentación de trucha arcoíris, por Cedeño y Rodríguez⁵³, al utilizar probióticos en el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* y por Guevara et al⁵⁴, al incorporar probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis sp.*); las tres investigaciones concluyen que el uso de probióticos mejora las tasas de conversión alimenticia y son una alternativa viable y económica para mejorar la rentabilidad de los cultivos.

Figura 24. Curva de la Conversión Alimenticia Aparente semanal



6.7 RELACIÓN DE EFICIENCIA PROTEICA (REP)

Los alevinos de arawana plateada de los cuatro tratamientos fueron alimentados con concentrado comercial 50% de proteína. Respecto a este contenido de proteína de las dietas experimentales, Argumedo⁵⁵ establece que el nivel recomendado durante la fase de levante inicial (baby arawana-volantona), es de 45 a 50%, adecuado para un óptimo crecimiento de esta especie cultivada en condiciones de cautiverio.

Se registraron valores de REP promedios de 1,54 para T0; 2,08 para T1; 2,05 para

⁵³ CEDEÑO y RODRIGUEZ, Op. cit., p. 1.

⁵⁴ GUEVARA, J.; MATEUS, R. y QUINTERO, L. Evaluación de la utilización de probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis sp.*). Bogotá. Colombia. 2007. p. 4. [citado el 15 de diciembre de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/memorias_validas/pdfs/Guevarapdf.>.

⁵⁵ ARGUMEDO, Op. cit., p. 74-75.

T2 y 2,25 para T3 (Tabla 11). Según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (Anexo 18), se encontraron diferencias estadísticas significativas y la prueba de Tukey con 95% de confianza (Anexo 19) estableció que el T3 (adición de probiótico e inmunoestimulante) presenta el mejor resultado con respecto a esta variable (Figura 25); en términos reales se puede decir que el T3 registró una ganancia de peso de 2,25 g por cada gramo de proteína consumida. Lo anterior es explicado por López⁵⁶, quien asegura que los probióticos y prebióticos son sustancias que promueven el crecimiento de la flora intestinal benéfica y al mismo tiempo controlan los organismos patógenos, optimizando la absorción de los nutrientes y la entrada de los mismos al sistema portal y el metabolismo hepático. De igual manera Uc Huchin, citado por Castro et al⁵⁷, hizo un estudio comparativo del efecto de la inclusión de una mezcla probiótica (*Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus faecium*) y un antibiótico (Terramicina) como promotores de crecimiento en dietas de tilapia nilótica (*O. niloticus*) observando que ciertas bacterias, de la microflora, que ocasionaban disminución en el aprovechamiento del alimento, eran eliminadas al administrarse el probiótico en la dieta, y por lo tanto aumentaba el aprovechamiento del mismo.

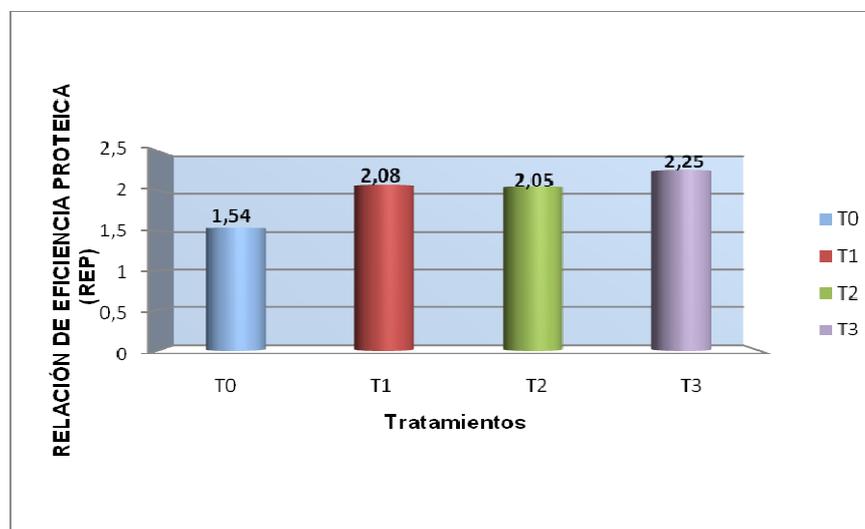
Tabla 11. Relación de Eficiencia Proteica promedio

Tratamiento	Relación Eficiencia Proteica
T0	1,54
T1	2,08
T2	2,05
T3	2,25

⁵⁶ LÓPEZ, Op. cit., p. 79.

⁵⁷ CASTRO, Op. cit., p.3-4.

Figura 25. Relación de Eficiencia Proteica (REP) promedio



6.8 EFICIENCIA ALIMENTICIA (EA)

Esta variable como indicador del porcentaje de alimento que fue convertido en biomasa en los alevinos de arawana plateada, presentó diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p < 0,05$) (Anexo 20) y mediante la prueba de Tukey con 95% de confianza (Anexo 21) se estableció que el mejor tratamiento fue el T3 con una eficiencia alimenticia de 92%, seguido en su orden del T2 con 89%, T1 con 85% y T0 con 73% (Tabla 12).

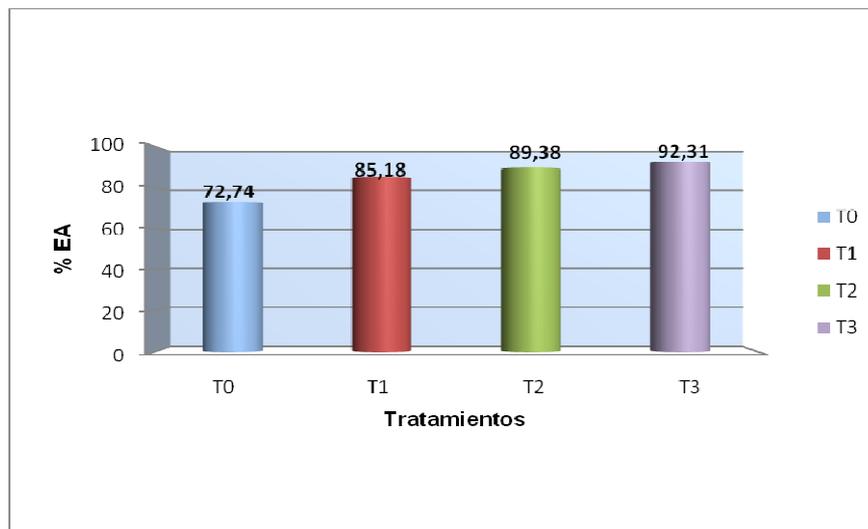
Tabla 12. Eficiencia Alimenticia promedio

Tratamiento	% Eficiencia Alimenticia
T0	73
T1	85
T2	89
T3	92

Los mejores resultados obtenidos con respecto a esta variable son los de los tratamientos T1, T2 y T3 (Figura 26), que incluyeron la adición de probiótico, inmunoestimulante y la mezcla simultánea de los dos respectivamente. Esta

situación es encontrada también por Schrijver y Ollevier, citados por Lara et al⁵⁸ quienes determinaron que la presencia de bacterias probióticas en la alimentación de tilapia nilótica, estimula la degradación de las proteínas en el tracto intestinal, mejora la digestibilidad aparente de la misma por lo tanto mejora la eficiencia alimenticia.

Figura 26. Eficiencia Alimenticia (EA) promedio total por tratamiento

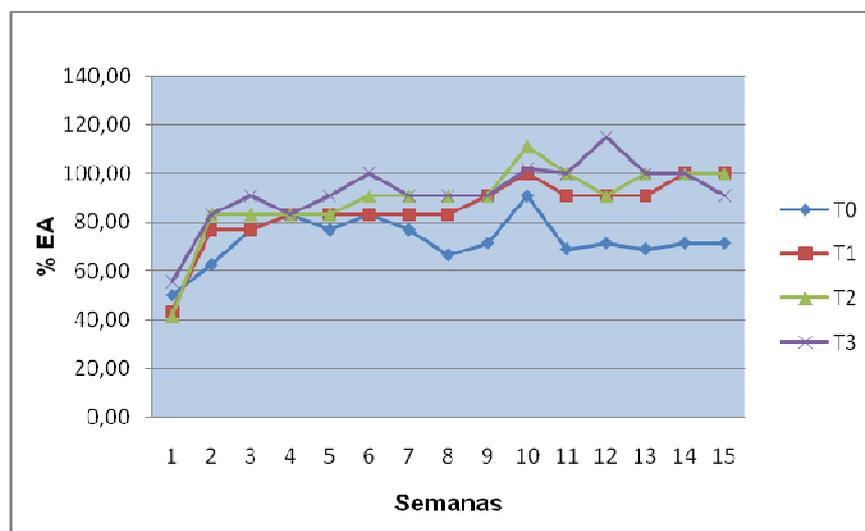


La Figura 27 indica el comportamiento de la Eficiencia Alimenticia a través del tiempo; en la misma se observa que los tratamientos T1, T2 y T3 son superiores con respecto al T0. Con estos resultados se puede corroborar la afirmación de Lara et al⁵⁹, quienes concluyen que el crecimiento, la digestibilidad y el aprovechamiento del alimento en tilapia nilótica es mejor con dietas que contengan suplementos probióticos.

⁵⁸ 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/VII.../A22.pdf>.

⁵⁹ Ibid., p. 5.

Figura 27. Comportamiento de la Eficiencia Alimenticia



6.9 SOBREVIVENCIA

Mediante la prueba estadística de Brand Snedecor (Anexo 22), se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Se registró una sobrevivencia final de 92% para T0 y de 98,7% para T1, T2 y T3 (Tabla 13). La sobrevivencia obtenida por T0 es favorable, sin embargo T1, T2 y T3 son superiores en aproximadamente 7%, lo que en términos económicos en el mercado de peces ornamentales representa una ganancia significativa.

