

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL BIOFLOC EN LA PRODUCCIÓN DE
ALEVINOS DE CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818)
EN CONDICIONES DE LABORATORIO.**

**LUIS ALFREDO BENAVIDES MORA
WILMER ARCENIO LÓPEZ MORENO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2012**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL BIOFLOC EN LA PRODUCCIÓN DE
ALEVINOS DE CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818)
EN CONDICIONES DE LABORATORIO.**

**LUIS ALFREDO BENAVIDES MORA
WILMER ARCENIO LÓPEZ MORENO**

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

Presidente

**WILMER RENE SANGUINO ORTIZ
Ingeniero en Producción Acuícola**

Copresidente

**CAMILO LENIN GUERRERO ROMERO
Ingeniero en Producción Acuícola**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2012**

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

Artículo 1^{er}o del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Superior Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN:

WILMER RENE SANGUINO ORTIZ
Presidente

CAMILO LENIN GUERREO ROMERO
Copresidente

GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ
Jurado delegado

RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO
Jurado

AGRADECIMIENTOS

Expresamos los más sinceros agradecimientos a:

WILMER RENÉ SANGUINO ORTIZ	Ingeniero en Producción Acuícola, Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño
CAMILO LENIN GUERRERO ROMERO	Ingeniero en producción acuícola Técnico de laboratorio
GLORIA SANDRA ESPINOZA NARVÁEZ	Ingeniera en Producción Acuícola. Técnica Química. Esp. Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño
RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO	Ingeniera en Producción Acuícola, M.Sc. Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño
HUGO HERNÁN FRANCO ROJAS	Biólogo, M.Sc. Director piscícola Pirarucú Investigador de ACUICA
ÁLVARO BURBANO MONTENEGRO	Ingeniero en Producción Acuícola, M.Sc en Ciencias Estadísticas.
MARCO ANTONIO IMUEZ FIGUEROA	Zootecnista Esp. Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño
IVÁN ANDRÉS SÁNCHEZ ORTIZ	Ingeniero civil, MSc. Docente Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño
MARY LUZ VALENCIA	Química, Profesional de Laboratorio de calidad de aguas de la Universidad de Nariño

LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista. Esp. Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias de a Universidad de Nariño
JAIME RODRIGUEZ SANCHEZ	Ingeniero en Producción Acuícola
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

Al personal que conforma la Estación Piscícola Pirarucú en el departamento 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:

A Dios, por haberme permitido alcanzar este logro tan especial en mi vida. Por los éxitos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A mis padres, Gerardo y Carmen, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, por sus consejos, por la motivación constante, por el valor mostrado para salir adelante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su inconfundible amor y cariño.

A mis hermanos, porque siempre están a mi lado, por el apoyo brindado, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido y más por su incondicional amistad.

A mis familiares, que directamente me impulsaron para llegar hasta este momento, a todos mis familiares que me resulta difícil poder nombrar en tan poco espacio, sin embargo ustedes saben quienes son.

A mis amigos por estar en las buenas y en las malas, por ser incondicionales y por estar siempre en el momento preciso.

LUIS BENAVIDES.

Una persona no vale por sus éxitos,
Si no de las veces que se ha
Levantado de sus fracasos.

Dedico a:

A Dios por brindarme la oportunidad de cumplir esta meta y permitirme seguir adelante pese a las adversidades, a mis Padres Franco y Arcelia por ser mi apoyo en todo momento y ser los gestores de este triunfo y quienes siempre me han brindado sus sabios consejos y mi camino a seguir, a mis Hermanos Franco y Sandra por ser mi apoyo y siempre brindarse esos valores y ser un referente a seguir, A toda mi Familia que de una u otra manera me dieron su apoyo, y a todos mis Amigos.

Wilmer López

RESUMEN

Este estudio se realizó durante 45 días en los Laboratorios del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño y consistió en evaluar el efecto del biofloc en la producción de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en condiciones de laboratorio de tal manera que contribuya a aumentar la productividad de esta especie y con ello mejorar la rentabilidad del cultivo.

Se utilizaron 135 alevinos de un peso promedio de $1,50 \pm 0,08$ g y longitud total promedio de $4,44 \pm 0,13$ cm procedentes de la piscícola Pirarucú (Florencia, Caquetá). Se evaluaron tres tratamientos, con diferentes relaciones C:N, cada uno con tres replicas para un total de 9 unidades experimentales, de la siguiente manera :

T₀ : relación carbono nitrógeno 0:1
T₁ : relación carbono nitrógeno 10:1
T₂ : relación carbono nitrógeno 20:1

Se evaluó el incremento de peso, incremento de longitud, tasa de crecimiento simple, conversión alimenticia aparente, porcentaje de sobrevivencia y análisis de relación beneficio – costo. Así mismo se midieron los siguientes parámetros físico - químicos del agua, oxígeno disuelto (mg/L), temperatura (°C), pH, amonio (mg/L), nitrato (mg/L), nitrito (mg/L), DBO₅ y DQO.

Según el análisis de varianza ($p < 0,05$), las variables incremento de peso, incremento de talla, conversión alimenticia aparente y tasa de crecimiento específica registraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Mediante la prueba de Fisher LSD, se estableció que el tratamiento uno y dos correspondientes a las relaciones C:N 10 y 20:1 mostraron ser los mejores tratamientos con 8,48 y 9,46 g en incremento de peso, 3,28 y 3,44 cm para incremento de longitud. Para la variable tasa de crecimiento simple presentaron valores 4,09 y 4,31% y conversión alimenticia aparente de 0,60 y 0,57 respectivamente. Los porcentajes de sobrevivencia obtenidos al final del estudio fueron del 100% en todos los tratamientos.

Los parámetros físico químicos como pH, nitritos, nitratos, amonio, DBO y DQO mostraron diferencias estadísticas significativas, mediante la prueba de Fisher LSD, se estableció que el T1 y T2 mostraron ser los mejores. En cuanto a

temperatura y oxígeno no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos en el análisis parcial de costos registran valores 0,83 para T0, 1,50 para T1 y 1,49 en T2. Esto demuestra que las mejores relaciones benéfico costo en el levante de alevinos de cachama blanca son las obtenidas mediante la implementación de biofloc.

Los resultados de esta investigación permiten concluir que la tecnología biofloc como una fuente de alimento demuestra resultados de alta eficiencia en el crecimiento de los alevinos de cachama blanca, convirtiéndose en una alternativa para aumentar la producción de esta especie.

ABSTRACT

This study was conducted for 45 days in the Laboratories of Hydrobiological Resources Department at the University of Nariño was to evaluate the effect of biofloc in fingerling production of tambaqui white (*Piaractus brachypomus*) under laboratory conditions in a way that contributes to increase the productivity of this species and thereby improve the profitability of the crop.

135 fingerlings were used an average weight of 1.50 ± 0.08 g and mean total length of 4.44 ± 0.13 cm from the fish Pirarucú (Florencia, Caquetá). Three treatments were assessed with different C: N ratios, each with three replicates for a total of 9 experimental units as follows:

T0: 0:1 carbon to nitrogen

T1: 10:1 carbon to nitrogen

T2: 20:1 carbon to nitrogen

It was weight gain, increase in length, simple growth rate, apparent feed conversion, survival rate and analysis of benefit - cost ratio. Also were measured the following physical - chemical parameters of water, dissolved oxygen (mg / L), temperature (° C), pH, ammonium (mg / L), nitrate (mg / L), nitrite (mg / L), BOD₅ and COD.

According to the analysis of variance ($p < 0.05$), the body weight gain, increased size, apparent feed conversion and growth rate recorded specifies statistical differences between treatments. By Fisher LSD test was established that treatment one two corresponding to the C: N ratios 10 and 20:1 were shown to be the best treatments with 8.48 and 9.46 g in weight gain, 3.28 and 3.44 cm for increased length. For the simple growth rate variable values were 4.09 and 4.31% and feed conversion of 0.60 and 0.57 apparent respectively. The survival rates obtained at the end of the study were 100% in all treatments.

The physico-chemical parameters such as pH, nitrite, nitrate, ammonium, BOD and COD were significantly different by Fisher LSD test, it was established that the T1 and T2 were shown to be the best. In terms of temperature and oxygen is not statistically significant differences between treatments.

The results obtained in the partial cost analysis values recorded 0.83 for T0, T1 and 1.49 1.50 for T2. This shows that the best benefit-cost relationships in the release of white tambaqui fingerlings are obtained by implementing biofloc.

The results of this research support the conclusion that technology biofloc as a

food source demonstrates high efficiency results in the growth of fingerlings of tambaqui white, becoming an alternative to increase the production of this species.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	24
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
3. OBJETIVOS	26
3.1 OBJETIVO GENERAL	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
4. MARCO TEÓRICO	27
4.1. GENERALIDADES DE LA CACHAMA BLANCA (<i>P. BRACHYPOMUS</i> ; CUVIER 1818)	27
4.1.1 Alimentación	28
4.1.2 Densidad y siembra de alevines	30
4.1.3 Importancia económica	30
4.1.4 Parámetros físico-químicos del agua en el cultivo de la Cachama blanca	31
4.2 ESTRÉS EN PECES	31
4.3 MÉTODOS PROFILÁCTICOS Y PREVENTIVOS	32
4.4 TECNOLOGÍA BIOFLOC	33
4.4.1 Flóculos microbianos	34
4.4.2 Sistema tecnología Biofloc	34
4.4.3 Intensidad de la mezcla	36
4.4.4 Parámetros que influyen en la producción de biofloc	36
4.4.5 Composiciones nutritivas y efectos protectores de los flóculos para la acuicultura	38
4.4.6 Calidad nutricional de los biofloc	40
4.4.7 Alimentación de peces con Biofloc	41
4.4.8 El biofloc usado para el control de enfermedades en peces y camarones	42
4.4.9 Composición taxonómica de biofloc.	43
4.4.10 Bacterias	43
4.4.11 Organismos foto – autótrofos, algas	44
4.4.12 Bacterias autótrofas, nitrificación	45
4.5 MELAZA	46
4.5.1 Microorganismos de la melaza	47
5. DISEÑO METODOLÓGICO	48
5.1 LOCALIZACIÓN	48
5.2 PERIODO DE ESTUDIO	49
5.3 MATERIAL BIOLÓGICO	49
5.4 INSTALACIONES	49
5.5 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	51

5.5.1 Materiales	51
5.5.2 Equipos	51
5.5.3 Insumos	51
5.6 PLAN DE MANEJO	51
5.6.1 Adecuación de las instalaciones	52
5.6.2 Transporte	52
5.6.3 Recepción y aclimatación de animales	52
5.6.4. Manejo de alevinos	53
5.6.5 Preparación del biofloc	54
5.6.5 Alimento y alimentación	57
5.6.6 Censos	57
5.6.7 Medición de parámetros físicos y químicos	58
5.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	59
5.7.1 Tratamientos	60
5.7.2 Formulación de hipótesis	60
5.7.3 Regresión lineal múltiple	60
5.7.4 variables a evaluar	61
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	64
6.1 PRODUCCIÓN DE BIOFLOC	64
6.2 VARIABLES EVALUADAS	68
6.2.1 Incremento de peso	68
6.2.2 Incremento de longitud	72
6.2.3 Tasa De Crecimiento Específica (TCS)	74
6.2.4 Conversión Alimenticia Aparente (CAA)	77
6.2.5 Supervivencia	79
6.2.6 Análisis parcial de costos	80
6.2.7 Parámetros físicos y químicos del agua	82
6.3 COMPORTAMIENTO DEL INCREMENTO DE PESO EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS	90
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
7.1 CONCLUSIONES	93
7.2 RECOMENDACIONES	94
8. BIBLIOGRAFÍA	95
ANEXOS	103