Tabla 13. Sobrevivencia de alevinos para cada tratamiento

	T0	T1	T2	T3
Nº Inicial de peces	75	75	75	75
Nº Final de peces	69	74	74	74
Nº de peces muertos	6	1	1	1
% de mortalidad	8	1,3	,13	1,3
% de sobrevivencia	92	98,7	98,7	98,7

Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Argumedo⁶⁰, quien afirma que la fase entre alevino y juvenil en esta especie presenta grandes

⁶⁰ ENTREVISTA con Eric Argumedo, Subdirector técnico Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA). Florencia, 25 de febrero de 2009.

problemas por el alto porcentaje de mortalidad a pesar de ser manejada en sistemas controlados. La supervivencia en esta etapa suele ser igual o inferior al 60 %.

Lara et al⁶¹, demostraron que la inclusión de probióticos en dietas para tilapia nilótica sometida a estrés, incrementó la supervivencia significativamente. Gatosoupe, citado por Lara et al⁶², también observó este efecto en larvas de *Scophthalmus maximus*, al administrarles bacterias ácido lácticas; Douillet y Langdon, citados por Lara et al⁶³, demostraron que al utilizar un tipo de levadura, se incrementó la supervivencia de las larvas de *Crassostrea gigas*.

Martínez, M., et al⁶⁴, 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 *B. 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 %. Los autores concluyen que las cuatro bacterias estudiadas 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.

6.10 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

Para la determinación de la relación beneficio costo, se tuvo en cuenta los costos de: larvas de arawana, alimento balanceado, insumos (almidón de yuca y sal marina), probiótico e inmunoestimulante, mano de obra, costo de energía, equipos y materiales (acuarios, filtros, termostatos y manguera) para cada uno de los tratamientos. Los porcentajes del costo de producción para el levante de alevinos de arawana plateada mediante la implementación de sistemas de alimentación con probióticos e inmunoestimulantes, no son elevados, lo que se convierte en una buena alternativa para los productores y acopiadores de esta especie (Tabla 14).

⁶¹ LARA, ESCOBAR Y OLVERA, Op. cit., p. 5.

⁶² Ibid., p. 5.

⁶³ Ibid., p. 5.

⁶⁴ MARTINEZ, Op. cit., p.4.

Tabla 14. Costos totales del ensayo

	Cantidad	VR. Unitario (\$)	VR. Total (\$)	Porcentaje (%)
Larvas de arawana	300	3000	900000	42,63
Alimento balanceado 50% proteína (g)	7636	4	30544	1,45
Probiótico comercial (g)	28,61	30	858,3	0,04
Inmunoestimulante comercial (g)	28,68	10	286,8	0,01
Almidón de yuca (g)	28,65	3	85,95	0,00
Sal marina (g)	20000	0,5	10000	0,47
Mano de obra (8 horas/día)	8	20000	160000	7,58
Termostatos	12	20000	240000	11,37
Acuarios	12	40000	480000	22,73
Filtros	12	10000	120000	5,68
Manguera	12	800	9600	0,45
Costo energía			160000	7,58
TOTAL			2111375,05	100

Las mejores relaciones beneficio costo fueron registradas por los tratamientos T1, T2 y T3 con un valor de 2,8 cada uno (Figura 28). Esto se explica porque estos tratamientos que incluyeron la adición de promotores de crecimiento presentaron los mayores porcentajes de sobrevivencia, por lo tanto el ingreso por unidad de arawana vendida es mayor (Tabla 15).

Figura 28. Relación beneficio costo por tratamiento

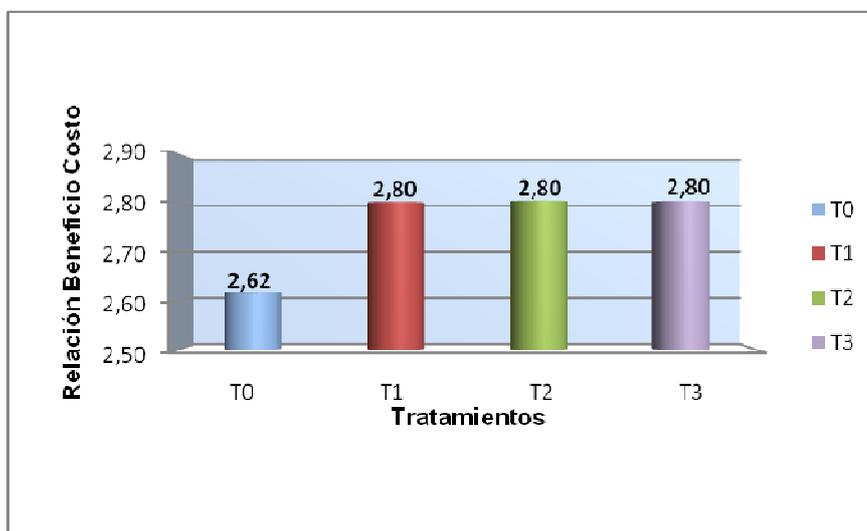


Tabla 15. Resumen del cálculo de la relación beneficio costo

Tratamiento	Costo total (\$)	N. Animales	Precio venta (\$)	Ingreso bruto (\$)	Ingreso neto (\$)	Beneficio-Costo
T0	527529,86	69	20000	1380000	852470,14	2,62
T1	528138,72	74	20000	1480000	951861,28	2,80
T2	527787,59	74	20000	1480000	952212,41	2,80
T3	527919,17	74	20000	1480000	952080,83	2,80

6.11 OTROS PARÁMETROS DE OBSERVACIÓN

6.11.1 Talla de comercialización. La Tabla 16 indica las tallas promedio mensuales alcanzadas durante el ensayo por cada tratamiento, donde se observa que los tratamientos T1, T2 y T3 alcanzaron 15,31; 15,02 y 15,8 cm respectivamente, es decir la talla de comercialización al tercer mes de investigación, demostrando la factibilidad del uso de promotores de crecimiento en el ahorro de tiempo e inversión económica.

Tabla 16. Talla promedio por cada mes de muestreo

	T0	T1	T2	T3
	Longitud (cm)	Longitud (cm)	Longitud (cm)	Longitud (cm)
MES 1	8,56	8,0	8,0	8,6
MES 2	11,59	11,45	11,72	12,35
MES 3	14,34	15,31	15,02	15,8
MES 4	17,8	22,11	21,42	23,42

6.11.2 Prueba de estrés. Los resultados de la simulación de transporte fueron iguales para los cuatro tratamientos, es decir que todos resistieron las doce horas de empaque. Sin embargo, doce horas después de finalizar la prueba y regresar las arawanas a su respectiva unidad experimental, se alimentó los animales de todos los tratamientos. Los tratamientos T1, T2 y T3, no manifestaron signos de estrés y recibieron de manera normal el pellet; mientras que los animales del T0 disminuyeron considerablemente la cantidad de alimento que estaban consumiendo. Este tipo de situaciones es explicado por Kuan et al⁶⁵, quien asegura que el uso de inmunoestimulantes está siendo una práctica habitual en el sector acuícola con el objeto de incrementar la supervivencia y preparar a los organismos frente a situaciones críticas como transporte, cambios de temperatura, manipulación periódica o cualquier otra situación estresante o problemas patológicos. De igual manera, el uso de levadura como probiótico en los tratamientos T1 y T3 afectó positivamente los resultados en esta prueba, Tovar et al⁶⁶, afirman que el rol benéfico de las levaduras es particularmente interesante debido a que ellas proveen Betaglucanos y nucleótidos que estimulan el sistema inmune de los peces.

Por otro lado, el comportamiento presentado por los animales del tratamiento testigo (T0), es argumentado por Rodríguez et al⁶⁷, quienes manifiestan que en condiciones de laboratorio se genera en los peces un alto grado de estrés, lo que

⁶⁵ KUAN, et al. Empleo de prebióticos, ácidos orgánicos, extractos de plantas y cofactores con actividad inmunoestimulante en la acuicultura. 2007. p.1. [citado el 18 de diciembre de 2009]. Disponible en internet:<URL: http://www.panoramaacuicola.com/noticia.php?art_clave=3274>.

⁶⁶ TOVAR RAMIREZ, et al. Op.cit., p.236-240.

⁶⁷ RODRIGUEZ, N; GAITÁN, S y CHAPARRO, N. Evaluación del crecimiento de juveniles del Bagre *Ariopsis bonillai* utilizando alimento con probióticos en condiciones de laboratorio. En: Revista Aquatic. Nº 24. Año 2006. España. p.2. [citado el 10 de marzo de 2010]. Disponible en internet:<URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=193>>. ISSN 1578-4541.

ocasiona una pérdida gradual del apetito y disminución en la respuesta de su sistema inmunológico, esto debido en parte a la manipulación a que son sometidos, lo cual podría conllevar al desarrollo de procesos infecciosos, que en la mayoría de los casos se manifiestan en un pobre desempeño y hasta con la muerte de los individuos.

6.12 PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA

En la Tabla 17 se muestran los valores promedios de temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, amonio, nitritos, nitratos y alcalinidad de cada uno de los tratamientos durante el ensayo. Según el análisis de varianza ($p < 0,05$), no se encontraron diferencias estadísticas para temperatura (Anexo 23), pH (Anexo 24), oxígeno (Anexo 25), Conductividad (Anexo 26) y Alcalinidad (Anexo 27) entre los tratamientos.

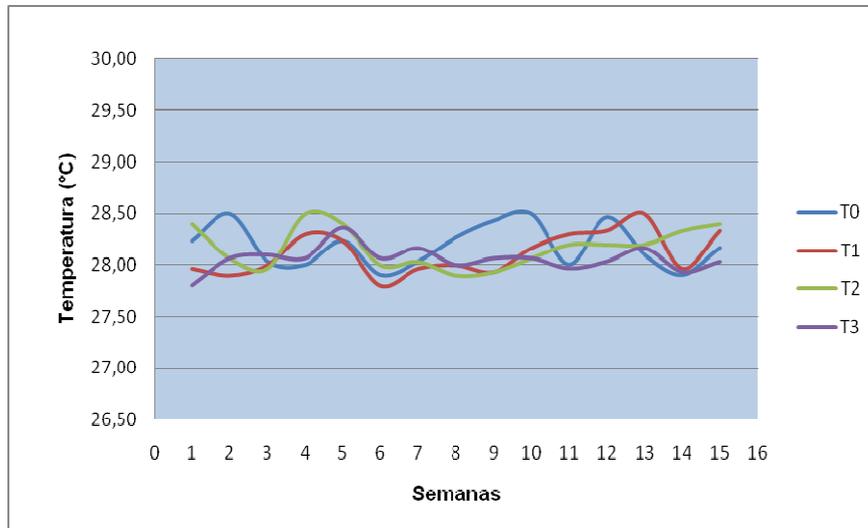
Se registró una temperatura promedio final de 28,18 °C para T0, 28,11 °C para T1, 28,17 °C para T2 y 28,06 °C para T3 (Figura 29), valores adecuados según lo recomendado por Argumedo⁶⁸, quien afirma que la temperatura óptima para el desarrollo de la arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) se encuentra en un rango de 26 °C a 29 °C.

Tabla 17. Parámetros físicos y químicos promedio por tratamiento

	T0	T1	T2	T3
Temperatura (°C)	28,18	28,11	28,17	28,06
pH (Unidades)	6,8	6,9	6,82	6,87
Oxígeno Disuelto (mg/l)	5,8	5,88	6,0	5,86
Conductividad (µs)	21,5	21,4	21,76	21,4
Amonio (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitritos (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitratos (mg/l)	0,0	0,0	0,0	0,0
Alcalinidad (mg/l)	17,4	17,38	17,07	17,31

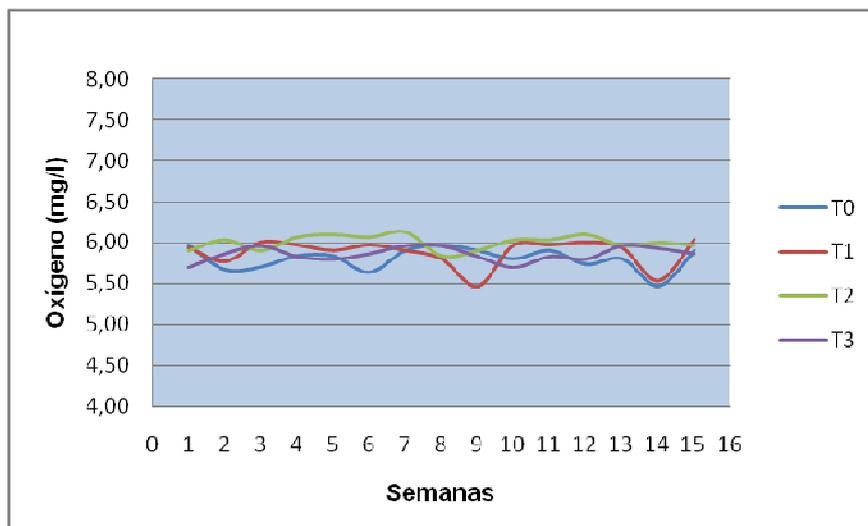
⁶⁸ ARGUMEDO, Op. cit., p. 48-50.

Figura 29. Curva de temperatura promedio semanal por tratamiento



Los valores promedio semanal de oxígeno (Figura 30), estuvieron dentro del requerimiento normal para la especie, Argumedo⁶⁹, manifiesta que las arañas crecen, se desarrollan y reproducen en agua con promedios de oxígeno de disuelto igual o superior a 4,2 mg/l.

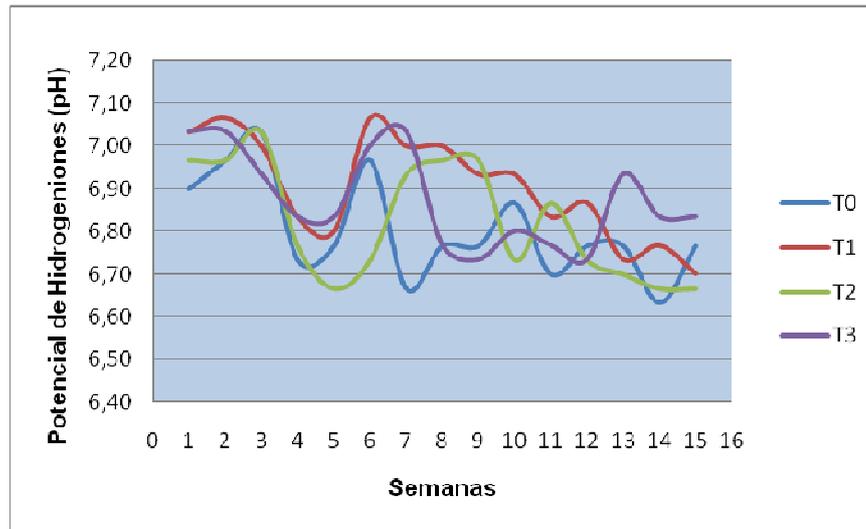
Figura 30. Curva de oxígeno promedio semanal por tratamiento



⁶⁹ ARGUMEDO, Op. cit., p. 55-57.

La Figura 31 muestra el comportamiento del pH durante el ensayo. El registro obtenido para este parámetro indica que los valores son óptimos para el cultivo de *O. bicirrhosum*. Argumedo⁷⁰, señala que el rango deseable para la cría comercial de arañas está entre 6,5 y 8,5.

Figura 31. Curva de pH promedio semanal por tratamiento



⁷⁰ ARGUMEDO, Op. cit., p. 58-60.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

7.1.1 Las variables incremento de peso y talla presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Mediante la prueba de Tukey se demostró que el T3 fue el mejor tratamiento con respecto a estas variables, con la adición simultánea del probiótico y el inmunoestimulante.

7.1.2 No se encontraron diferencias estadísticas en la variable tasa de crecimiento específico, sin embargo los tratamientos que incluyeron la adición de promotores de crecimiento (T1, T2 y T3), mostraron valores superiores con respecto al tratamiento testigo (T0).

7.1.3 Se presentaron diferencias estadísticas en las variables: conversión alimenticia, relación de eficiencia proteica y eficiencia alimenticia. El mejor tratamiento fue el T3, seguido en su orden del T1 y T2; demostrando así que el uso de probióticos e inmunoestimulantes mejoran de manera eficiente el aprovechamiento del alimento balanceado.

7.1.4 Mediante la prueba estadística de Brand Snedecor, se encontraron diferencias entre los tratamientos, obteniendo los mejores resultados de sobrevivencia para T1, T2 y T3 con 98,7%.

7.1.5 Los mejores índices de beneficio costo fueron obtenidos en su orden por los tratamientos T3, T1 y T2.

7.1.6 Se observó que los tratamientos que recibieron promotores de crecimiento respondieron favorablemente a la prueba de estrés.

7.1.7 Los parámetros físicos y químicos registrados durante el ensayo se mantuvieron dentro de los rangos adecuados para el manejo de esta especie.

7.1.8 Los tratamientos que incluyeron la adición de promotores de crecimiento en el alimento artificial, alcanzaron las mayores tallas de comercialización en menor tiempo con respecto al tratamiento testigo; esto demuestra la factibilidad del uso de probióticos e inmunoestimulantes en el ahorro de tiempo e inversión económica.

7.2 RECOMENDACIONES

7.2.1 Promover y fomentar el cultivo de arawana plateada mediante la implementación de mecanismos de alimentación con probióticos e inmunoestimulantes como alternativa de producción de peces ornamentales.

7.2.2 Evaluar bacterias propias del tracto gastrointestinal de arawanas en cultivo como posibles probióticos.

7.2.3 Realizar nuevos ensayos de alimentación con promotores de crecimiento para establecer las dosis óptimas para esta especie.

7.2.4 Llevar a cabo ensayos con probióticos adicionados al agua de cultivo con el fin de que actúen como un control biológico en la prevención de ataques bacterianos.

7.2.5 Incrementar las densidades de alevinos de arawana por acuario para evaluar los posibles efectos del uso de probióticos e inmunoestimulantes sobre las variables estudiadas en esta investigación.

7.2.6 Crear una línea de investigación orientada a la producción de arawana en cautiverio.

BIBLIOGRAFÍA

ARGUMEDO, Eric. Arawanas: manual para la cría comercial en cautiverio. Florencia, Colombia: Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA), 2005. p. 105.

Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA). Experiencia de trabajo realizada por: José Alexander López y Viviana del Carmen Cárdenas Terán.

BALCAZAR, J. Uso de probióticos en acuicultura: Aspectos generales. En: Memorias Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA 2002. Zaragoza, España. p.4. [citado el 5 de febrero de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.civa2002.org>>.

BARANDICA, L y TORT, L. Neuroendocrinología e inmunología de la respuesta al estrés en peces. En: Revista Académica Colombiana de Ciencias. 2008. Volumen XXXIII. Número 123. p.18. [citado el 10 de marzo de 2010]. Disponible en internet: <URL: [http:// www.accefyn.org.co/revista/Vol_32/123/267-284.pdf](http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_32/123/267-284.pdf)>. ISSN 0370-3908.

CASTILLO, N. y MAYA, C. Evaluación comparativa de un prebiótico y un probiótico, en alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en estanque tipo invernadero. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto. Colombia. 2008. p. 111.

CASTRO, Germán.et al. Importancia de los probióticos en la acuicultura, utilizando artemia franciscana como bioencapsulante. Universidad Autónoma de México, división de CBS, 2000. p. 5. [citado el 2 abril de 2009]. Disponible en internet: <URL: [http //www.izt.uam.mx/contactos/n57ne/probioti.pdf](http://www.izt.uam.mx/contactos/n57ne/probioti.pdf)>.

CASTRO, D y SANTAMARÍA, C. Estudio preliminar del desarrollo de la "Arawana" (*Osteoglossum bicirrhosum*) (Vandelli, 1829) a diferentes densidades de siembra. En: Sistemas de Información y Bases de datos, Convenio Andrés Bello. Colombia. 1993. p. 72. [citado el 2 de noviembre de 2009]. Disponible en internet:<URL:[http://www.convenioandresbello.org/cab3/sibd4/index.php?option=c om_content&task=view&id=36&Itemid=58](http://www.convenioandresbello.org/cab3/sibd4/index.php?option=com_content&task=view&id=36&Itemid=58)>.