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros de calidad de agua y rangos óptimos para el cultivo de la cachama blanca	31
Tabla 2. Composición del biofloc	40
Tabla 3. Contenido nutricional de la melaza.	47
Tabla 4. Cantidad de melaza	56
Tabla 5. Medición de parámetros físico-químicos	58
Tabla 6. Peso inicial y final para cada tratamiento	68
Tabla 7. Longitud inicial y final para cada tratamiento.	72
Tabla 8. Tasa de Crecimiento Simple durante el ensayo	75
Tabla 9. Costos parciales de producción por tratamiento	80
Tabla 10. Cálculo de la relación beneficio costo	81
Tabla 11. Parámetros físico químicos promedio entre tratamientos durante el periodo de estudio	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Alevino de cachama blanca	28
Figura 2. Esquema de un sistema biofloc	35
Figura 3. Localización geográfica de la Universidad de Nariño, ciudad de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño	48
Figura 4. Alevino de cachama blanca (<i>Piaractus brachypomus</i>)	49
Figura 5. Distribución de las unidades experimentales	50
Figura 6. Sistema de aireación	50
Figura 7. Desinfección y adecuación	52
Figura 8. Tratamiento profiláctico y aclimatación	53
Figura 9. Aclimatación y distribución de los alevinos a las unidades experimentales	54
Figura 10. Adición de bacterias nitrificantes	56
Figura 11. Adición de melaza	57
Figura 12. Medición de peso y talla de alevinos de <i>P. brachypomus</i>	58
Figura 13. Toma de parámetros físicos y químicos del agua	59
Figura 14. Volumen de biofloc (ml/l) en diferentes tratamientos en función del tiempo	65
Figura 15. Volumen del biofloc para cada tratamiento	65
Figura 16. Microorganismos encontrados en el sistema de biofloc	67
Figura 17. Incremento acumulado de peso periodo	69
Figura 18. Peso promedio obtenido al final del estudio	69
Figura 19. Incremento de peso promedio obtenido al final del estudio (g)	70
Figura 20. Longitud promedio obtenida al final del estudio	72
Figura 21. Incremento acumulado de longitud periodo	73
Figura 22. Incremento de longitud promedio obtenido al final del estudio (cm)	74
Figura 23. Comportamiento de la tasa de crecimiento específica durante el ensayo	75

Figura 24. Tasa de crecimiento promedio diaria	76
Figura 25. Curva de la conversión alimenticia aparente periodo	77
Figura 26. Conversión Alimenticia Aparente promedio por tratamiento	78
Figura 27 . Relación beneficio costo por tratamiento	81
Figura 28. Temperatura promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento	83
Figura 29. Oxígeno disuelto promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento	84
Figura 30. pH promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento.	85
Figura 31. Amonio promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento	87
Figura 32. Nitrito promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento	87
Figura 33. Nitrato promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento	88
Figura 34. DQO promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento	89
Figura 35. DBO5 promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento	90

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Carbono orgánico de la melaza	104
Anexo 2. Porcentaje de proteína alimento utilizado en el estudio	105
Anexo 3. Registro de alimentación semanal en gramos por tratamiento	106
Anexo 4. Volumen del Biofloc (ml/l) para cada tratamiento	107
Anexo 5. registro de los valores peso	108
Anexo 6. Análisis de varianza peso promedio inicial	112
Anexo 7. Análisis de varianza para incremento de peso	113
Anexo 8. Pruebas de Fisher LSD para Incremento de peso	114
Anexo 9. Registro de los valores de longitud	115
Anexo 10. Análisis de varianza longitud promedio inicial	119
Anexo 11. Análisis de varianza para incremento de longitud	120
Anexo 12. Prueba de Fisher LSD para Incremento promedio de longitud	121
Anexo 13. Análisis de varianza para tasa de crecimiento simple	122
Anexo 14. Prueba de Fisher LSD para Tasa de crecimiento simple	123
Anexo 15. Análisis de varianza para conversión alimenticia aparente	124
Anexo 16. Prueba de Fisher LSD para Conversión alimenticia aparente	125
Anexo 17. Registro de temperatura (°C)	126
Anexo 18. Análisis de varianza para Temperatura	128
Anexo 19. Registro de oxígeno (mg/l)	129
Anexo 20. Análisis de varianza para oxígeno disuelto	131
Anexo 21. Registro de pH	132
Anexo 22. Análisis de varianza y pruebas de Fisher LSD para pH	134
Anexo 23. Registro de Nitritos, Nitratos y Amonio	135
Anexo 24. Análisis de varianza y pruebas de Fisher LSD para nitritos, nitratos y amonio	137
Anexo 25. Registro de DQO Y DBO (mg/l)	139
Anexo 26. Análisis de varianza y pruebas de Fisher LSD para DQO y DBO	140

GLOSARIO

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

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

BACTERIAS NITRIFICANTES: Son las bacterias benéficas llamadas nitrosomonas y nitrobacter encargadas de transformar el amoníaco y el amonio en nitritos y en nitratos.

BIOSÍNTESIS: Formación de sustancias en el interior de un ser vivo.

BALANCE ESTEQUIOMÉTRICO: Inventario cuantitativo ponderal de los productos iniciales y finales de reacción entre una o varias sustancias

BIOFLOC: Capacidad de los microorganismos presentes en el medio de descomponer la materia orgánica y convertirla en una proteína microbiana que sirve de alimento suplementario para los peces y cumple con las condiciones fisiológicas y nutricionales de la especie a cultivar.

CACHAMA BLANCA: Especie íctica nativa de la cueca del amazonas y del Orinoco de alto potencial para la acuicultura continental.

C/N: Relación carbono nitrógeno

DEFLOCULACIÓN: Es cuando la partícula llega a un tamaño donde no logra mantener su integridad, ocurriendo el rompimiento de la misma.

DQO: Es el parámetro utilizado para caracterizar la contaminación orgánica del agua que se mide a partir de la cantidad de oxígeno disuelto necesario para la degradación química de los contaminantes orgánicos que contiene.

DBO₅: Cantidad de oxígeno disuelto consumido en cinco días por las bacterias que realizan la degradación biológica de la materia orgánica

ESPECIE NATIVA: Especie propia que habita en un lugar, región o país, también denominada autóctona.

EUGENOL: Es un líquido oleoso de color amarillo pálido extraído de ciertos aceites esenciales, especialmente del clavo de olor, la nuez moscada y la canela. Usado en acuicultura experimental como anestésico.

FLOCULACIÓN: Proceso físico-químico-biológico donde a partir de un sustrato inorgánico (granos de arenas, minerales, rocas molidas, etc.) u orgánico (restos de alimento, heces, fibras vegetales, etc.) ocurre agregamiento de partículas sobre todo por la colonización temprana de bacterias.

MELAZA: Mezcla compleja que contiene sacarosa, azúcar invertido y otros compuestos solubles en álcali que normalmente están presentes en el jugo de caña.

MONOCULTIVO: Cultivo en estanques de una única especie.

POLICULTIVO: Cultivo en estanques de dos o más especies.

REACCIONES CATABÓLICAS: Conjunto de reacciones enzimáticas por las cuales el organismo degrada los glucósidos, lípidos y proteínas ingeridos como nutrientes, y obtiene los materiales (moléculas pequeñas) y la energía necesaria para la biosíntesis (anabolismo)

REACCIONES ANABÓLICAS: Conjunto de procesos metabólicos o reacciones bioquímicas de síntesis de moléculas complejas a partir de otras más sencillas.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura en Colombia tiene un buen ritmo de crecimiento, con una rentabilidad mayor que las actividades agropecuarias tradicionales; aunque el comportamiento de los precios de los alimentos es ligeramente más fuerte que la variación en los precios mayoristas de los productos acuícolas, lo cual se refleja como un fuerte impacto sobre la rentabilidad de los acuicultores, teniendo en cuenta que la alimentación presenta los mayores costos de producción. Además es indispensable asegurar la sostenibilidad ambiental y proteger la biodiversidad, con la utilización de nuevos métodos de producción.

Fao - Incoder¹ afirman que, la piscicultura a nivel nacional se ha convertido en la actividad económica pecuaria de mayor crecimiento en la última década; la mayor parte de su producción está concentrada en dos especies exóticas que son la tilapia y la trucha con una participación de 72,18 y 9,54% respectivamente, siendo la primera la que muestra una mayor dinámica en producción y participación en el mercado. La especie nativa con mayor participación es la cachama con 13,05%, seguida por otras especies con 5,23%.

A medida que se incremente la producción, el sector acuícola se verá en la necesidad de incorporar nuevas tecnologías, que generen como consecuencias, un aumento en la eficiencia de producción de organismos acuáticos. En Colombia los sistemas de producción de especies icticas nativas, comúnmente utilizados son sistemas extensivos que toleran densidades de siembra no mayores a 1,5 ò 2 peces/m², sin embargo, es innegable la búsqueda permanente del cambio en el contexto actual de la acuicultura. Este cambio debe basarse fundamentalmente en prácticas de producción más sostenibles; de esta manera en el mundo se han desarrollado nuevas tecnologías que han obtenido buenos resultados en el aumento en las densidades de producción de peces, a estas tecnologías se les conoce como tecnología biofloc.

Según Ray², es una técnica en la que los recambios de agua son limitados llegando en ocasiones a ser nulos, este sistema generalmente se compone de una variedad de microorganismos, alimentos no consumido, heces y detritus, en éste las partículas se mantienen en suspensión por la aireación. Así mismo este sistema ofrece numerosas ventajas ecológicas para los microorganismos,

¹ FAO – INCODER. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia, 2011. [citado 03 mayo., 2012] disponible en internet: http://www.ceniagua.org/archivos/Diagnostico_para_revision_Dic_5_2011_v1.pdf

² RAY, Andrew et al. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture* 310 (2010) 130–138 p. 2 (9)

incluyendo protección de los depredadores, con acceso directo a los nutrientes y se ha comprobado que se puede considerar una técnica de cultivo en la que la calidad del agua se mantiene en buenas condiciones.

La demanda de cachama blanca (*P. brachypomus*) requiere la implementación de nuevas e innovadoras tecnologías de manejo que mejoren el potencial productivo, contribuyan a reducir los costos de producción por alimentación y disminuyan el impacto ambiental, además de generar un desarrollado eficiente de los cultivos, siendo necesario fomentar el estudio de esta especie para estandarizar el cultivo con la utilización de biofloc, de tal manera que la cachama blanca se constituya como un pez con características de calidad y buen rendimiento productivo.

Esta investigación se realizó con el fin de implementar tecnologías de optimización en el manejo y el cultivo de esta especie, a través de la implementación de biofloc de tal manera que se garantice mayores densidades de siembra, alta sobrevivencia y buen rendimiento en el crecimiento de los alevinos. Por tal razón en esta investigación se planteó evaluar el efecto del biofloc en la producción de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) en condiciones de laboratorio.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Argumedo y Rojas³, afirman que la cachama blanca se ha constituido en la especie de mayor producción gracias a las excelentes condiciones de cultivo y comercialización dentro de los mercados regionales, esta especie ha sido cultivada en diferentes departamentos de Colombia y se proyecta con gran dinamismo en el sector agropecuario de países como Venezuela y Brasil, siendo este último el pionero en la producción de cachama.

Sin embargo la producción por unidad de área es mínima en comparación a otras especies, debido a que la cachama blanca requiere el uso de la productividad primaria, por tal razón la implementación de tecnologías de cultivo masivo de organismos planctónicos en ambientes controlados para suministrarlos como alimento a los alevinos de cachama, ayudará a aumentar las tasas de sobrevivencia en el proceso de producción de alevinos; aprovechando las ventajas de su tamaño y excelentes características nutricionales, logrando incrementar los niveles de producción en la actividad piscícola sin grandes requerimientos de agua, disminuyendo los costos de alimentación y disminuyendo el impacto ambiental.

El uso de sistemas intensivos en acuicultura incrementa la acumulación de residuos de los alimentos, materia orgánica y compuestos inorgánicos tóxicos como el amoníaco. El uso de biofloc, que hace referencia a una comunidad microbiana aerobia asociada a alta materia orgánica, la cual se desarrolla gracias a la aireación y suspensión constante de los sólidos presentes en el cuerpo de agua, se presenta como una alternativa para mitigar los impactos ambientales negativos generados por las descargas de agua proveniente de la acuicultura.

En consecuencia, se pretende implementar un cultivo de alevinos de cachama blanca en sistemas de biofloc, con lo cual se contribuya al manejo de altas densidades con recambios parciales de agua, mejor aprovechamiento del espacio, un eficiente uso de recurso hídrico y grandes producciones de individuos por unidad de área.

³ ARGUMEDO; Eric Y ROJAS; Héctor. Manual de piscicultura con especies nativas. Florencia, Caquetá: ACUICA, 2009. p. 56 y 57

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el efecto del biofloc sobre las variables incremento de peso y talla, conversión alimenticia, tasa de crecimiento específica y sobrevivencia en la producción de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) en condiciones de laboratorio?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del biofloc en la producción de alevinos de cachama blanca (*P. brachypomus*) en condiciones de laboratorio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular los incrementos periódicos de peso y talla en los distintos tratamientos.
- Calcular la conversión alimenticia aparente.
- Calcular la tasa de crecimiento simple.
- Determinar la sobrevivencia en cada uno de los tratamientos.
- Analizar los parámetros físico químicos del agua
- Establecer la relación beneficio/costo de cada tratamiento.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. GENERALIDADES DE LA CACHAMA BLANCA (*P. brachypomus*; Cuvier 1818)

Argumedo y Rojas⁴, afirman que, la cachama blanca además de tener buena aceptación en los mercados, presenta excelentes condiciones para el mono y policultivo, es resistente a la manipulación, tiene buen índice de conversión, excelente tasa de crecimiento y disponibilidad de alevinos durante todo el año.