CEDEÑO, R. y RODRIGUEZ, J. Uso de los Probióticos *Vibrio hepatarius* (P62) y *Bacillus* sp. (P64) en el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei*. Boletín informativo N.134, Guayaquil, Ecuador: Centro Nacional de Investigaciones Marinas (Cenaim), 2006. p. 3. [citado el 25 de febrero de 2009]. Disponible en internet: <URL: [http: //www.cenaim.espol.edu.ec](http://www.cenaim.espol.edu.ec)>.

COLOMBIA. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT. Biocomercio sostenible. 2002, Información básica sobre el mercado mundial de peces ornamentales. Bogotá, Colombia: 2002. p. 15. [citado el 15 de enero de 2009]. Disponible en internet:<URL: http://www.humboldt.org.co/obio/simbio/documentos/Sondeo%20del%20Mercado%20de%20peces_ornamentales.pdf>.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURAY DESARROLLO RURAL. Sistema de información de pesca y acuicultura. Boletín mensual. Captura y comercialización de la arawana. 2009. Bogotá, Colombia. p. 17. [citado el 10 de marzo de 2010]. Disponible en internet:<URL: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200962511831_BolMayo2009.pdf>. ISSN 2011 – 8139.

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. 78.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA CORPOICA. Ubicación meteorológica Caquetá 2000. [en línea]. [citado el 2 de julio de 2008]. Disponible en internet: <URL: <http://www.corpoica.org.co>>.

ENTREVISTA con Adriana Muñoz, coordinador general proyecto Universidad Nacional-Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: Utilización de materias primas de origen vegetal y animal, de uso común y alternativo, en la formulación de dietas para crecimiento en cautiverio de juveniles de arawana azul (*Osteoglossum ferreirae*) y arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*).

ENTREVISTA con Eric Argumedo, Subdirector técnico Asociación de Acuicultores del Caquetá (ACUICA). Florencia, 25 de febrero de 2009.

GATESOUBE, F. The use of probiotics in aquaculture. En: Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. Memorias Seminario Internacional de Producción Acuícola. Pasto, Colombia. 2004. Año 1. No. 1. p. 19.

GUEVARA, J.; MATEUS, R. y QUINTERO, L. Evaluación de la utilización de probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis sp*). Bogotá. Colombia. 2007. p. 5. [citado el 15 de diciembre de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/memorias_validas/pdfs/Guevarapdf.>.

GÜNTER, J. y JIMÉNEZ, R. Efecto del probiótico *Bacillus subtilis* sobre el crecimiento y alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y langostino

(*Macrobrachium rosenbergii*) en laboratorio. En: Revista de Biología Tropical. Bogotá, Colombia. Volumen 52, N.4, (agosto, 2004). p. 2. [citado el 25 de enero de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://www.scielo-sa-cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004001200015&lng=pt&nrm=iso>.ISSN 0034-7744.

HERNÁNDEZ, M. et al. Efecto del alimento vivo enriquecido con *Lactobacillus casei* en la sobrevivencia y crecimiento de larvas y juveniles de *Chirostoma estor* (Pisces: Atherinopsidae). En: Revista Ciencia Pesquera. México. Volumen 17, número 2, (noviembre de 2009). p.10. [citado el 15 de diciembre de 2009]. Disponible en internet:<URL:<http://www.inapesca.gob.mx/CP/cp17-2/Efecto%20del%20alimento%20vivo%20enriquecido%20con%20Lactobacillus%20casei%20en%20la%20sobrevivencia.pdf>>.

KUAN, et al. Empleo de prebióticos, ácidos orgánicos, extractos de plantas y cofactores con actividad inmunoestimulante en la acuicultura. 2007. p.1. [citado el 18 de diciembre de 2009]. Disponible en internet:<URL: http://www.panoramaacuicola.com/noticia.php?art_clave=3274>.

LANDINES, M.; SANABRIA, A. y DAZA, P. Producción de peces ornamentales en Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2007. p. 16-17

LANDINES, M. Producción de peces ornamentales de la Orinoquía Colombiana. En: Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto, Colombia. Año II, vol. 2, 2007. p.38. [citado el 5 de agosto de 2009]. Disponible en internet: <URL:<http://www.udenar.edu.co/acuicola/revista/archivo/a3vol3/conf11.pdf>>.ISSN 909 – 8138.

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/nutrici3n_acuicola/VI/.../A22.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 Guamuez. 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/acuicola/revista/>>. ISSN 1909-8138

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

MARTINEZ SILVA, María. et al. Relación entre el uso de *Bacillus* y *Lactobacillus* y

el nivel de sobrevivencia de tilapia nilótica durante desafíos experimentales con bacterias patógenas. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias: Memorias IV Congreso Colombiano de Acuicultura. Medellín, Colombia. (octubre, 2008). p.3. [citado el 5 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://rccp.udea.edu.co/v_antteriores/21-3/pdf/v21n3a22.pdf>, ISSN 455-522.

MANCERA, N y ÁLVAREZ, L. Comercio de peces ornamentales en Colombia. [en línea]. En: Acta Biológica Colombiana. Bogotá, Colombia: Vol. 13, N.1, (febrero, 2008). p. 33. [citado el 1 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n1/v13n1a2.pdf>>.

MOJICA, J.; CASTELLANOS, C.; USMA, J. y ÁLVAREZ, R. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia: serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá: ICN, Universidad Nacional de Colombia, Min-Ambiente, 2002. p. 285.

MORIARTY, D. y DECAMP, O. Especies de la acuicultura obtienen beneficios de los probióticos. En: Revista de Acuicultura Aquahoy. Madrid, España: Feed mix ediciones, Volumen 15, No.1, (marzo, 2007). p. 4. [citado el 1 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: <http://www.aquahoy.com/content/view/3410/502/lang,es>>.

NIETO, D. Inmunoestimulantes en Acuicultura. Puerto Montt, Chile. 2003. p.22-26. [citado el 31 de marzo de 2009]. Disponible en internet:<URL:http://www.fontagro.org/Projects/01_04_Acuicultura/Taller%20Acuicultura/Pdf/Presentaci%C3%B3n%20DANIEL%20NIETO.pdf>.

OLABUENAGA, S. Sistema inmune en peces. En: Revista Gayana (Concepción). Santiago, Chile. Volumen 64, N. 2, (febrero, 2000). p. 4. [citado el 31 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-65382000000200010&script=sci_arttext>, ISSN 0717-6538.

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

RODRIGUEZ, C.; LANDINES, M. y ALONSO, J. Análisis situacional de la pesca de "arawana" *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829) (Osteoglossiformes: Osteoglossidae) en el sector fronterizo Brasil-Colombia-Perú. Universidad de Antioquia. Memorias X Simposio Colombiano de Ictiología 2009. Acta Biol. 31. p.159

RODRIGUEZ, N; GAITÁN, S y CHAPARRO, N. Evaluación del crecimiento de juveniles del Bagre *Ariopsis bonillai* utilizando alimento con probióticos en

condiciones de laboratorio. En: Revista Aquatic. N° 24. Año 2006. España. p.2. [citado el 10 de marzo de 2010]. Disponible en internet:<URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=193>>. ISSN 1578-4541.

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>>.

TOVAR RAMIREZ, et al. Probióticos en Acuicultura: Avances recientes del uso de levaduras en peces marinos. Monterey, México. 2008. p. 257. En: Memorias IX Simposio Internacional de Nutrición Acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León. [citado el 31 de marzo de 2009]. Disponible en internet: <URL: http://ww.uanl.mx/secciones/publicaciones/nutrición_acuicola/.../12-tovar.pdf>.

URUEÑA, F. Elaboración de un protocolo de manejo de larvas de arawana plateada *Osteoglossum bicirrhosum* en cautiverio. En: CD Memorias IV Seminario Internacional de Acuicultura. Universidad Nacional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bogotá, Colombia. 2003. p.7.

ANEXOS

Anexo 1. Registro de los valores de peso y talla promedios

Tratamiento	Réplica	Muestra	Peso (g)	Talla (cm)
0	1	inicio	2	7,48
0	1	1	2,6	8,14
0	1	2	3,4	8,14
0	1	3	3,8	8,84
0	1	4	4,2	9,1
0	1	5	4,2	9,6
0	1	6	5,4	10,98
0	1	7	7,2	12,36
0	1	8	8	12,12
0	1	9	10	12,8
0	1	10	10	13,24
0	1	11	10,8	14
0	1	12	14,2	14,8
0	1	13	15	16,02
0	1	14	15,8	17,02
0	1	15	18,2	17,92
0	2	inicio	2	7,48
0	2	1	2,4	7,94
0	2	2	2,8	7,98
0	2	3	3,6	8,64
0	2	4	4	9
0	2	5	4,2	8,14
0	2	6	4,2	9,64
0	2	7	5,4	10,64
0	2	8	8,6	12,24
0	2	9	12,4	13,4
0	2	10	11	13,48
0	2	11	13,4	14,8
0	2	12	16,8	16
0	2	13	17	16,72
0	2	14	17,2	17,08
0	2	15	18,4	17,98
0	3	inicio	2,2	7,58
0	3	1	2,8	7,92
0	3	2	3,4	8,48