De acuerdo con Landines y Mojica⁵, su cuerpo es comprimido y presenta una coloración parda grisácea en el dorso y en los lados, abdomen con tonalidad clara blanquecina y con visos anaranjados o rojizos en la parte anterior y en las aletas.

Lauder y Liem, citados por Díaz y López⁶, describe la clasificación taxonómica de la siguiente manera:

Orden:	Characiformes
Familia:	Characidae
Subfamilia:	Serrasalminae
Genero	Piaractus
Especie:	brachypomus
Nombre Científico:	<i>Piaractus brachypomus</i>
Nombre Común:	cachama blanca

⁴ Ibid., p. 56 y 57

⁵ LANDINES, Miguel y MOJICA, Hermes. manejo y reproducción de caracidos En: Reproducción de peces en el trópico. 2005. p.94

⁶ DÍAZ GUZMÁN, Francisco José; LÓPEZ BRICEÑO, Ricardo. El cultivo de la cachama blanca *Piaractus brachypomus* y de la cachama negra *colossoma macropomun*. En: Fundamentos de acuicultura continental. Bogotá: instituto nacional de pesca y acuicultura (INPA)- Ministerio de agricultura, 1993, p. 209.

Figura 1. Alevino de cachama blanca



4.1.1 Alimentación. Díaz y López⁷, sostienen que la cachama es una especie omnívora con tendencia a ser frugívora, consume semillas y algunas gramíneas. Su régimen alimenticio está influenciado por las fluctuaciones anuales en el nivel de los ríos, además las cachamas aceptan alimentos comerciales.

Así mismo Argumedo y Rojas⁸, afirman que los alimentos suplementarios que consumen las cachamas están basados en sus hábitos alimenticios, tales como bore (*Alocasia macrorrhiza*), ramio (*Boehmeria candicans*), hojas de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) y frutos como la papaya (*Carica papaya*), guayaba (*Psidium guajava*), aguacate (*Persea americana*), plátano (*Platanus occidentalis*) y mortiños (*Vaccinium floribundum*), semillas de plantas de maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), trigo (*Triticum aestivum*) y tortas de oleaginosas, de coco (*Cocos nucifera*) y palma africana (*Elaeis guineensis*).

Por su parte Díaz citado por Narváez⁹, argumentan que el crecimiento de los peces depende del suministro de un alimento que debe contener proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales. Entre estos los más importantes son las proteínas, vitaminas y minerales; sin ellos los peces no pueden crecer así abunden otros ingredientes, se considera que el crecimiento de las cachamas es

⁷ Ibid., p 90

⁸ ARGUMEDO; Eric Y ROJAS; Héctor. Op. cit p. 90.

⁹ NARVÁEZ, Freider; RECALDE, Ana. Evaluación de un promotor de crecimiento (oxitetraciclina) en la fase de levante de cachama blanca (*piaractus brachypomus*). Trabajo de grado Zootecnista. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, Programa de Zootecnia. 2004. p. 25.

bueno cuando aumentan un 3% diariamente, regular cuando crecen entre 1,5 y 2% y malo cuando crece el 1% de su peso vivo diariamente.

Bard y López citados por Ortega y Rosero¹⁰, afirman que el alimento suplementario debe suministrarse cuando el suelo y el agua de los estanques sean demasiado pobres para levantar por si solos una cosecha de peces. Esto es especialmente aplicable cuando el uso de fertilizantes sea desconocido e impracticable y por lo tanto la alimentación suplementaria es una necesidad, así mismo sostienen que la mayoría de los alimentos suplementarios fuera de ser consumidos por los peces son útiles para el desarrollo del plancton, de manera que contribuyen directa o indirectamente a la producción piscícola.

Según Rosado¹¹, cuando la alimentación está siendo aceptada por la totalidad del lote se tiene el comienzo práctico de la etapa de alevinaje, fase que consiste básicamente en disponer de los medios técnicos para que el desarrollo de los peces ocurra en las mejores condiciones de manejo y, por consiguiente, se logren los resultados operativos esperados. Por lo general tamaños de 8 a 12 cm marcan el final de la etapa y la diferencia real tiene más que ver con el destino de la semilla (comercialización o cultivo) y con la infraestructura que se utiliza que con una diferenciación basada en estrictos términos biológicos; por lo general, a partir de esta talla se comienzan a considerar las fases de juveniles o de levante. Conforme el tamaño de los peces se incrementa, mayores serán sus necesidades de espacio y caudal. Los requerimientos nutricionales se caracterizan también por elevados tenores de proteína, por los que las referencias de iniciación actualmente disponibles en el mercado son adecuadas para la fase.

Vicuña¹², afirma que en la fase de alevinaje se debe suministrar el 10% de la biomasa, el alimento debe contener de 28 -32% de proteína, además afirma que en esta fase se puede lograr obtener una sobrevivencia del 95%, siempre y cuando las condiciones sean favorables. A si mismo Erazo y Valles¹³ mencionan

¹⁰ ORTEGA, A y ROSERO, Luis. Evaluación comparativa de la porquinaza y el abono triple quince en el cultivo de larvas de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)... Trabajo de grado zootecnista. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Zootecnia. 1998 p. 12

¹¹ ROSADO, Rafael. MANEJO REPRODUCTIVO EN CAUTIVERIO DE LA TRUCHA ARCO IRIS *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) En: Reproducción de peces en el trópico. 2005. p.140 - 141

¹² VICUÑA, Omar. *Piaractus brachypomus* (cachama blanca) En: peces nativos de agua dulce del sur de interés para acuicultura: una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Latino America. 2010. P. 94.

¹³ ERAZO, Silvia; VALLES, Cristina. Determinación de condiciones de crecimiento para el manejo de cachama (*Piaractus brachypomus*), parroquia la Belleza, Provincia de Orellana. Trabajo de

que en los primeros estadios de vida de la cachama se puede suministrar alimentos balanceados a porcentajes del 9 al 7% de la biomasa, contenida en el estanque.

4.1.2 Densidad y siembra de alevines. Erazo y Valles¹⁴, afirman que las mejores densidades en los cultivos de cachama en estanques y con alimento concentrado en un 90% es de 0.5 - 0.8 cachamas por m², es decir que en un estanque de 2.000 m² se podrán cultivar entre 1.000 a 1.600 cachamas, para obtener los mejores rendimientos por pez. Así mismo afirman que los cultivos deben ser controlados periódicamente para evaluar su desarrollo y observar el estado de salud y apariencia de las cachamas y a la vez hacer los ajustes de alimentación diaria correspondiente.

4.1.3 Importancia económica. Gonzales y Heredia¹⁵, afirman que en la actualidad la cachama blanca es considerada como la especie de mayor potencial productivo y comercial en piscicultura extensiva, semi-extensiva e intensiva en aguas cálidas continentales de América Latina dada su resistencia al manejo y su fácil adaptación al consumo de alimentos naturales y concentrados en condiciones de cautiverio; a lo que se le adiciona a su rusticidad y rápido crecimiento, con excelentes conversiones alimenticias y gran demanda en el mercado.

Muñoz¹⁶ sostiene que es una especie de pez con importancia económica dentro de la actividad pesquera en Colombia, debido a su amplia distribución que comprende una zona desde el Orinoco hasta la Cuenca Amazónica; su velocidad de crecimiento; su rusticidad; y su tamaño considerablemente grande en comparación con otras especies (hasta 85 cm de longitud y 20 Kg de peso). Además, presenta facilidad para su manejo en estanques, bien sea en mono o en policultivo, y se cuenta con disponibilidad de alevinos, la mayor parte del año; y por último, se adapta a diferentes clases de dietas. Todas estas características son las que han despertado el interés por el cultivo de esta especie.

Otra condición favorable para el cultivo de esta especie, es la relativa facilidad para realizar la reproducción artificial y la producción masiva de alevinos o semilla básica para su cultivo en estanques, presentándose como característica especial

grado (Ingeniero en Recursos Naturales), Provincia de Orellana, Ecuador. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias Y ambientales. 2007. p. 15.

¹⁴ Ibíd. P. 36.

¹⁵ GONZALES; J. y HEREDIA; B. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*) EN: Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado Guarico. 2004 p. 134

¹⁶ MUÑOZ, Andrea et al. Análisis histomorfológico del sistema digestivo y glándulas anexas en alevinos de cachama blanca, *piaractus brachypomus* (*characidae: piaractus*). Revista facultad de ciencias básicas. 2005, 2 (1): 137-164.

la posibilidad de efectuar varios desoves durante el año. Además esta especie presenta la posibilidad de efectuar cruces interespecíficos entre cachama negra (*Colossoma macropomum*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con lo cual se obtienen híbridos de muy buenas características, altos rendimientos y buena conversión alimenticia.

4.1.4 Parámetros físico-químicos del agua en el cultivo de la Cachama blanca. De acuerdo a Casas¹⁷, la calidad del agua es uno de los factores determinantes en el éxito de una producción piscícola. Los peces requieren condiciones mínimas para realizar sus funciones vitales, por tal razón se hace necesario un control permanente de los parámetros físicos y químicos del agua (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de calidad de agua y rangos óptimos para el cultivo de la cachama blanca

PARÁMETRO	CONDICIÓN OPTIMA
OD	> 4 mg/l
Amonio Ionizado NH ₄ ⁺	< 1mg/l
Amonio no Ionizado	0,1 – 0,3 mg/l
Nitritos	< 1mg/l
Nitratos	< 200mg/l
Alcalinidad	50 – 200 mg/l CaCO ₃
pH	6,4 – 9
Temperatura	25° - 30 °C

Fuente: Casas, David. Sistemas de recirculación de agua para la cría intensiva de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

4.2 ESTRÉS EN PECES. Weber afirma que:

El mantenimiento del estado de equilibrio fisiológico (homeostasis) es fundamental para la supervivencia de un organismo. No obstante, la estabilidad de este equilibrio se encuentra amenazada continuamente tanto por perturbaciones intrínsecas al propio organismo como por variaciones provenientes del medioambiente, se puede definir el estrés como un estado de desequilibrio fisiológico provocado por un agente estresante, que pone

¹⁷ CASAS, D. Sistemas de recirculación de agua para la cría intensiva de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Cabudare, Venezuela. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Facultad de Agronomía. 2008. p. 15.

en marcha las respuestas de estrés. Por tanto, el estrés es la condición en la que el equilibrio dinámico del organismo animal, la homeostasis, es perturbado o amenazado como consecuencia de la acción de estímulos externos o internos, los denominados agentes estresantes.

Tanto en la naturaleza como en condiciones artificiales, como puede ser la acuicultura, los peces están continuamente expuestos y sometidos a múltiples agentes estresantes. Concretamente en la acuicultura, donde se trata de reproducir artificialmente las condiciones de la naturaleza, los cambios fisiológicos que ocurren en respuesta a las nuevas condiciones pueden provocar estrés y como consecuencia una disminución en el rendimiento del animal. Por esta razón, el estrés es uno de los problemas más importantes que afectan a la producción piscícola, dado que en la acuicultura intensiva son muchas las prácticas o factores que pueden ocasionarlo¹⁸.

4.3 MÉTODOS PROFILÁCTICOS Y PREVENTIVOS. Argumedo y Rojas sostienen que:

Cuando las enfermedades se manifiestan se debe decidir cuál es el método más efectivo para el tratamiento de la misma teniendo en cuenta la identificación del agente causante de la enfermedad. Uno de los métodos para el tratamiento de enfermedades es la administración de medicamentos vía oral mediante la adición del medicamento al concentrado de los peces. Otro proceso son los baños cortos que consisten en colocar los peces afectados en recipientes donde previamente se han preparado concentraciones altas de los productos o medicamentos específicos para el tratamiento de la enfermedad o afección indicada. Otra técnica comúnmente utilizada son los baños permanentes, que consiste en agregar o diluir los medicamentos o productos seleccionados para el control de la enfermedad, dentro del cuerpo de agua que albergan los peces afectados; de tal forma que se logren concentraciones letales para los organismos causantes de la afección, buscando afectar al mínimo la salud de los peces.