Tratamiento	Réplica	Muestra	Peso (g)	Talla (cm)
0	3	3	3,2	8,2
0	3	4	3,6	8,6
0	3	5	4	9,66
0	3	6	4,2	10,16
0	3	7	6,6	11,76
0	3	8	6,8	11,96
0	3	9	7,8	12,44
0	3	10	10,8	13,12
0	3	11	11,8	14,22
0	3	12	15,6	16
0	3	13	16	16,46
0	3	14	16,2	16,9
0	3	15	18	17,5
1	1	inicio	1,8	7,16
1	1	1	1,8	7,28
1	1	2	2,4	8
1	1	3	2,8	8,04
1	1	4	3	8,32
1	1	5	1,8	7,4
1	1	6	3,2	9
1	1	7	6,2	11,04
1	1	8	9,2	12,12
1	1	9	8,6	12,44
1	1	10	12	13,76
1	1	11	15,4	15,5
1	1	12	17,4	16,32
1	1	13	19,4	18,02
1	1	14	21	20
1	1	15	23,2	22,4
1	2	inicio	2	7,36
1	2	1	2	7,42
1	2	2	1,8	7,28
1	2	3	2,8	7,8
1	2	4	3	8,4
1	2	5	4,4	9,92
1	2	6	5,4	10,78
1	2	7	8,6	12,32
1	2	8	9,2	12,4
1	2	9	10,2	12,88
1	2	10	14,4	14,32

Tratamiento	Réplica	Muestra	Peso (g)	Talla (cm)
1	2	11	15	15,14
1	2	12	17,6	16,3
1	2	13	19,2	18,08
1	2	14	20,8	19,96
1	2	15	23	22,1
1	3	inicio	2	7,38
1	3	1	2,2	7,64
1	3	2	2,4	8,12
1	3	3	2,6	8,16
1	3	4	3	8,48
1	3	5	3	8,62
1	3	6	3,4	9,44
1	3	7	6	11
1	3	8	8	12,4
1	3	9	10,6	13,24
1	3	10	14,4	14,64
1	3	11	15,6	15,3
1	3	12	18,4	16,4
1	3	13	19,6	18,5
1	3	14	21,2	20,04
1	3	15	22,8	21,84
2	1	inicio	2	7,26
2	1	1	2	7,34
2	1	2	2,8	8,2
2	1	3	3,2	8,56
2	1	4	3,6	8,82
2	1	5	3,2	8,26
2	1	6	3,6	9,6
2	1	7	6,2	11,08
2	1	8	7	11,48
2	1	9	9,2	12,52
2	1	10	11,6	13,8
2	1	11	15	15,2
2	1	12	17,2	16
2	1	13	19,2	18,14
2	1	14	21	19,88
2	1	15	22,6	21,6
2	2	inicio	2	7,48
2	2	1	2	7,44
2	2	2	2,2	7,48

Tratamiento	Réplica	Muestra	Peso (g)	Talla (cm)
2	2	3	2,4	7,6
2	2	4	2,8	7,96
2	2	5	3	8,28
2	2	6	4,8	10,4
2	2	7	10	12,96
2	2	8	8,8	12,88
2	2	9	11,6	13,56
2	2	10	13	14,28
2	2	11	12,6	14,56
2	2	12	17	16,2
2	2	13	19	18,02
2	2	14	20,8	19,62
2	2	15	22,4	21,2
2	3	inicio	1,8	7,36
2	3	1	2,2	7,42
2	3	2	2,2	7,72
2	3	3	2,6	7,84
2	3	4	2,6	7,98
2	3	5	3,8	9,2
2	3	6	3,6	9,48
2	3	7	6	11,12
2	3	8	9,6	12,44
2	3	9	11,6	13,32
2	3	10	14,8	14,72
2	3	11	15,2	15,3
2	3	12	17,8	16,2
2	3	13	18,8	17,84
2	3	14	20,6	19,6
2	3	15	22,8	21,46
3	1	inicio	2	7,36
3	1	1	2,6	7,66
3	1	2	3,2	8,34
3	1	3	3,6	8,76
3	1	4	4	9,18
3	1	5	4,4	9,36
3	1	6	5	10,2
3	1	7	7,4	12
3	1	8	10,8	13,48
3	1	9	11,4	13,72
3	1	10	14,6	14,76

Tratamiento	Réplica	Muestra	Peso (g)	Talla (cm)
3	1	11	16,6	15,7
3	1	12	19	16,8
3	1	13	20,4	19,68
3	1	14	22,2	21,72
3	1	15	24,8	23,4
3	2	inicio	2,2	7,68
3	2	1	3	7,78
3	2	2	3,2	7,92
3	2	3	3,4	8,72
3	2	4	3,8	9,06
3	2	5	3,8	9,3
3	2	6	4,8	10,26
3	2	7	8	12,08
3	2	8	9,2	12,44
3	2	9	11,8	13,2
3	2	10	14,4	14,84
3	2	11	16,2	15,6
3	2	12	18	17,3
3	2	13	19,6	18,98
3	2	14	22,2	21,54
3	2	15	24,6	23,8
3	3	inicio	2	7,12
3	3	1	2	7,16
3	3	2	2,6	8,1
3	3	3	3,2	8,32
3	3	4	3,6	8,76
3	3	5	3,8	9,76
3	3	6	5,6	11,36
3	3	7	8,4	12,98
3	3	8	9,6	13
3	3	9	11,8	14,08
3	3	10	13,8	15,12
3	3	11	16	16,1
3	3	12	17,2	16,34
3	3	13	20	19,24
3	3	14	22	21,24
3	3	15	25	23,68

Anexo 2. Registro de Temperatura (°C) promedio semanal

SEMANAS	T0			T1			T2			T3		
	R1	R2	R3									
1	28,30	28,20	28,20	28,00	27,90	28,00	28,40	28,40	28,40	28,00	27,70	27,70
2	28,60	28,50	28,40	27,90	27,90	27,90	28,10	28,10	28,00	28,20	28,00	28,00
3	28,10	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	27,90	28,00	28,30	28,00	28,00
4	28,00	28,00	28,00	28,30	28,30	28,30	28,50	28,50	28,50	28,20	28,00	28,00
5	28,30	28,20	28,20	28,30	28,20	28,20	28,40	28,40	28,40	28,50	28,30	28,30
6	27,90	28,00	27,80	27,80	27,80	27,80	28,00	28,00	28,00	28,20	28,00	28,00
7	28,10	28,00	28,00	28,00	28,00	27,90	28,10	28,00	28,00	28,30	28,10	28,10
8	28,30	28,30	28,20	28,00	28,00	28,00	28,00	27,80	27,90	28,00	28,00	28,00
9	28,50	28,40	28,40	28,00	27,90	27,90	27,90	27,90	28,00	28,20	28,00	28,00
10	28,50	28,50	28,50	28,20	28,20	28,10	28,10	28,10	28,00	28,20	28,00	28,00
11	28,00	28,00	28,00	28,30	28,30	28,30	28,20	28,20	28,20	28,10	27,90	27,90
12	28,50	28,50	28,40	28,40	28,30	28,30	28,30	28,20	28,10	28,10	28,00	28,00
13	28,10	28,00	28,20	28,50	28,50	28,50	28,20	28,20	28,20	28,30	28,10	28,10
14	27,90	28,00	27,80	28,00	27,90	28,00	28,40	28,30	28,30	28,00	27,90	27,90
15	28,20	28,10	28,20	28,40	28,30	28,30	28,40	28,40	28,40	28,10	28,00	28,00
PROMEDIO	28,22	28,18	28,15	28,14	28,10	28,10	28,20	28,16	28,16	28,18	28,00	28,00

Anexo 3. Registro de pH promedio semanal por tratamiento

SEMANAS	T0			T1			T2			T3		
	R1	R2	R3									
1	6,80	7,00	6,90	7,10	7,00	7,00	6,90	7,00	7,00	7,10	6,90	7,10
2	7,00	7,00	6,90	7,20	7,00	7,00	7,00	7,00	6,90	7,00	7,00	7,10
3	7,00	7,10	7,00	7,00	6,90	7,10	7,00	7,00	7,10	7,00	6,80	7,00
4	6,90	6,70	6,60	6,90	6,80	6,80	6,70	6,80	6,80	6,90	6,80	6,80
5	6,80	6,70	6,80	6,70	6,90	6,80	6,70	6,60	6,70	6,70	6,80	7,00
6	7,00	7,00	6,90	7,00	7,10	7,10	6,70	6,70	6,80	7,10	7,00	6,90
7	6,60	6,70	6,70	7,00	7,00	7,00	6,90	7,00	6,90	7,10	7,00	7,00
8	6,80	6,70	6,80	7,00	6,90	7,10	6,90	7,00	7,00	6,80	6,70	6,80
9	6,80	6,80	6,70	7,00	6,90	6,90	6,90	7,00	7,00	6,80	6,70	6,70
10	6,80	6,90	6,90	6,80	7,00	7,00	6,70	6,80	6,70	6,90	6,80	6,70
11	6,60	6,80	6,70	6,80	6,80	6,90	6,90	6,90	6,80	6,70	6,80	6,80
12	6,70	6,80	6,80	6,80	6,90	6,90	6,60	6,80	6,80	6,70	6,80	6,70
13	6,80	6,70	6,80	6,60	6,80	6,80	6,70	6,80	6,60	7,00	7,00	6,80
14	6,60	6,60	6,70	6,60	6,80	6,90	6,70	6,70	6,60	6,90	6,80	6,80
15	6,70	6,80	6,80	6,70	6,70	6,70	6,70	6,70	6,60	6,80	6,90	6,80
PROMEDIO	6,79	6,82	6,80	6,88	6,90	6,93	6,80	6,85	6,82	6,90	6,85	6,87