La mejor forma de prevenir las enfermedades en los peces es brindar condiciones físicas, químicas y biológicas estables y apropiados para la

¹⁸ WEBEN, Robilson. Efecto del estrés y de la anestesia sobre indicadores primarios y secundarios de estrés y sobre los neurotransmisores monoaminérgicos cerebrales en el lenguado solea senegalensis kaup, 1858. Trabajo de grado Doctor en Fisiología. España, Santiago de Compostela.: Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Biología. Departamento de fisiología, 2009. 5 p.

especie, las enfermedades se pueden originar por desequilibrio de cualquiera de las anteriores condiciones¹⁹.

4.4 TECNOLOGÍA BIOFLOC.

Lujan²⁰, afirma que la tecnología de los biofloc (BFT por sus siglas en inglés) ofrece una solución a los problemas ambientales por la descarga de los productos de desechos en los cuerpos de agua, a la dependencia por la harina y aceite de pescado por parte de la acuicultura y una posibilidad de reducir las tasas de alimentación en estos sistemas.

Según Ladino *et al*²¹, los biofloc están constituidos por agregados de bacterias heterótrofas, fitoplancton, zooplancton y hongos entre otros microorganismos los cuales se desarrollan a partir de la materia orgánica disponible en el medio acuático. En términos generales, las bacterias heterótrofas son pioneras en la conformación del biofloc, razón por la cual se ha enfatizado en su estudio a fin de lograr un mayor entendimiento del proceso de conformación y funcionamiento del mismo.

Así mismo, Avnimelech²², sostiene que el biofloc es un conglomerado de microbios, algas, protozoos y otros, junto con detritus y partículas orgánicas muertas. El biofloc es el único ecosistema con gran cantidad de partículas suspendidas en el agua relativamente pobre. El biofloc encontrado en los estanques de cultivo son partículas porosas, ligeras y tienen un diámetro de 0,1mm.

¹⁹ ARGUMEDO, Eric y ROJAS, Héctor. Op cit. p. 117 y 118

²⁰ LUJAN, M. El uso de biofloc en acuicultura. [en línea]. Madrid, España. Portal de información en acuicultura [citado 01 agosto, 2011] Disponible en internet. URL: http://www.aquahoy.com/index.php?option=con_content&view=article&ide=12607%3Ael-uso-de-biofloc-en-acuicultura&catid=56&lang=es.

²¹ LADINO G y RODRIGUEZ J. Efecto de *Lactobacillus casei*, *saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomonas palustris* (microorganismos eficientes) y melaza en la ganancia de peso de tilapias *Oreochromis sp*) en condiciones de laboratorio. [en línea], Orinoquia. Vol. 13, Núm. 1. Meta, Colombia. 2008 [citado 05 septiembre., 2011] Disponible en internet. <URL: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=89612776006>.

²² AVNIMELECH, Yoram. BIOFLOC TECHNOLOGY – A PRACTICAL GUIDE BOOK. Louisiana (E.U) THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY. 2009. P. 41

4.4.1 Flóculos microbianos. Según Schryver *et al*²³, los flóculos microbianos consisten en una mezcla heterogénea de microorganismos (formadores de flóculos y bacterias filamentosas), partículas, coloides, polímeros orgánicos, cationes y células muertas y puede alcanzar más de 1000 micras de tamaño.

Según Poleo²⁴, las bacterias heterotróficas se encargan de captar los complejos nitrogenados liberados por los peces y utilizarlos en su crecimiento, eliminando de esta manera la toxicidad por amonio y nitritos.

Ladino y Rodríguez²⁵, afirma que dentro de los sistemas de producción intensivos, los peces excretan tal cantidad de nitrógeno que la relación carbono/nitrógeno (C:N) puede ser del orden de 3:1. En estas condiciones, la escasez de carbono orgánico asimilable impide la incorporación del nitrógeno circulante por parte de las bacterias. Para alcanzar la relación requerida se reporta el uso de acetato de sodio como fuente de carbono orgánico sin embargo, los costos de este han hecho prohibitivo su uso; razón por la cual se está explorando actualmente el uso de otros productos como la melaza (subproducto del procesamiento de la caña durante la obtención del azúcar) o harina de yuca como sustitutos con resultados similares a un menor precio.

La combinación de una bacteria ácido láctica, una bacteria fototrófica y una levadura también conocida como EM (effective microorganisms) se desarrolla en un medio con pH ácido de 4 o menor, el cual es producto de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos contenidos en la melaza, es promocionada por lo que han denominado su capacidad sinérgica, sintrópica y metabiótica para ser empleada en muchos campos, uno de ellos es la disminución de la capacidad contaminante de las aguas servidas dada su capacidad para desdoblar la materia orgánica.

4.4.2 Sistema tecnología Biofloc Reyes²⁶, afirma que el BFT se basa en la actividad de la comunidad microbiana de un estanque, debido a que el tratamiento del agua se realiza dentro del tanque de cultivo, sin necesidad de tener una estructura, como componente separado del tratamiento de agua.

²³ SCHRYVER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture* 277 (2008) 125–137 2008. P.2,3

²⁴ POLEO, G. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. [en línea], *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, vol. 46, Num. 4. Venezuela 2011. [citado 28 agosto., 2011] Disponible en internet. < URL: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n4/13.pdf>.

²⁵ LADINO G. RODRÍGUEZ J. Op. cit. p. 1.

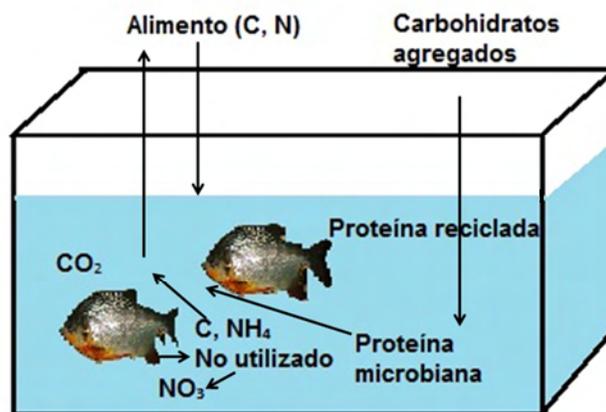
²⁶ REYES, Manuel. Aplicación de tecnología Bioflocs en cultivo de tilapia. [en línea] *Revista industria acuícola*. Vol 6 Num 4. México. 2006. [citado 28 agosto., 2011] Disponible en internet. < URL: <http://issuu.com/industriaacuicola/docs/industria-acuicola-bol.-6.6>.

Reyes²⁷, menciona que cuando la renovación del agua es limitada, se desarrolla una densa comunidad microbiana. Típicamente se encuentran de $10^7 - 10^{10}$, millones de células microbianas en 1cm^3 de agua de un estanque. El mismo autor sostiene que si se utiliza un material que contenga carbono, como la melaza, el almidón, la tapioca y otros, ajustando la relación C/N, en una proporción de 20:1, los microorganismos tomarán el amonio del agua y crearán una proteína microbiana.

Según Reyes²⁸, una característica importante del BFT es la habilidad de reciclar las proteínas. En la acuicultura convencional, solamente cerca del 20-25% de la proteína del alimento es retenida por el pez, mientras que con los BFT, el amonio es convertido en proteína microbiana (a través de la adición de carbohidratos), que puede ser utilizada como fuente de proteína.

Además Reyes²⁹, afirma que los microorganismos en el agua tienden a agregarse y formar bioflóculos que pueden ser filtrados por los peces o camarones, más del 20% de la proteína consumida por los peces en sistemas de BFT proviene del consumo de flóculos. (Figura 1)

Figura 2. Esquema de un sistema biofloc



Fuente: REYES, Manuel. Aplicación de tecnología Bioflocs en cultivo de tilapia, 2006.

²⁷ Ibid., p. 12

²⁸ Ibid., p. 12

²⁹ Ibid., p. 12

La cantidad de proteína del alimento, retenida en los sistemas BFT, es más del doble que aquella encontrada en sistemas tradicionales, debido a que la proteína es prácticamente usada dos veces, una cuando los pellets son consumidos y la segunda cuando los bioflóculos son capturados.

4.4.3 Intensidad de la mezcla. Según Chaignon *et al*³⁰, la intensidad de la mezcla de compuestos por un dispositivo de aireación de cierto poder será el determinante del tamaño del floc en estado estable, esto se logra con el equilibrio entre la velocidad de agregación, la tasa de rotura y la distribución del tamaño de floc.

Chaignon *et al*³¹, afirman que en la acuicultura, la disipación de la energía en general está en el rango de 0,1 a 10 W m⁻³. Sin embargo, en sistemas intensivos, el valor más realista puede alcanzar hasta 100 W m⁻³, o valores mayores que pueden influir en la intensidad de la mezcla y por lo tanto mayores tasas de corte, el tamaño promedio de floc disminuye debido a la rotura mayor del flóculo.

4.4.4 Parámetros que influyen en la producción de biofloc

- **Oxígeno disuelto.** Wilen y Balmer citados por Schryver *et al*³², señalan que un cambio en la intensidad de la mezcla, generado por dispositivos de aireación alternativos o entradas de energía, influirá directamente en la concentración del oxígeno disuelto (OD) en el agua. El nivel de OD no sólo es esencial para la actividad metabólica de las células dentro de flóculos aeróbicos, también se cree que influye en la estructura del flóculo. Además los flóculos se incrementan en concentraciones más altas de OD.
- **Fuente de carbono orgánico.** Landman citado por Schryver *et al*³³, sostiene que la dosificación de una fuente de carbono orgánico en el agua de cultivo en sistemas de biofloc en estanques induce a una disminución de los niveles de oxígeno disuelto debido al metabolismo microbiano aeróbico. Esto puede inducir a sub-efectos letales sobre especies sensibles de cultivo. En tales casos, se puede utilizar para hacer crecer la biomasa heterótrofa en exteriores, en otros casos se usan reactores en los sistemas de cultivo.

³⁰ CHAIGNON, V. et al. Evolution of size distribution and transfer of mineral particles between flocs in activated sludges: an insight into floc exchange dynamics. *Water Research* 36, 676–684. 2002. p,3

³¹Ibid., p. 3

³² SCHRYVER, P. *et al.* Op. cit. p. 7.

³³ Ibid., p. 7

Avnimelech³⁴, sostiene que el carbono orgánico puede ser suministrado como fuente adicional de carbon (por ejemplo, glucosa, acetato, el glicerol.) o cambiando la composición de piensos, lo que aumenta la relación C:N. Es posible calcular teóricamente, la cantidad de materia orgánica necesaria para un estanque de cultivo intensivo, basado en la cantidad de nitrógeno excretado por las especies acuícolas. La fuente de carbono orgánico es la que determina en gran medida la composición de los flóculos producidos, este principalmente en relación con el tipo y la cantidad de polímeros de almacenamiento.

- **Tasa de carga orgánica** Martins, Heijnen y Van³⁵, afirman que la tasa de carga orgánica en la que la fuente de carbono orgánico es dosificado en el agua es un factor importante durante el proceso técnico. En el que las bacterias filamentosas tienen una ventaja sobre las bacterias no filamentosas las primeras por su mayor superficie en volumen y nivel. Por otra parte, las filamentosas pueden penetrar fuera de los flóculos y por lo tanto están expuestos a mayores concentraciones de sustrato que las bacterias no filamentosas que crecen principalmente en los flóculos.

Salehizadeh y Loosdrecht Van³⁶, afirman que el carbono orgánico se puede añadir en pequeñas cantidades y por lo tanto de manera continua de modo que no se añada en dosis mayores, pero a intervalos 1 día por medio, logrando con esto obtener excelentes producciones de flóculos bacterianos.

- **Temperatura.** Wilen *et al*³⁷, encontraron que la defloculación de los flóculos se produce a bajas temperatura (4 ° C) en comparación con las temperaturas más altas (18-20 ° C), probablemente debido a una disminución de la actividad microbiana en los flóculos.

Krishna y Van Loosdrecht citados por Boyd³⁸, observaron que las altas temperaturas (30-35 ° C) dan lugar a un aumento del índice de volumen de

³⁴ AVNIMELECH, Y., Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176 (3-4), 1999. p. 227-235.

³⁵ MARTINS, A., HEIJNEN, J., VAN LOOSDRECHT, M., . Effect of dissolved oxygen concentration on sludge settleability. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 62 (5-6). 2003. p. 2 (9)

³⁶ SALEHIZADEH, H., VAN LOOSDRECHT, M., . Production of polyhydroxyalkanoates by mixed culture: recent trends and biotechnological importance. *Biotechnol. Adv.* 22 (3), 261-279. 2004 . p. 10 (19)

³⁷ WILEN, B. et al. Influence of microbial activity on the stability of activated sludge flocs. *Colloid Surf. B.* 18 (2), 145-156. 2000. P. 2, 3 (10)

³⁸ BOYD, C.E.,. Pond water aeration systems. *Aquac. Eng.* 18 (1), 9-40. 1998. p. 5

los lodos ($SVI \geq 500 \text{ ml g}^{-1}$) debido a la excesiva producción de polisacáridos extracelulares. De acuerdo a lo anterior, se puede esperar que una temperatura del agua intermedia de 20-25 °C sería lo mejor para obtener flóculos de manera estable, con un volumen intermedio de aproximadamente 200 ml g^{-1} . Se ha demostrado que las altas temperaturas (35 °C) puede resultar hasta en un 75% menos en comparación con la formación de flóculos a temperaturas más bajas (15 °C). La temperatura está estrechamente relacionada con la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

- **pH.** Mikkelsen citado por Schryver *et al*³⁹, menciona que los cambios en el pH determinan la estabilidad de los bioflóculos en los estanques, debido a los rangos de pH que toleran algunos microorganismos que pueden variar de 2 a 11, aunque los posible cambios en el pH limitan la gama optima de los microorganismos y pueden producir mortalidad.

4.4.5 Composiciones nutritivas y efectos protectores de los flóculos para la acuicultura. Avnimlech⁴⁰, sostiene que la tecnología biofloc (BFT) ofrece la posibilidad de utilizar cero recambios de agua en procesos de recirculación en sistemas acuícolas. Sin embargo, el valor añadido de los biofloc está determinado principalmente por su potencial para ser utilizado como alimento adicional para peces. En la actualidad, la mayor parte de compuestos esenciales incluidos en los alimentos de peces se han logrado con la inclusión de harinas y aceites de pescado, debido a su óptima calidad nutricional, se tiene como práctica común que por cada 1 a 5 kg de pescado capturado en el mar se produce un kg de peces de cultivo.

Naylor⁴¹, afirma que una forma de producir alimentos suplementarios se da a través de la producción de nuevas biomásas (micro-algas y bacterias heterotróficas) obtenidas en las corrientes de desechos de nutrientes de los sistemas de acuicultura.

Avnimelech⁴², afirma que desde este punto de vista, el estado nutricional y composición de los biofloc es de gran importancia económica logrando producir un producto sano y de alta calidad en donde la mayoría de los piscicultores utilizan dietas completas que comprende cantidades de proteína (18 - 50%), lípidos (10-

³⁹ SCHRYVER, P. et al. Op cit. p. 8

⁴⁰ AVNIMELECH, Y., Bio-filters: the need for an new comprehensive approach. Aquac. Eng. 34 (3), 2006. p.172-178.

⁴¹ NAYLOR, R.L., et al.. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature 405 (6790). 2000. p.7

⁴² AVNIMELECH, Yoram. Op cit. 6

25%), carbohidratos (15-20%), cenizas (8.5%), fósforo (1.5%), agua (10%), y pequeñas cantidades de vitaminas y minerales.

Craig y Helfrich⁴³, sostienen que la composición de los flóculos producidos deben ser comparados con ácidos grasos poliinsaturados e insaturados (PUFA Y HUFA) y el contenido de lípidos para determinar la viabilidad de los flóculos biológicos como alimento en la acuicultura. No sólo el valor nutricional de los biofloc es importante. Otros compuestos internos también pueden ser beneficiosos para las especies acuícolas. Tal es el caso de los ácidos grasos de cadena corta como agentes de control biológico contra patógenos que causen enfermedades y que tengan un interés particular.

El valor agregado global de los BFT para la acuicultura está dado por la disminución de la tasa de recambios de agua y de reducción en los costos de alimentación. Crab⁴⁴ afirma que los Bioflóculos no permiten un completo reemplazo de la comida tradicional, pero aún puede dar lugar a una disminución sustancial del costo de procesamiento ya que la comida representa 70-80% de los costos de producción total.

Avnimelech⁴⁵, sostiene que la acuicultura intensiva debe hacer frente a sus impactos sobre el medio ambiente teniendo en cuenta la contaminación del agua, el uso de aceite y harina de pescado. Los BFT ofrecen la posibilidad de mantener simultáneamente una buena calidad del agua en los sistemas de acuicultura y la producción de alimentos adicionales para los peces de cultivo. Estos argumentos serán las pautas para determinar la agregación microbiana y así obtener óptimas características morfológicas (tamaño y distribución del floc) para servir como alimento para las especies de cultivo. En la actualidad, las investigaciones se centran principalmente en la eliminación de nutrientes en el agua y no tanto en los aspectos de composición (proteínas, ácidos grasos poli-insaturados, lípidos, poli-β-hidroxibutirato) de los flóculos biológicos, aunque este último puede representar un valor añadido importante para la acuicultura.

Avnimelech⁴⁶, afirma que el valor nutricional de los flóculos biológicos, así como su morfología característica, dependen de un gran conjunto de parámetros de funcionamiento como son la intensidad de la mezcla, oxígeno disuelto, fuente de

⁴³ CRAIG, S., HELFRICH, L.A. Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding(Publication 420–256). Virginia Cooperative Extension, Yorktown (Virginia). 2002. p. 4

⁴⁴ CRAB, R. et al. Nitrogen removal in aquaculture towards sustainable production. Aquaculture 270 (1–4), 2007. p. 10

⁴⁵ AVNIMELECH, Yoram. Op cit. p. 1

⁴⁶ Ibid. p. 2

carbono orgánico, la carga orgánica, la temperatura y el pH que son factores que influyen y se relacionan entre sí.

4.4.6 Calidad nutricional de los biofloc. La composición bioquímicas del biofloc se muestran en la tabla 2. De esta manera Azim y Little⁴⁷ demostraron que no hay diferencias significativas usando alimentos entre el 35% y 24% de proteína, lo cual indica que la calidad biofloc es independiente de la calidad de los alimentos usados.

Tabla 2. Composición del biofloc

Nutriente	Porcentaje
Proteína Bruta	35-50%
Lípidos	0,6–12%
Materia Mineral	21–32%
Fibra Bruta	3–12%
Carbohidratos	4–15%

Fuente: Ramírez, Reinaldo. Cultivo intensivo de cachama (*Colossoma macropomum*) en sistema de biofloc.

De Silva y Anderson citados por Azim⁴⁸, mencionan que la calidad del biofloc en términos de nutrición de los peces contiene un 38% de proteínas, lípidos 3%, 6% de fibra, ceniza 12% y 19 kJ g⁻¹ de energía (en base de materia seca) lo cual es un alimento apropiado para peces con excepción de los bajos niveles de lípidos crudos.

Azim y Little⁴⁹, mencionan que se analizó el biofloc para determinar si contenía ácidos grasos esenciales para los peces, con lo cual se demostró que el 27 -28% son ácidos grasos poliinsaturados, del 28 – 29% ácidos grasos monoinsaturados, del 30 al 35% ácidos grasos saturados y del 10 al 12% picos desconocidos. Sin embargo, una mejor calidad de biofloc se informó en sistemas similares sin peces lo que indica que la utilización in situ de peces podría tener un efecto sobre la composición bioquímica de floc.

⁴⁷ AZIM M.E y LITTLE D.C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) *Aquaculture* 283 (2008) 29–35 2008. ^{p.4}

⁴⁸ *Ibid.*, p. 6

⁴⁹ *Ibid.*, p. 7

4.4.7 Alimentación de peces con Biofloc. Buford *et al*⁵⁰, sostiene que en este sistema los microorganismos son manipulados logrando tener control de estos y reducir las concentraciones toxicas de nitrógeno inorgánico. A si mismo encontró que este tiene varios de los requerimientos exigidos por los peces, por lo cual influye en el crecimiento y en la sanidad de los peces, este sistema aumenta los beneficios nutricionales, debido a la gran cantidad de proteína microbiana que produce.

Buford *et al*⁵¹, sostiene que la contribución nutritiva del biofloc hacia los peces es igual a la que se suministra en un alimento balanceado y que en muchos casos depende de la edad del pez, la densidad de siembra y por otra parte de la densidad del material floculante y del tamaño del mismo. Sin embargo, se concluye que este sistema contribuye en mayor cantidad de proteína al pescado. Actualmente, se tiene buenos datos sobre la utilización de proteínas microbianas en tilapia, camarones (*Litopenaeus vannamei* y *Penaeus monodon* determinadas) y posiblemente de carpas (*Cyprinus sp*). Se encontró que los peces gato africano (*Ameiurus melas*), no usan biofloc (probablemente debido al hecho de que las branquias de estos peces no están desarrolladas).

Kuhn *et al*⁵², mencionan que la inclusión de sistemas BFT sirven de alimento para tilapia y camarones, en niveles de 8 -16% aproximadamente, con este sistema se logra obtener rendimientos de crecimiento iguales o superiores a los obtenidos con alimentos balanceados. Se debe tener en cuenta que los componentes de alimentación conocidos se mantuvieron iguales en el alimento comercial y fue diferente en los de sistema biofloc. La alimentación incluyendo este sistema mejora el crecimiento de camarones y peces, este presenta mejores rendimientos en camarón marino (*Litopenaeus sp*), teniendo en cuenta un control en el que se suministra solo alimento balanceado. Se ha demostrado que los flóculos microbianos presentes en el agua o manejados como un pienso mejoran el rendimiento en camarones.

Moss *et al*⁵³, afirman que el BFT contiene diferentes factores de crecimiento y probióticos. A si mismo encontraron que la alimentación con biofloculos puede reemplazar las vitaminas normalmente suministradas en la alimentación del camarón marino (*Litopenaeus sp*). Se ha encontrado que en esta especie aumenta la actividad específica de enzimas (proteasa serina, colagenasa, amilasa, celulosa). Así mismo afirman que el biofloc contiene componentes que tienen efecto probiótico, uno de los

⁵⁰ BURFORD, Michele; Et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219 (2003) 393 – 411. P. 2

⁵¹ *Ibid.* p.2

⁵² KUNH, David; et al. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture* 296 (2009) 51–57. P. 2

⁵³ MOSS, S; et al. Stimulating effects of pond water on digestive enzyme activity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*, 2001, 32, 125-131. P. 2

posibles factores de probiótico es PHB, poli-3-hidroxibutirato, además, la composición nutricional puede ser de importancia superior a la producción económica, saludable y los cultivos de alta calidad.

4.4.8 El biofloc usado para el control de enfermedades en peces y camarones. Según Avnimelech⁵⁴, el biofloc ha surgido como una posibilidad para controlar las enfermedades que se presentan en peces y camarones, esta técnica se basa en omitir los recambios de agua, además hay indicaciones que con la utilización de biofloc, los animales son más inmunes y menos susceptible a la propagación y la aparición de enfermedades. Recientes estudios demuestran la existencia de mecanismos específicos, tales como los ácidos de cadena larga como el Poly -3-hidroxi butirato. La posibilidad de controlar los bioflocos pueden servir para un mecanismo antiséptico, además este sistema parece aportar alguna forma de medicamentos convencionales usados en la acuicultura.

Sinha *et al*⁵⁵, sostienen que al mantener un nivel de biomasa densa de peces o camarones, inevitablemente se corre el riesgo de brotes de enfermedades. Los animales son infectados por otros peces enfermos o patógenos presentes en el agua y estos pueden reproducirse muy rápidamente. Los patógenos a menudo se conservan en el estanque y en el sedimento donde logran durar mucho tiempo y pueden inducir repetidas infecciones, además de esto, las condiciones de cultivo intensivo y densidad necesariamente producen situaciones de estrés.

Lighthner⁵⁶, sostiene que el objetivo de la prevención de enfermedades, está dada por la reducción del recambio de agua en el estanque llegando a ser este nulo, además la implementación de biofloc en estanques es uno de los medios disponibles prácticos de cultivo de camarón o peces en un método sin intercambio de agua o mediante el intercambio mínimo ya sea tomando el agua dentro de la granja (p. ej. un reservorio de recirculación) o tomando directamente de la fuente de agua.