Anexo 4. Registro de Oxígeno (mg/l) promedio semanal

SEMANAS	T0			T1			T2			T3		
	R1	R2	R3									
1	6,00	6,00	5,90	6,00	5,90	5,90	6,00	6,20	6,20	5,70	5,60	5,80
2	5,70	5,60	5,70	5,80	5,80	5,70	6,10	6,20	6,30	5,80	5,90	5,90
3	5,70	5,70	5,70	5,90	6,10	6,00	5,90	6,30	6,20	6,00	5,90	6,00
4	5,60	6,10	5,80	5,90	6,00	6,00	6,10	6,50	6,50	5,80	5,80	5,90
5	5,90	5,80	5,80	5,80	6,10	5,80	6,20	6,30	6,30	5,70	5,80	5,90
6	5,60	5,60	5,70	6,10	5,90	5,90	6,20	6,30	6,40	5,90	5,80	5,90
7	5,90	5,80	6,00	5,80	5,90	6,00	6,40	6,50	6,40	6,00	5,90	6,00
8	5,90	5,90	6,10	5,70	5,80	5,90	6,00	6,00	6,30	6,00	5,90	6,00
9	6,00	5,80	5,90	5,40	5,50	5,50	6,30	6,20	6,20	5,90	5,90	5,70
10	5,80	5,80	5,80	6,00	6,00	5,90	5,90	6,10	6,10	5,80	5,60	5,70
11	5,90	5,90	5,90	6,00	6,00	5,90	6,00	6,10	6,20	5,70	5,80	6,00
12	5,80	5,70	5,70	5,90	6,00	6,10	6,10	6,30	6,30	5,80	5,80	5,80
13	6,00	5,70	5,70	5,80	6,00	6,00	6,30	6,50	6,20	6,00	5,90	6,00
14	5,40	5,40	5,60	5,60	5,50	5,50	5,90	6,00	6,10	6,00	5,80	6,00
15	5,80	5,90	6,00	6,00	6,00	6,10	6,00	6,20	6,20	5,80	5,90	5,90
PROMEDIO	5,80	5,78	5,82	5,85	5,90	5,88	6,09	6,25	6,26	5,86	5,82	5,90

Anexo 5. Registro de Conductividad (μ s) promedio semanal

	T0			T1			T2			T3		
SEMANAS	R1	R2	R3									
1	22,50	22,00	22,30	21,50	22,00	22,10	22,40	22,40	22,50	22,10	21,90	21,70
2	22,30	22,10	22,50	21,80	22,00	22,00	22,10	22,10	22,40	22,00	21,90	21,40
3	19,70	20,50	21,20	21,40	21,50	21,60	22,00	21,80	22,00	21,80	21,60	21,20
4	21,10	21,00	20,20	21,00	21,70	21,50	21,80	21,70	22,00	21,90	21,50	21,10
5	21,60	21,40	21,80	21,30	21,60	21,50	21,70	21,90	22,00	21,80	21,40	21,30
6	21,40	21,00	21,60	21,80	22,00	21,90	21,50	21,70	21,90	21,30	21,50	20,80
7	22,00	21,90	22,30	20,40	21,40	21,70	21,50	21,60	21,80	21,40	21,50	21,00
8	19,90	20,80	20,50	20,00	20,50	20,80	21,00	21,50	21,70	21,50	21,60	21,10
9	20,80	19,50	21,00	19,20	19,00	20,20	20,50	21,20	21,50	21,00	21,30	21,00
10	20,50	19,80	20,60	20,50	20,90	20,50	20,70	20,90	21,00	20,40	20,60	19,50
11	22,10	21,70	22,50	21,70	21,80	21,60	21,80	22,00	22,30	21,90	21,70	21,30
12	21,90	20,50	21,50	21,80	22,00	21,90	22,00	22,30	22,50	21,70	21,50	21,10
13	22,50	21,90	22,00	21,70	22,00	21,00	21,10	21,50	22,00	21,40	21,30	21,20
14	22,40	22,60	22,50	22,10	22,00	22,10	21,90	22,10	22,20	21,80	21,40	21,30
15	21,80	22,80	23,00	21,80	22,10	22,10	22,00	22,30	22,20	22,00	21,80	21,50
PROMEDIO	21,50	21,30	21,70	21,20	21,50	21,50	21,60	21,80	22,00	21,60	21,50	21,10

Anexo 6. Registro de Alcalinidad (mg/l) promedio semanal

SEMANAS	T0			T1			T2			T3		
	R1	R2	R3									
1	17,40	17,80	17,60	17,80	17,50	17,50	17,00	17,50	17,10	17,80	17,50	17,30
2	17,20	17,70	17,50	17,80	17,40	17,50	17,20	17,40	17,00	17,80	17,20	17,20
3	17,00	17,90	17,50	17,70	17,40	17,60	17,10	17,50	17,20	17,50	17,30	17,20
4	16,90	18,00	17,70	17,50	17,30	17,20	16,60	17,20	17,00	17,60	17,10	16,60
5	17,10	17,90	17,30	17,50	17,20	17,30	16,60	17,00	16,40	17,70	17,30	17,20
6	17,50	17,50	17,00	17,20	17,00	17,30	17,00	17,20	16,90	17,40	17,20	17,10
7	17,50	17,20	17,10	17,10	17,00	17,10	17,00	17,10	17,00	17,20	17,20	17,00
8	17,40	17,60	17,50	17,40	17,50	17,60	17,20	17,70	17,10	17,20	17,10	17,00
9	17,10	17,00	17,00	17,30	17,10	17,20	17,00	17,30	17,00	17,10	17,10	17,30
10	17,20	17,50	17,60	17,50	17,70	17,80	17,10	17,40	17,30	17,80	17,30	17,50
11	16,70	17,10	17,20	17,40	16,90	17,20	16,50	17,00	16,70	17,10	17,30	16,90
12	17,00	17,70	17,60	17,80	17,50	17,40	17,00	17,20	17,00	17,60	17,40	17,00
13	17,00	17,70	17,80	17,60	17,50	17,50	17,40	17,60	17,00	17,70	17,50	17,20
14	17,50	17,60	17,50	17,50	17,40	17,50	17,30	17,40	17,20	17,50	17,70	17,00
15	17,50	17,80	17,10	17,40	17,10	17,30	17,00	17,00	17,10	17,50	17,30	17,00
PROMEDIO	17,20	17,60	17,40	17,50	17,30	17,40	17,00	17,30	17,00	17,50	17,30	17,10

Anexo 7. Registro de alimentación diaria (en gramos) por tratamiento

DIAS	T0			T1			T2			T3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	4,50	3,00	4,00	6,25	7,75	1,5	6,5	9,75	3,0	4,2	5,5	6,1
2	5,00	3,20	4,50	6,00	7,62	1,50	6,13	11	2,80	4,50	6,00	5,75
3	4,20	3,40	5,00	6,00	7,75	1,00	6,0	9,7	3,20	4,20	5,40	5,2
4	4,60	3,40	5,50	6,50	8,10	1,60	6,4	10,25	3,00	4,00	5,80	5,4
5	4,15	3,00	5,00	6,20	8,40	1,40	6,5	10	3,00	4,50	6,00	5,5
6	4,80	3,00	4,60	6,25	8,0	1,50	6,25	10	3,20	4,50	5,50	5,25
7	5,00	3,20	5,00	6,0	7,5	1,50	6,0	9,5	2,80	4,40	5,40	6,0
8	5,50	2,80	5,20	4,20	1,40	1,00	6,00	1,60	6,50	4,00	1,40	4,50
9	5,80	3,20	5,00	4,00	1,80	1,50	5,20	1,50	7,10	4,40	1,60	4,15
10	6,20	3,00	4,80	4,00	1,60	1,50	5,50	1,50	6,60	4,50	1,25	4,50
11	6,00	2,50	4,50	4,40	1,20	1,20	5,80	1,85	6,75	4,60	1,60	4,60
12	6,00	2,60	5,00	3,80	1,00	1,00	6,00	1,20	6,80	4,00	1,50	4,00
13	6,30	3,20	4,50	4,40	1,50	1,80	5,50	1,00	7,00	4,50	1,20	4,00
14	6,20	2,70	4,00	4,00	1,00	1,40	5,80	1,40	7,25	4,00	1,40	4,40
15	3,00	5,80	1,50	2,50	6,20	1,00	2,00	1,20	2,50	2,60	1,20	4,00
16	2,50	6,00	1,50	3,00	6,00	1,20	2,50	1,00	2,50	2,80	1,20	4,20
17	2,70	6,50	1,0	2,0	6,5	1,5	2,6	1,5	2,8	3,0	1,5	4,0
18	3,20	5,20	1,45	2,2	6,5	1,0	2,2	1,6	2,6	3,0	1,6	4,2
19	3,00	6,00	1,6	2,8	6,0	1,5	3,2	1,2	2,8	2,8	1,6	4,25
20	2,60	6,50	2,0	2,0	6,2	1,2	3,0	1,4	3,0	2,6	1,4	3,8
21	3,00	6,00	1,2	2,5	5,6	1,0	2,0	1,0	2,5	3,0	1,2	4,5
22	3,00	2,6	3,0	1,5	1,4	2,5	2,4	2,5	7,1	2,6	3,0	3,0
23	2,80	2,5	2,8	1,8	1,45	2,8	2,6	2,5	7,25	2,5	2,5	2,8
24	2,80	3,0	2,5	1,0	1,0	2,0	2,0	2,6	6,8	2,5	3,0	2,5
25	3,10	3,5	3,2	1,0	1,0	3,0	3,0	2,2	7,0	2,8	2,6	2,5
26	2,60	2,4	3,0	1,2	1,4	2,2	2,2	2,2	7,3	2,8	2,5	3,2
27	2,70	2,8	2,5	1,5	1,2	2,5	2,5	2,5	6,8	3,0	3,0	2,6
28	3,00	3,2	3,0	1,0	1,2	2,2	2,8	2,8	7,25	2,6	2,4	2,6
29	9,00	1,5	2,5	6,8	7,5	6,4	2,0	1,0	7,0	2,0	6,2	1,0
30	8,00	1,2	3,0	6,0	7,5	6,3	2	1,2	6,5	2,0	6,39	0,85
31	8,50	1,5	2,6	7,5	7,2	6,7	2,5	1,4	7,0	1,8	6,0	1,0
32	7,75	2,0	2,4	7,0	7,4	6,5	2,2	1,0	6,8	2,0	6,0	1,0
33	7,90	1,2	2,6	6,6	8,0	6,33	2,6	1,0	7,0	1,8	6,3	1,15
34	7,26	1,6	3,0	6,0	7,5	2,0	2,4	1,35	6,5	2,0	6,25	1,0