Grillo *et al*⁵⁷, afirman que los efectos del BFT sobre prevención de enfermedades en acuicultura es un tema de investigación que se inició recientemente. A si mismo mencionan que el biofloc puede ser usado en la acuicultura en otros aspectos además de control de calidad de agua y suministro de alimentación y actuar como

⁵⁴ AVNIMELECH, Yoram. Op cit. p. 85

⁵⁵ SINHA, Amit; et al. horizon scanning: the potential use of biofloc as an anti-infective strategy in aquaculture – an overview. *Aquaculture Health* 13(2008). P. 8 - 10

⁵⁶ LIGHTNER, D. exclusion of specific pathogens for disease prevention in a panaeid shrimp biosecurity program. *World aquaculture society*. 2003. P. 1 – 2

⁵⁷ GRILLO, Manuel; *et al*. Zero-exchange shrimp production success in wssv infected Panama. *Global aquaculture advocate*. V3 (6): 55-56. P. 2.

agente biológico contra enfermedades patógenas. Un mecanismo hacia el control de las enfermedades es la producción de ácidos grasos de cadena corta.

Defroit *et al*⁵⁸, sostienen que el Poli-p-hidroxi butirato (PHB) tiene efecto similar contra las infecciones de *Vibrio*. La acumulación de PHB en el biofloc puede ser inducida bajo condiciones de exceso de carbono (alta relación C/N) y así ofrecer una ventaja como probiótico a la acuicultura. Además revisan el potencial del biofloc como un antiinflamatorio, porque posee actividades de probiótico, prebiótico logrando estimular el sistema de defensa de los peces y así evitar alguna enfermedad.

4.4.9 Composición taxonómica de biofloc. Azim y Little⁵⁹ sostiene que hay pequeñas cantidades de mucopolisacáridos, normalmente segregada por las bacterias (canal verde).

Según Bloem *et al* citados por Azim y Little⁶⁰, la abundancia y la composición taxonómica de los diferentes organismos asociados al floc se distribuye en tres grupos de organismos como: protozoos, rotíferos y oligoquetos. Entre los protozoos, tres géneros, a saber, *Paramecium*, *Tetrahymena* y *Petalomonas*. Cuatro géneros de rotíferos fueron identificados *Lecane*, *Trichocerca*, *Polyarthra* y *Asplanchna*. En el grupo *Oligochaeta* que se encuentra en los tubifex.

Bloem *et al* citados por Azim y Little⁶¹, afirman que estos microorganismos se pueden observar en muestras frescas, y en sistemas naturales, en estos sistemas se encuentra un acoplamiento entre las bacterias y los heterótrofos nano flagelados que puede ser de un 10 o 70% de la columna de agua.

4.4.10 Bacterias. Herbert citado por Goldman *et al*, sostienen que:

Las bacterias, requieren fuentes de carbono, nitrógeno y fósforo para el balance estequiométrico establecido por el estado fisiológico de la población celular. Sorprendentemente, la poca información disponible sobre como la composición química elemental (C: N: P) de las bacterias está influenciada por las condiciones de crecimiento. Sin embargo, se reconoce que las bacterias, debido a su contenido en ácidos nucleicos relativamente altos, puede alcanzar la relación C:N de átomos tan baja como 4:1, cuando

⁵⁸ DEFROIT, tom; *et al*. Short chain fatty acids protect gnotobiotic *Artemia franciscana* from pathogenic *Vibrio campbellii*. *Aquaculture* 261 (2006) 804 – 808. P. 2

⁵⁹ *Ibid.*, p. 5

⁶⁰ *Ibid.*, p. 5

⁶¹ *Ibid.*, p. 5

crece a tasas de crecimiento cercanas al máximo posible, este valor es menor que la encontrada en el fitoplancton (aproximadamente 6:1-7:1) que crecen en condiciones similares.

Del total de carbono absorbido por las bacterias, parte se utiliza para la producción de energía a través de reacciones catabólicas (respirado en forma de CO₂ en condiciones aeróbicas) y la otra parte se utiliza en reacciones anabólicas que conduce a la biosíntesis del material celular. El porcentaje relativo de carbono que entra en cada proceso se define como la eficiencia de crecimiento bruto de la célula, se supone que las pérdidas de carbono a través de la excreción son insignificantes, si bien se reconoce que bajo ciertas condiciones tales pérdidas pueden ser significativas⁶².

Linley y Newell citados por Golman⁶³, afirman que hay un consenso general de que los conjuntos naturales de bacterias pueden utilizar sustratos de carbono de fácil acceso, tales como glucosa y aminoácidos con eficiencias que superan con frecuencia el 50% y llegar tan alto como 80-90%. Por el contrario, la eficiencia del crecimiento bruto se puede reducir hasta un mínimo de 10% cuando los sustratos complejos, tales como residuos de macrófitas son la fuente de carbono más importante.

Fenchel y Blackburn citado por Goldman *et al*⁶⁴, sostienen dos criterios que deben cumplirse para que las bacterias en la fase de crecimiento exponencial puedan regenerar los nutrientes. En primer lugar el nitrógeno debe provenir de un sustrato orgánico (aminoácidos, péptidos, o proteínas) y en segundo lugar, la relación C:N de la biomasa bacteriana (C: NB), cuando se corrigen las pérdidas de carbono a través de respiración, debe ser mayor que la relación C:N del sustrato disponible (C:N).

4.4.11 Organismos foto – autótrofos, algas. Boyd y Tucker citados por Avnimelech⁶⁵ afirman que los peces pueden crecer en sistemas con actividad prácticamente no microbiana que sean alimentados con balanceados comerciales, normalmente los peces en estanques se cultivan en presencia de una matriz de micro organismos y se ven afectados por las comunidades microbianas presentes

⁶² GOLDMAN, J.C.. Regulation of gross growth efficiency and ammonium regeneration in bacteria by substrate C:N ratio. *Limnology and Oceanography* [en línea] Vol 32 Num 6. Estados Unidos.1987. [citado 28 agosto., 2011] Disponible en internet. <URL: http://www.aslo.org/lo/toc/bol_32/issue_6/1239.pdf. 1987. p.1.

⁶³ Ibid., p. 2

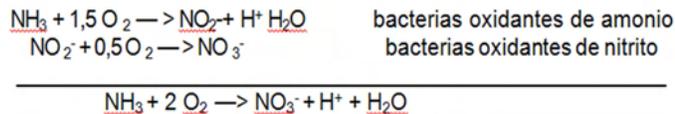
⁶⁴ Ibid., p. 2

⁶⁵ AVNIMELECH, Yoram. Op Cit. p. 23 - 24

en este. La comunidad microbiana más común que existe en el cultivo con el pez es la comunidad fotosintética la cual se compone principalmente por diferentes clases de algas y en parte de bacterias que se encuentran suspendidas en el agua.

Todos estos organismos son autótrofos, que pueden producir su propio alimento por conversión de la energía solar en la energía química, es decir por la producción de una serie de compuestos orgánicos. Estos compuestos se usan como alimento para organismos que no pueden producir su propio alimento, los organismos autótrofos son los principales productores y sirven de base para la vida en estanques y los demás sistemas naturales, la comunidad autótrofa se compone de quimio autótrofos que obtienen su energía por oxidación de compuestos químicos (amonio, hierro y manganeso) y los foto- autótrofos obtienen su energía a través de la recolección de energía solar, CO₂ y agua.

4.4.12 Bacterias autótrofas, nitrificación. Rittman y McCarty citados por Avnimelech⁶⁶ sostienen que la nitrificación autótrofa es descrita como un proceso biológico de dos etapas en el que el amonio es oxidado a nitrito y luego a nitrato, funcionando el oxígeno como receptor terminal de electrones.



Fuente: AVNIMELECH, Yoram. Biofloc technology. A practical guide book.

El primer paso del proceso es catalizado por bacterias oxidantes de amoniaco (*Nitrosomonas spp* y *nitrosococcus spp*). El segundo paso es catalizada por bacterias oxidantes a nitrito (*Nitrobacter spp* y *Nitrospira spp*), las bacterias nitrificantes son autótrofas aerobias obligadas, por ser autótrofas pueden generar su propia energía por la oxidación de NH₄ y NO₂ y producen material reduciendo CO₂ y carbono orgánico. El rendimiento energético de NH₄ o NO₂ por procesos de oxidación es relativamente bajo.

Ebeling⁶⁷, menciona que el proceso de nitrificación comienza cuando las bacterias oxidan el amonio lo cual conduce a la reducción en los niveles de nitrogreno amoniacal total (TAN), en ese momento las bacterias oxidantes empiezan a desarrollar nitrito de potasio (KNO₂), y la concentración de nitritos del agua sube,

⁶⁶ Ibid., p. 31 – 33

⁶⁷ EBELING, James; et al. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. Aquaculture 257 (2006) 346–358. P. 3 – 4

entonces la concentración necesaria de oxígeno para que este proceso pueda ocurrir normalmente debe ser del 50% (0,5 mg/l) cuando no se encuentra esta aireación en los estanques los nitritos tiende a acumularse en el agua, por lo tanto este parámetro se ve afectado por las concentraciones de oxígeno disuelto, materia orgánica disuelta, temperatura, pH, alcalinidad y turbulencia del agua, así mismo las bacterias nitrificantes son extremadamente sensibles a una amplia variedad de inhibidores como la alta concentración de amoníaco y ácido nitroso, bajo oxígeno disuelto (< 1 mgV1), pH fuera del rango óptimo (7.5-8,6) y la presencia de compuestos reducidos como sulfuros. Estas condiciones, en forma similar a la baja de oxígeno también conducen a la acumulación de las concentraciones de nitrito.

4.5 Melaza. Fajardo y Sarmiento⁶⁸, afirman que la melaza es una miel fina (no cristalizable) en forma de un jarabe o liquido denso y viscoso, separada de la misma masa cocida final y de la cual no es posible cristalizar más azúcar por métodos usuales.

Swan y Karalazos citados por Fajardo y Sarmiento⁶⁹, afirman que la denominación melaza se aplica al efluente final obtenido en la preparación del azúcar mediante una cristalización repetida. El proceso de evaporación y cristalización es usualmente repetido tres veces hasta el punto en el cual el azúcar invertido y la alta viscosidad de las melazas ya no permitan una cristalización adicional de la sacarosa.

Honig citado por Fajardo y Sarmiento⁷⁰ sostiene que la melaza es una mezcla compleja que contiene sacarosa, azúcar invertido, sales y otros compuestos solubles en álcali que normalmente están presentes en el jugo de caña, así como los formados durante el proceso de manufactura del azúcar. Además de sacarosa, glucosa, fructosa y rafinosa las cuales son fermentables, y sustancias reductoras no fermentables reductores del cobre (tabla 3), son principalmente caramelos libres de nitrógeno producidos por el calentamiento requerido por el proceso y las melanoidinas que si contienen nitrógeno derivadas a partir de productos de condensación de azúcar y amino compuestos.

⁶⁸ FAJARDO E. y SARMIENTO S. Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *saccharomyces cerevisiae*. Trabajo de grado (Microbiologo industrial). Bogota, Colombia. Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas. Programa de Microbiología Industrial. 2007. p. 22

⁶⁹ Ibid. p., 23

⁷⁰ Ibid. p. 35

Tabla 3. Contenido nutricional de la melaza.

COMPONENTES	CONTENIDO (P/P)
Materia seca	78 %
Proteínas	3 %
Sacarosa	60 – 63 % P/P
Azúcares reductores	3 – 5 % P/P
Sustancias disueltas	4 – 8 % P/P
Agua	16 %
Grasas	0,40 %
Cenizas	9 %
Calcio	0,74 %
Magnesio	0,35 %
Fosforo	0,08 %
Potasio	3,67 %
Glicina	0,10 %
Leusina	0,01 %
Lisina	0,01 %
Treonina	0,06 %
Valina	0,02 %
Colina	600 mg/kg
Niacina	48,86 mg/kg
Acido pantotenico	42,90 mg/kg
Piridoxina	44 mg/kg
Riboflavina	4,40 mg/kg
Tiamina	0,88 mg/kg

FUENTE: FAJARDO E. y SARMIENTO S. Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*.

4.5.1 Microorganismos de la melaza. Ariza y Gonzales citados por Fajardo y Sarmiento⁷¹, afirman que mediante ensayos adecuados con diluciones de melaza, se ha demostrado que está a pesar de su bajo contenido de fósforo, constituyen un buen medio nutritivo para muchos microorganismos, tales como levaduras, hongos y bacterias. Se considera importante la presencia de microorganismos mesófilos y termófilos dentro de la melaza, los organismos mesófilos se desarrollan bien durante la dilución de las melazas.

⁷¹. Ibid. p. 35

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN.

Esta investigación se realizó en el Laboratorio Nutrición y Alimentación Acuícola de la Universidad de Nariño. Sede Torobajo, ubicado al noroeste de la Ciudad de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño (Figura 3), con las siguientes coordenadas, latitud 1°09'16" norte y longitud 77° 08'25" , altura de 2510 msnm, temperatura promedio de 14°C, precipitación anual de 1180 mm y humedad relativa de 75%.⁷²

Figura 3. Localización geográfica de la Universidad de Nariño, ciudad de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño



⁷² Oficina de planeación, Universidad de Nariño, sede San Juan de Pasto

5.2 PERIODO DE ESTUDIO

La investigación tuvo una duración de dos meses, tiempo en el cual se realizó la adecuación de los acuarios, recepción del material biológico, fase de adaptación, distribución de los ejemplares y el periodo de evaluación durante 45 días del efecto del biofloc en la producción de alevinos de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)

5.3 MATERIAL BIOLÓGICO

Se evaluaron 135 ejemplares de cachama blanca (*P. brachypomus*), con un peso promedio de $1,5 \pm 0,07$ g, una longitud total promedio de $4,44 \pm 0,13$ cm y con una edad aproximada de 40 días, (Figura 4) procedentes del piscícola Pirarucú, localizada en el municipio de Florencia, Departamento de Caquetá.

Figura 4. Alevino de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)



5.4 INSTALACIONES

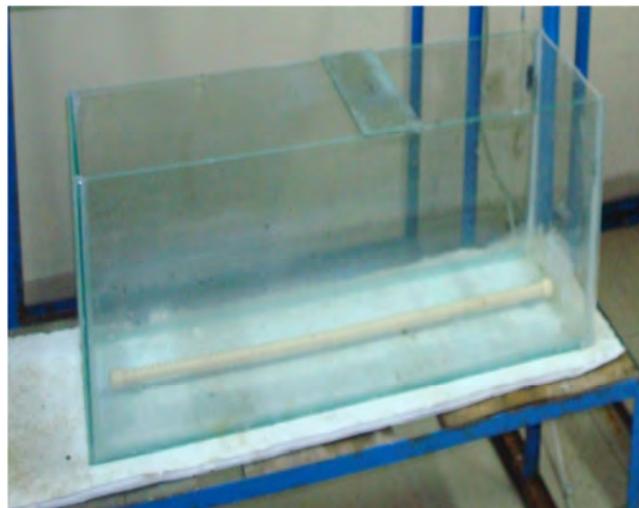
El Laboratorio Nutrición y Alimentación Acuícola del Departamento de Recursos Hidrobiológicos tiene un área de 40 m², provisto de mesones y materiales de laboratorio, además está equipado con un sistema de aireación, sistema de agua potable, instalaciones eléctricas y de gas. En el laboratorio se ubicaron 9 acuarios con capacidad de 50 litros de agua, se colocó dos estantes metálicos con capacidad de tres acuarios cada uno, los tres restantes se situaron en el mesón,

de dicho laboratorio que representaron las unidades experimentales, a cada uno se le instaló un sistema de aireación con un blower de 2.5 HP, el cual está distribuido con una tubería de 1 pulgada, para cada unidad experimental fue necesario hacer una conexión directa a una manguera de $\frac{1}{4}$ " y adaptada a un tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ " previamente perforado. Además se colocó termostatos para el mantenimiento de las condiciones óptimas de temperatura (Figura 5 y 6).

Figura 5. Distribución de las unidades experimentales



Figura 6. Sistema de aireación



5.5 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

5.5.1 Materiales: los materiales utilizados en esta investigación se describen a continuación:

- Acuarios
- Manguera de aireación
- Piedras difusoras
- Nasa
- Plástico
- Baldes plásticos 10 l
- Conos imhoff 1000 ml

5.5.2 Equipos. Se utilizaron los siguientes equipos

- Balanza digital Ohaus 0,1 g – 600 g
- Balanza digital Ohaus 0.01 g – 400 g
- Ictiometro
- Oxímetro YSI 550A
- pH metro Vwt8010
- Aireador eléctrico P-500 doble salida
- Blower 2,5 HP sweetwater
- HACH DR850
- Termostatos 75 watts
- Computador portátil hewlett packard (hp)
- Cámara fotográfica Samsung 10.2 mp

5.5.3 Insumos. se utilizaron los siguientes insumos

- Melaza
- Concentrado comercial 45%
- Sal marina
- Azul de metileno
- Hipoclorito de sodio
- Aquasafe
- Aquadene
- Mebendazol
- Eugenol
- Concentrado de gallinas ponedoras

5.6 PLAN DE MANEJO

5.6.1 Adecuación de las instalaciones. Antes de iniciar con el trabajo de investigación se realizó una desinfección de todas las instalaciones del laboratorio y equipos a utilizarse con hipoclorito de sodio comercial al 5,5%. Para la desinfección de los acuarios se empleó una solución a base de sal marina a concentraciones de 4g/litro y una solución de hipoclorito de sodio al 5,5%. Una vez desinfectados se procedió a hacer el llenado y la instalación de termostatos, piedra difusora (Figura 7), cada elemento fue de vital importancia en el desarrollo del proyecto puesto que cada uno cumplió con su función para mantener la calidad del agua en buenas condiciones en cuanto se refiere a temperatura, oxigenación y nivel de sólidos suspendidos.

Figura 7. Desinfección y adecuación.

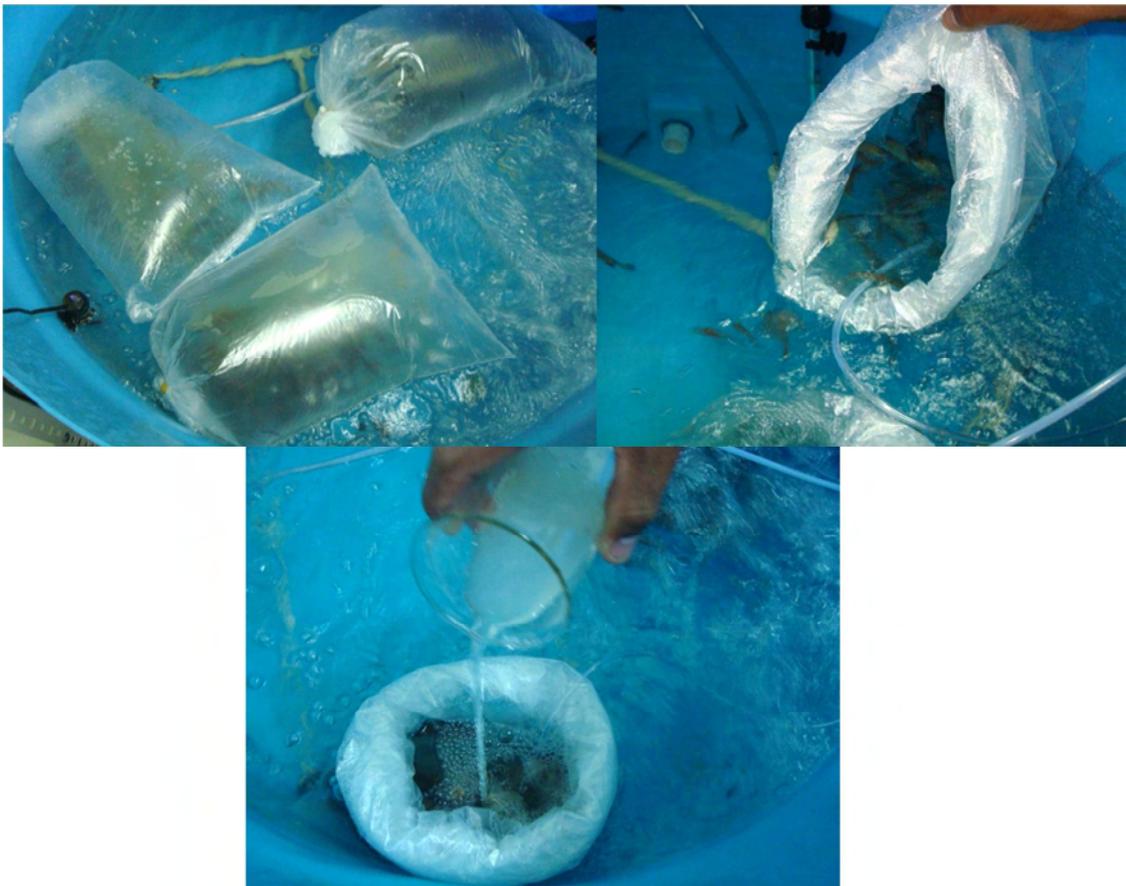


5.6.2 Transporte Los alevinos transportados se sometieron a un periodo de cuarentena de 24 horas, durante este tiempo los animales no recibieron alimento y se trataron con sal marina a razón de 3 g/l con el fin de mejorar la osmoregulación y desinfectar laceraciones que se hayan producido durante la cosecha, el agua en que fueron transportados los animales fue previamente tratada con bicarbonato a una concentración de 3.3 g/l con el fin de evitar altas concentraciones de amonio durante el transporte, para el empaque se utilizó doble bolsa, a las cuales se adicionó 1/3 parte de agua y 2/3 partes de oxígeno; esta cantidad de oxígeno les proporcionó reserva durante el periodo de transporte hasta llegar al laboratorio del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola.

5.6.3 Recepción y aclimatación de animales una vez se tuvieron los animales en el laboratorio, se colocaron las bolsas sin abrir en el tanque esperando hasta

que la temperatura interna se iguale con la del agua del tanque (aproximadamente 20 minutos); luego se adicionó lentamente el agua del tanque a la bolsa para equilibrar los demás parámetros fisicoquímicos; finalmente los peces fueron liberados en el tanque, además se realizó un tratamiento profiláctico con sal a razón de 4 g/l y se adiciono mebendazol a razón de 1 mg/l durante 6 horas con el fin de eliminar parásitos de los peces, dosis recomendadas por el Biólogo, Msc Hugo Rojas (Director estación piscícola pirarucú, Florencia, Caquetá, observación inédita, 2011). (Figura 8)

Figura 8. Tratamiento profiláctico y aclimatación.



5.6.4. Manejo de alevinos. Los ejemplares fueron distribuidos de manera aleatoria en las unidades experimentales a una densidad de siembra de 15

animales por acuario de 50 l, se realizó una aclimatación por goteo del agua de los acuarios a los recipientes que contenían los peces y se registró los datos iniciales de peso y talla (Figura 9)

Figura 9. Aclimatación y distribución de los alevinos a las unidades experimentales



5.6.5 Preparación del biofloc

- **Cálculo de la cantidad de melaza.** Para la preparación del biofloc se tuvo en cuenta la estimación de la generación de una carga de nitrógeno amoniacal total (NAT), la que se basa en la tasa de alimentación de peces, para el cálculo se empleará la ecuación formulada por Timmons et al⁷³.

$$P_{NAT} = F \times PC \times 0,092 = Kg / día$$

Donde,

P_{NAT} = Tasa de producción de nitrógeno amoniacal total (Kg/día)

F = Cantidad de alimento (kg alimento/día)

PC = Porcentaje de proteína del alimento

0,092 = Constante

⁷³ TIMMONS, M.B. et al. Traducido por PARADA, G. HEVIA, M. sistemas de recirculación para la acuicultura. Santiago, Chile. Fundación Chile. 2002, p. 99

La constante 0,092 se obtiene de las siguientes aproximaciones y estimaciones:

$$0,092 = 0,16 \times 0,80 \times 0,80 \times 0,90$$

Donde,

16% (proteína con 16% nitrógeno)

80% nitrógeno es asimilado

80% nitrógeno asimilado es excretado

90% del nitrógeno es excretado como NAT + 10% como urea

Para calcular la cantidad de melaza se tomó la relación carbono/ nitrógeno de cada tratamiento (T0: 0:1, T1: 10:1 y T2: 20:1), utilizando la siguiente ecuación

$$X_{kgC} = \frac{A_{kgC} * P_{NAT}}{A_{kgN}}$$

Donde,

X_{kgC} = Cantidad de carbono sin tener en cuenta el porcentaje de C de la melaza

A_{kgC} / A_{kgN} = Relación C / N de cada tratamiento

P_{NAT} = Producción de nitrógeno

Una vez determinada la X_{kgC} se procedió a verificar la cantidad total de melaza (Y_{kgC}) teniendo en cuenta el porcentaje de carbono de la melaza que se determinó con el método de Walkley- Black Colorimétrico (Anexo 1).

$$Y_{kgC} = \frac{X_{kgC} * 100}{\%C \text{ melaza}}$$

Donde,

Y_{kgC} = Cantidad de melaza a adicionar

X_{kgC} = Cantidad de carbono sin tener en cuenta el porcentaje de C de la melaza

$\%C$ = Porcentaje de carbono de la melaza

- **Adición de bacterias nitrificantes.** Se adicionó a cada unidad experimental bacterias nitrificantes comerciales de tipo *Bacillus sp.*, *Streptococcus sp.*, y los hongos *Aspergillus* y Fungi, como lo recomienda la casa comercial para mantener una población estable, la cual fue determinada teniendo

en cuenta el volumen del biofloc y los parámetros físico químicos del agua. (Figura 10)

Figura 10. Adición de bacterias nitrificantes



- **Adición de melaza** La melaza fue adicionada en las cantidades calculadas para cada tratamiento teniendo en cuenta la relación carbono nitrógeno (Tabla 4), la cual fue añadida a cada tratamiento durante 12 días consecutivos (Figura11), posterior a este periodo se adicionó melaza dos días por semana, teniendo en cuenta el volumen del biofloc que fue determinado con los conos imhoff y los parámetros físicos químicos evaluados⁷⁴.