35	7,50	1,0	2,14	6,0	7,4	6,3	2,5	1,0	6,6	2,2	6,26	1,0
36	7,4	8,3	1,2	6,28	4,5	6,6	2,0	9,0	0,95	2,2	3,2	6,4
37	7,8	11	1,0	6,0	5,0	1,5	2,0	9,2	1,0	2,0	3,6	6,5
38	7,2	9,3	1,5	6,5	4,0	1,6	1,8	9,0	1,1	2,4	3,5	6,2
39	7,24	8,75	1,0	6,0	4,5	1,2	2	9,5	1,0	2,0	3,2	6,8
40	7,3	8,4	1,4	6,0	4,8	2,0	2,2	9,2	1,0	2,0	3,5	6,0
41	7,5	9,0	1,44	6,5	5,2	2,5	1,5	9,0	1,0	2,4	3,6	6,6
42	7,4	10	1,0	6,4	5,0	2,0	2,2	9,0	1,0	2,0	3,4	6,5
43	9,7	7,6	14,5	6,0	12,8	12	10	9,75	9,0	9,0	6,0	5,2
44	10,28	6,5	12,27	6,5	14	10	10,6	10	9,4	9,0	6,25	6,0
45	10	7,0	15	6,25	15,5	10,5	10,5	9,5	9,5	9,0	6,0	6,1
46	9,8	7,0	13	6,2	12,5	11	10	10	9,8	9,2	6,3	5,4
47	10	7,4	12	6,0	15,2	12,5	10,25	9,7	9,6	9,4	6,39	5,25
48	9,9	7,5	14	6,25	14	11,5	10	10,25	9,5	8,8	6,2	5,5
49	10,3	6,8	16	6,0	12	10,5	10,8	11	9,8	8,6	6,25	5,75
50	4,5	14,6	1,0	12,8	2,55	9,0	3,0	4,8	7,1	13,4	4,22	5,2
51	4,2	15,8	0,9	12,4	2,0	8,5	3,2	4,5	7,25	13,2	4,5	4,5
52	4,26	18	1,0	12	3,0	9,2	2,8	4,6	7,25	13	4,0	5,0
53	4,5	16	0,86	13	2,8	8,2	3,5	4,8	6,8	13,5	4,6	4,6
54	4,0	15,6	1,2	12,24	2,2	9,0	3,0	5,0	7,0	13	4,5	4,8
55	4,3	18,2	1,0	12,4	2,5	8,4	3,0	4,5	6,8	13,8	4,2	5,0
56	4,0	17	1,0	13	2,5	8,2	3,5	4,8	7,3	13,6	4,8	4,8
57	9,5	10	5,5	2,5	4,0	10	9,0	10	8,0	2,5	10	8,8
58	9,6	9,0	4,5	2,0	3,5	9,8	8,8	11	7,8	2,2	10	9,0
59	9,7	8,3	5,0	2,5	3,8	10,2	8,5	10,8	8,2	2,4	9,54	8,5
60	9,4	8,4	4,2	2,4	4,2	10	8,6	11	8,2	2,4	9,6	8,8
61	9,5	8,75	5,0	2,0	4,0	9,8	8,6	12	8,0	2,5	9,8	8,5
62	9,24	9,3	4,6	1,84	4,5	10,4	8,45	10,8	7,8	2,0	9,5	8,5
63	9,3	11	4,8	2,6	4,0	10	8,0	10	8,5	2,5	10,2	8,4
64	5,5	6,4	12	11,5	7,5	6,3	9,2	6,0	6,5	12,6	9,8	7,5
65	6,25	6,0	12,5	11,4	7,75	6,5	9,0	6,4	7,1	12,5	9,8	8,0
66	6,5	6,28	15	12	8,0	6,4	9,5	6,28	7,25	12	10,2	8,0
67	7,0	6,0	11,2	11,5	7,63	6,3	9,8	6,5	7,0	12,4	10,24	7,6
68	5,0	6,0	14	12,4	8,4	6,6	9,4	6,0	6,75	11,5	10	7,6
69	4,6	6,6	14,4	11,8	8,1	6,32	9,6	6,5	6,8	11	9,4	7,8
70	6,0	6,4	14,5	11	7,75	6,7	9,5	6,0	6,6	12	9,2	8,0
71	3,8	12	5	12,36	2,2	4,6	6,0	1,2	1,5	7,0	6,2	7,8
72	4,0	10	4,6	12	2,5	5,0	6,25	1,4	1,4	6,8	6	7,65
73	4,0	10,5	4,58	13	2,0	4,2	6,5	1,6	1,5	7,0	6,4	7,6
74	3,6	14	5,0	13,8	2,6	4,5	6,5	1,21	1,5	7,2	6,26	7,8
75	3,5	10,22	5,5	12,8	2,4	4,5	6,12	1,5	1,4	6,8	6,2	7,6

76	4,13	12,8	5,2	13,8	2,0	5	6,0	1,2	1,5	7,5	6,5	8,0
77	4,2	14	4,2	12	2,8	5,2	6,4	1,2	1,2	7,2	6,5	8,0
78	7,5	18,5	17	7,4	9,8	12,5	8,5	16,8	9,8	8,8	6,29	4,0
79	9,0	16	18,6	7,0	10	11	8,5	18	10	8,5	6,5	5,0
80	7,26	15	18,5	7,8	10	12	8,8	16,47	10,2	8,6	6,5	4,6
81	8,0	19	18,54	7,2	10,2	10,8	8,2	17,5	10,2	8,6	6,6	4,5
82	7,9	14,24	17	7,5	11	11,6	8,4	16	10,5	9,2	6,5	4,5
83	7,75	15	18,5	6,5	10,5	12	8,5	17	10,4	8,5	6,4	4,5
84	8,5	16,5	16,8	7,0	10	10,6	8,5	16,5	10,4	9,0	7,0	5,0
85	3,5	1,0	2,0	7,5	6,0	5,0	7,0	6,8	3,5	5,0	5,5	10
86	4,0	1,0	2,2	7,4	6,4	4,0	7,2	6,6	3,8	4,8	5,6	9,6
87	3,6	0,8	1,8	8,2	6,8	4,6	7,2	7,2	3,8	4,8	5,7	10,2
88	3,8	0,57	1,5	7,6	6,2	4,5	7,2	6,8	3,5	5,4	5,4	10
89	4,1	1,2	2,5	7,8	7,0	4,8	7,0	7,0	3,6	5,0	5,5	9,8
90	3,0	1,2	2,0	7,28	6,0	5,0	7,4	6,6	3,2	5,2	5,5	10
91	4,5	1,0	2,4	7,5	6,4	4,2	7,0	7,0	3,6	4,8	5,2	10,4
92	4,3	0,6	1,0	5,2	5,5	5,4	7,4	7,0	6,8	6,6	8,8	7,0
93	3,43	0,54	0,5	5,5	6,0	5,4	8	7,2	7,0	6,5	8,55	6,8
94	3,5	1,0	1,0	5,4	6,0	5,8	7,5	7,0	7,2	6,8	8,5	6,8
95	4,2	1,0	0,85	6,0	5,5	6,4	7,8	7,28	7,0	7,0	8,8	7,4
96	4,0	1,1	1,0	5,8	5,8	5,2	7,8	7,2	7,2	6,5	9,0	7,3
97	3,6	1,2	1,0	5,5	5,0	6,0	8,0	7,0	7,4	6,45	8,5	7,2
98	3,1	1,0	1,0	5,0	6,2	5,8	7,5	7,0	6,9	6,5	9,0	7,0
99	5,5	5,4	8,5	7,2	8,0	5,5	6,0	6,0	9,0	10,5	10	11,2
100	6,0	6,0	10	7,0	7,5	6,0	6,2	5,8	8,5	10,2	9,52	10
101	6,25	6,2	9,0	7,5	8,0	6,5	6,0	6,0	8,5	9,8	9,8	11,4
102	4,6	6,4	8,43	7,44	8,0	5,0	6,5	6,24	8,6	10,2	10	10,4
103	6,5	5,8	8,6	7,0	8,2	5,2	6,6	6,0	8,6	10	10	10,5
104	5,0	6,0	8,8	7,6	8,0	6,0	6,2	6,2	8,5	10,4	9,6	11
105	7,0	5,6	9,6	8,0	8,4	5,8	6,5	6,0	8,8	10,4	10,2	10,5
TOTAL	605,5	704,8	597,3	699,6	627,4	582,4	619,8	668,3	628,8	648,3	615,66	638,65

Anexo 8. Bitácora de seguimiento prueba de estrés

HORAS	OBSERVACIONES
DIA 1	
0 (7:00 am)	Inicio del seguimiento a la prueba de estrés.
1 (8:00 am)	Comportamiento normal de las arañas para los cuatro tratamientos.
2 (9:00 am)	Animales en estado de tranquilidad.
3 (10:00 am)	Arañas nadan de manera tranquila. No se presentan cambios en el comportamiento.
4 (11:00 am)	Animales en estado de tranquilidad.
5 (12:00 m)	Animales en estado de tranquilidad.
6 (1:00 pm)	Animales en estado de tranquilidad.
7 (2:00 pm)	Arañas del tratamiento testigo inquietas y nadando rápidamente, algunas se golpean contra la bolsa de empaque.
8 (3:00 pm)	Animales de tratamiento T0, empiezan a eliminar heces.
9 (4:00 pm)	Animales de tratamientos T1, T2 y T3 empiezan a eliminar heces.
10 (5:00 pm)	Arañas inquietas para el tratamiento T0, sin consecuencias anormales.
11 (6:00 pm)	Arañas inquietas para los tratamientos T1, T2 y T3, sin consecuencias anormales.
12 (7:00 pm)	Barbillas sobre la superficie del agua, que denotan un posible requerimiento de oxígeno, en todas las bolsas empacadas. Agua de empaque con algunas heces para todos los tratamientos. Se finaliza el seguimiento y se redistribuyen las arañas a sus unidades experimentales originales.
DIA 2	
(7:00 am)	Suministro de alimento correspondiente a cada tratamiento. Tratamientos T1, T2 y T3 consumieron de manera normal; arañas del Tratamiento testigo (T0) sin apetito.

Anexo 9. Análisis de varianza para peso inicial de siembra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,266667	3	0,0888889	1,33	0,2727
Intra grupos	3,73333	56	0,0666667		
Total (Corregido)	4,0	59			

Anexo 10. Análisis de la Varianza para Incremento de Peso total

Modelos Lineales Generalizados Transformación de datos mediante raíz cuadrada

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	37,6152	59	0,637546	5,53	0,0000
Residuo	13,8377	120	0,115314		
Total (corregido)	51,4529	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,962326	3	0,320775	2,78	0,0440
Muestra(Tratamientos)	36,6529	56	0,654516	5,68	0,0000
Residuo	13,8377	120	0,115314		
Total (corregido)	51,4529	179			

Anexo 11. Prueba Tukey para Incremento de Peso total

Tratamiento	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
0	45	0,936889	0,0506214	X
2	45	1,06844	0,0506214	XX
1	45	1,09444	0,0506214	XX
3	45	1,13067	0,0506214	X

Contraste	Sig.	Diferencia	Límites +/-
0 - 1		-0,157556	0,186112
0 - 2		-0,131556	0,186112
0 - 3	*	-0,193778	0,186112
1 - 2		0,026	0,186112
1 - 3		-0,0362222	0,186112
2 - 3		-0,0622222	0,186112

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Anexo 12. Análisis de varianza para longitud inicial de siembra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,22503	3	0,408344	1,08	0,3635
Intra grupos	21,1018	56	0,376817		
Total (corregido)	22,3268	59			

Anexo 13. Análisis de varianza para Incremento de Longitud total

Modelos Lineales Generalizados

Transformación de datos mediante raíz cuadrada

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	18,8696	59	0,319823	5,50	0,0000
Residuo	6,9794	120	0,0581617		
Total (corregido)	25,849	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,544447	3	0,181482	3,12	0,0286
Muestra(Tratamientos)	18,3251	56	0,327234	5,63	0,0000
Residuo	6,9794	120	0,0581617		
Total (corregido)	25,849	179			

Anexo 14. Prueba de Tukey para Incremento de Longitud total

Tratamiento	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
0	45	0,814222	0,0359511	X
2	45	0,897111	0,0359511	XX
1	45	0,940444	0,0359511	XX
3	45	0,955778	0,0359511	X

Contraste	Sig.	Diferencia	Límites +/-
0 - 1		-0,126222	0,132176
0 - 2		-0,0828889	0,132176
0 - 3	*	-0,141556	0,132176
1 - 2		0,0433333	0,132176
1 - 3		-0,0153333	0,132176
2 - 3		-0,0586667	0,132176

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Anexo 15. Análisis de varianza para Tasa de Crecimiento Específico

Modelos Lineales Generalizados

Transformación de datos mediante raíz cuadrada

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,483606	59	0,00819671	2,86	0,0000
Residuo	0,344467	120	0,00287056		
Total (corregido)	0,828073	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,00639722	3	0,00213241	0,74	0,5285
Muestra(Tratamiento)	0,477209	56	0,00852159	2,97	0,0000
Residuo	0,344467	120	0,00287056		
Total (corregido)	0,828073	179			

Anexo 16. Análisis de varianza para Conversión Alimenticia Aparente

Modelos Lineales Generalizados

Transformación de datos mediante raíz cuadrada

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	6,18422	59	0,104817	206,20	0,0000
Residuo	0,061	120	0,00050833		
Total (corregido)	6,24522	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	1,17104	3	0,390347	767,90	0,0000
Muestra(tratamiento)	5,01318	56	0,089521	176,11	0,0000
Residuo	0,061	120	0,000508		
Total (corregido)	6,24522	179			

Anexo 17. Prueba de Tukey para Conversión Alimenticia Aparente

Tratamiento	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
0	45	0,614222	0,003361	X
2	45	0,780222	0,003361	X
1	45	0,795111	0,003361	X
3	45	0,818222	0,003361	X

Contraste	Sig.	Diferencia	Límites +/-
0 – 1	*	-0,180889	0,0123568
0 – 2	*	-0,166	0,0123568
0 – 3	*	-0,204	0,0123568
1 – 2	*	0,0148889	0,0123568
1 – 3	*	-0,0231111	0,0123568
2 – 3	*	-0,038	0,0123568

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Anexo 18. Análisis de varianza para Relación de Eficiencia Proteica

Modelos Lineales Generalizados

Transformación de datos mediante raíz cuadrada

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	18,3452	59	0,310935	5,51	0,0000
Residuo	6,77747	120	0,0564789		
Total (Corregido)	25,1227	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,55892	3	0,186307	3,30	0,0228
Muestra(Tratamiento)	17,7863	56	0,317612	5,62	0,0000
Residuo	6,77747	120	0,0564789		
Total (corregido)	25,1227	179			

Anexo 19. Prueba de Tukey para Relación de Eficiencia Proteica

Tratamiento	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
0	45	0,650222	0,0354272	X
2	45	0,754444	0,0354272	XX
1	45	0,770889	0,0354272	XX
3	45	0,796889	0,0354272	X

Contraste	Sig.	Diferencia	Límites +/-
0 – 1		-0,120667	0,130249
0 – 2		-0,104222	0,130249
0 – 3	*	-0,146667	0,130249
1 – 2		0,0164444	0,130249
1 – 3		-0,026	0,130249
2 – 3		-0,0424444	0,130249

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Anexo 20. Análisis de varianza para Eficiencia Alimenticia

Modelos Lineales Generalizados

Transformación de datos mediante raíz cuadrada

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	2,19261	59	0,0371629	74,44	0,0000
Residuo	0,0599053	120	0,0004992		
Total (corregido)	2,25251	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,403658	3	0,134553	269,53	0,0000
Muestra(Tratamiento)	1,78895	56	0,0319456	63,99	0,0000
Residuo	0,0599053	120	0,0004992		
Total (corregido)	2,25251	179			

Anexo 21. Prueba de Tukey para Eficiencia Alimenticia

Tratamiento	Recuento	Media MC	Sigma MC	Grupos Homogéneos
0	45	0,7762	0,0033307	X
2	45	0,876356	0,0033307	X
1	45	0,883311	0,0033307	XX
3	45	0,894089	0,0033307	X

Contraste	Sig.	Diferencia	Límites +/-
0 – 1	*	-0,107111	0,0122454
0 – 2	*	-0,100156	0,0122454
0 – 3	*	-0,117889	0,0122454
1 – 2		0,00695556	0,0122454
1 – 3		-0,0107778	0,0122454
2 – 3	*	-0,0177333	0,0122454

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

Anexo 22. Prueba de Brand Snedecor para sobrevivencia

TRATAMIENTOS					
Respuesta	T0	T1	T2	T3	Total
Éxito	69,00	74,00	74,00	74,00	291,00
Fracaso	6,00	1,00	1,00	1,00	9,00
Total	75,00	75,00	75,00	75,00	300,00
Pi	0,920	0,987	0,987	0,987	0,970
Pi*a_i	63,480	73,013	73,013	73,013	282,270

Condiciones de decisión

$$n - 1 = 3$$

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

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

$$p = 0,970$$

$$q = (1 - p) = 0,030$$

$$\chi^2_c = 8,591$$

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

Decisión: Existen diferencias estadísticas significativas

Anexo 23. Análisis de varianza para Temperatura

Modelos Lineales Generalizados

Transformación de datos mediante la operación 1/X

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,0000327778	59	5,55556E-7	1,00	0,4898
Residuo	0,0000666667	120	5,55556E-7		
Total (corregido)	0,0000994444	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,0000016666	3	5,55556E-7	1,00	0,3954
Muestra(tratamientos)	0,0000311111	56	5,55556E-7	1,00	0,4889
Residuo	0,0000666667	120	5,55556E-7		
Total (corregido)	0,0000994444	179			

Anexo 24. Análisis de varianza para pH

Modelos Lineales Generalizados

Transformación de datos mediante raíz cuadrada

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,0472778	59	0,000801318	1,31	0,1067
Residuo	0,0733333	120	0,000611111		
Total (corregido)	0,120611	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,00461111	3	0,00153704	2,52	0,0616
Muestras(tratamientos)	0,0426667	56	0,000761905	1,25	0,1585
Residuo	0,0733333	120	0,000611111		
Total (corregido)	0,120611	179			

Anexo 25. Análisis de varianza para Oxígeno

Modelos Lineales Generalizados

Transformación de datos mediante la operación LN (X+1)

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,0055	59	0,0000932203	0,93	0,6120
Residuo	0,012	120	0,0001		
Total (corregido)	0,0175	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,00054	3	0,00018	1,80	0,1509
Muestras (tratamientos)	0,00496	56	0,000088571	0,89	0,6904
Residuo	0,012	120	0,0001		
Total (corregido)	0,0175	179			

Anexo 26. Análisis de varianza para Conductividad

Modelos Lineales Generalizados

Transformación de datos mediante logaritmo natural

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,151333	59	0,00256497	1,25	0,1541
Residuo	0,246667	120	0,00205556		
Total (corregido)	0,398	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,0108889	3	0,00362963	1,77	0,1574
Muestras(tratamientos)	0,140444	56	0,00250794	1,22	0,1829
Residuo	0,246667	120	0,00205556		
Total (corregido)	0,398	179			

Anexo 27. Análisis de varianza para Alcalinidad

Modelos Lineales Generalizados

Transformación de datos mediante la operación 1/X

Número de variables dependientes: 1

Número de factores categóricos: 2

Número de factores cuantitativos: 0

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	0,0000130833	59	2,21751E-7	0,87	0,7252
Residuo	0,0000306667	120	2,55556E-7		
Total (corregido)	0,00004375	179			

Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,00000188333	3	6,27778E-7	2,46	0,0663
Muestras(tratamientos)	0,0000112	56	2,E-7	0,78	0,8469
Residuo	0,0000306667	120	2,55556E-7		
Total (corregido)	0,00004375	179			