Tabla 4. Cantidad de melaza

	SEMANA 1	SAMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6
T0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T1	1,20	2,20	2,83	2,97	2,56	1,80
T2	2,34	4,72	6,07	6,17	5,39	3,85

⁷⁴ CENIACUA. Evaluación del cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y tilapia roja (*Oreochromis sp*) en diferentes sistemas intensivos de granjas camaroneras como alternativa productiva del sector camaronicultor Colombiano: cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en un sistema súper intensivo de agua marina y biofloc. Informe de un grupo científico de CENIACUA. Cartagena: CENIACUA; 2009.

Figura 11. Adición de melaza



- **Adición de sustrato.** Se agregó concentrado de gallinas ponedoras durante 6 días consecutivos, posterior a este tiempo se adicionó este sustrato un día por semana hasta el final de la investigación garantizando el medio de formación de bacterias nitrificantes, zooplancton y fitoplancton.

5.6.5 Alimento y alimentación. Se suministró alimento balanceado con un porcentaje 45% de proteína (Anexo 2), el cual fue suministrado teniendo en cuenta la biomasa que se obtuvo en los muestreos, para la primera semana se alimentó a razón del 4% de la biomasa reduciendo este porcentaje en 0,6% semanalmente hasta llegar a un mínimo de 1%. Distribuidas en 3 comidas diarias (08:00 am, 12:00 m y 05:00 pm) (Anexo 3).

5.6.6 Censos. Se efectuaron cada 7 días tomando el 100% de la población para determinar peso y talla (Figura 12), a estos animales se les realizó un periodo de cuarentena un día antes de este proceso. Posteriormente los animales se trasladaron a baldes plásticos de 10 l en donde se adicionó eugenol como tranquilizante a razón de 0,5 ml/litro para evitar que los animales se estresen, una vez obtenidos los datos, los ejemplares fueron reubicados en otro recipiente el cual contenía sal marina aplicada como tratamiento profiláctico para reintegrar los animales a cada acuario.

Figura 12. Medición de peso y talla de alevinos de *P. brachypomus*



5.6.7 Medición de parámetros físicos y químicos. Fueron medidos con una sonda YSI registrando parámetros como temperatura (°C), pH (unidades) y oxígeno disuelto (mg/l), además mediante el HACH dr850, se determinó nitritos (mg/l), nitratos (mg/l), amonio (mg/l) y DQO (mg/l), también se evaluó DBO₅ a través de Estandar métodos edición No. 21 5210-B. (Figura 13) (Tabla 5)

Tabla 5. Medición de parámetros físico-químicos

Parámetro	Hora	Diario	Semanal	Quincenal
T °c	7am – 12m – 5pm	X		
pH	7am – 12m – 5pm	X		
OD	7am – 12m – 5pm	X		
Nitritos	7 am		X	
Nitratos	7 am		X	
Amonio	7 am		X	
DBO₅	7 am		X	
DQO	7 am			X

Figura 13. Toma de parámetros físicos y químicos del agua



5.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar según el siguiente modelo matemático:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

y_{ij} = respuesta de la j – esima unidad experimental que recibe el i – esimo Tratamiento.

μ = media global

τ_i = efecto del i – ésimo tratamiento.

i = 0, 1 y 2.

j = 1, 2 y 3.

ε_{ij} = error experimental asociado a la j – ésima unidad experimental sometida al

i- ésimo tratamiento.

El diseño experimental estuvo conformado por tres tratamientos y tres repeticiones por cada tratamiento. La unidad experimental estuvo conformada por un acuario, para un total de nueve unidades experimentales, Se evaluaron diferentes variables productivas tales como sobrevivencia, incremento de talla, incremento de peso, tasa de crecimiento simple y conversión alimenticia aparente, para aquellas variables que cumplieron los supuestos estadísticos se les realizó un análisis de varianza con un 95% de significancia; en caso de encontrarse diferencia entre los tratamientos se realizó una prueba de Fisher LSD al 95% de confiabilidad para establecer el mejor tratamiento con respecto a las variables evaluadas.

5.7.1 Tratamientos. Se evaluaron tres tratamientos, con diferentes relaciones C:N, cada uno con tres replicas para un total de 9 unidades experimentales, de la siguiente manera :

T_0 : Relación carbono nitrògeno 0 : 1

T_1 : Relación carbono nitrògeno 10 : 1

T_2 : Relación carbono nitrògeno 20 : 1

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

Hipótesis nula: Los resultados obtenidos para cada valor medio de las diferentes variables son iguales en todos los tratamientos, de tal manera que:

$$H_0 : \mu_0 = \mu_1 = \mu_2$$

Hipótesis alterna. Existe por lo menos un tratamiento que presenta un resultado medio diferente en las variables estudiadas, de tal manera que:

$$H_1 : \mu_j = \mu_{j'}, \text{ siendo } j \neq j'$$

5.7.3 Regresión lineal múltiple. Según Solarte, Garcia e Imuez⁷⁵ sostienen que este método establece la relación funcional de dependencia entre una variable y con dos o más variables independientes X . El modelo lineal para estos datos se puede expresar con la siguiente ecuación

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon_j$$

⁷⁵ SOLARTE, C; GARCIA, H y IMUEZ, M. biostedaistica aplicaciones en producción y salud animal. San Juan de Pasto: editorial universitaria, 2009. p. 242. ISBN 958-9479-39-1.

Se utilizó la Prueba, de regresión lineal múltiple entre T°, O₂, pH, NO₂, NO₃, NH₃ y DBO; el peso, con el fin de determinar la relación entre los parámetros físico químicos de agua de cultivo y la ganancia de peso.

Las hipótesis a evaluar son:

Hipótesis nula: Los parámetros físico químicos del agua no influyen en la ganancia de peso y talla de los animales, de tal manera que:

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7$$

Hipótesis alterna. Existe por lo menos un parámetro físico químico del agua que influye en la ganancia de peso y talla de los animales, de tal manera que:

$$H_1: \beta_0 \neq \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7$$

5.7.4 variables a evaluar.

Las variables evaluadas fueron:

- **Sobrevivencia.** Según Enríquez y Ordoñez⁷⁶ la sobrevivencia se determina a través de la formula.

$$S = \left(1 - \left(\frac{N^{\circ} TAM}{N^{\circ} TAI} \right) \right) \times 100$$

Dónde:

S = sobrevivencia de los alevinos

N°TAM = número de animales muertos

N°TAI = número total de animales iniciales

Se utilizó la Prueba para homogeneidad de binomiales simples de Snedecor-Irwin⁷⁷, con el fin de determinar si el porcentaje de sobrevivencia se encuentra influenciado por los tratamientos.

Las hipótesis a evaluar en cuanto a la variable sobrevivencia son:

⁷⁶ ENRIQUEZ, Julio y ORDOÑEZ, Gabriela. Evaluación del efecto de la hormona 17 alfa-metiltestosterona, en la inducción al sexo de embriones de tilapia roja (*Oreochromis sp*). Trabajo de grado Ingeniero en Producción Acuícola. San Juan de Pasto.: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, 2010. 60 p.

⁷⁷ SNEDECOR, George y COCHRAN, William. Analisis of frecuencies in one-way and two-way classifications. En: Statistical Methods. 1989. 196-213 p.

H_0 : La probabilidad de sobrevivencia es independiente de los tratamientos.

H_1 : Existe al menos un tratamiento que influye en la sobrevivencia de los animales.

Se contrastó el valor de la chi-calculada con la chi-de la tabla. Si el valor de la chi-calculada es mayor a la chi-de la tabla, se rechaza la hipótesis nula, en caso contrario se acepta.

Siendo chi-cuadrada calculada con la siguiente ecuación:

$$\chi^2 = \frac{\sum n_i (p_i - \bar{p})^2}{\bar{p}\bar{q}}$$

Dónde:

χ^2 : El valor de la chi-cuadrada calculada.

n_i : Número de animales iniciales en el i-esimo tratamiento.

p_i : Proporción de sobrevivencia en el i-esimo tratamiento.

\bar{p} : Proporción de sobrevivencia en todos los tratamientos.

\bar{q} : Proporción de mortalidad en todos los tratamientos.

- **Incremento de talla semanal (IT):** Permite determinar el incremento de longitud que alcanzan los animales durante el periodo de estudio y se calcula mediante las diferencias de longitud semanales.

$$IT = T_f - T_i$$

Dónde:

IT : Incremento de talla.

T_f : Talla final.

T_i : Talla inicial.

- **Incremento de Peso semanal (IP):** Corresponde a la ganancia de peso que logran cada uno los individuos o la población total evaluada.

$$IP = P_f - P_i$$

Dónde:

IP : Incremento de peso.

Pf : Peso final.

Pi : Peso inicial.

- **Tasa de Crecimiento Simple (TCS):** Permite determinar la ganancia de peso diaria promedio expresada como porcentaje. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$TCS (\%) = \frac{\ln(wf) - \ln(w0)}{T} * 100$$

Dónde:

TCS(%): porcentaje de crecimiento

Wf : peso final

W0 : peso inicial

T : tiempo

- **Conversión Alimenticia Aparente (CA):** Relación entre la cantidad de alimento consumido y el incremento de peso.

$$CA = \frac{AC}{IP}$$

Dónde:

AC : alimento consumido

IP : Incremento de peso

- **Análisis de relación beneficio – costo.** Resulta de dividir los beneficios (flujos de efectivo) con los costos variables, a precios actuales

$$B/C = \frac{UB}{TE}$$

Dónde:

B / C : Relación beneficio – costo.

UB : Utilidad bruta

TE : Total egresos

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 PRODUCCIÓN DE BIOFLOC

La producción de biofloc tanto el tratamiento uno y dos comenzó a desarrollarse a partir del día 5 y 10 con producciones que oscilan entre 1 y 8 ml/l (Anexo 4), teniendo en cuenta que a partir de ese momento el crecimiento fue progresivo hasta el día 25 en el caso del T1 con 30 ml/l, mientras que para el T2 este crecimiento fue evidenciado hasta el día 35 con 35,9 ml/l, posterior a este periodo el T1 se mantuvo constante hasta el día 35 el cual fue evidenciado por los mayores incrementos de peso obtenidos por los peces debido a la mayor disponibilidad de biofloc permitiendo un mayor consumo de floc bacteriano por parte de los alevinos, sin embargo a partir de del día 36 tanto el T1 como el T2 evidencian una disminución del volumen del biofloc correspondiente a un 16 y 21ml/l respectivamente (Figura 14 y 15)

La disminución del biofloc se pudo ver influenciada por el mayor consumo por parte de las cachamas debido a la reducción en el porcentaje de alimento concentrado. Además es probable que haya ocurrido un colapso de los microorganismos que ocasionaron la disminución de la cantidad de biofloc, por lo cual se debe adicionar sustratos ricos en carbono, Carrillo⁷⁸, afirma que la curva general de crecimiento de un microorganismos está compuesta por las fases de latencia, exponencial, estacionaria y la de muerte, también sostiene que durante este ciclo se hace necesario la implementación de fuentes de carbono orgánico para que estos puedan sintetizar todos sus constituyentes celulares a partir de un único compuesto orgánico que sirve tanto de fuente de carbono y de energía.

A partir del día 35 en el T0 se evidencia un aumento en los sólidos suspendidos registrando un volumen de 1ml/l, esto debido a que no se realizaron recambios y sifoneos, resaltando que estos no corresponden al biofloc, aunque si a materia orgánica, alimento no consumido y heces.

⁷⁸ CARRILLO, Leonor. Microbiología agrícola. Argetina: editorial universidad de Salta, 2003. P. 22. ISBN 987-9381-16-5

Figura 14. Volumen de biofloc (ml/l) en diferentes tratamientos en función del tiempo

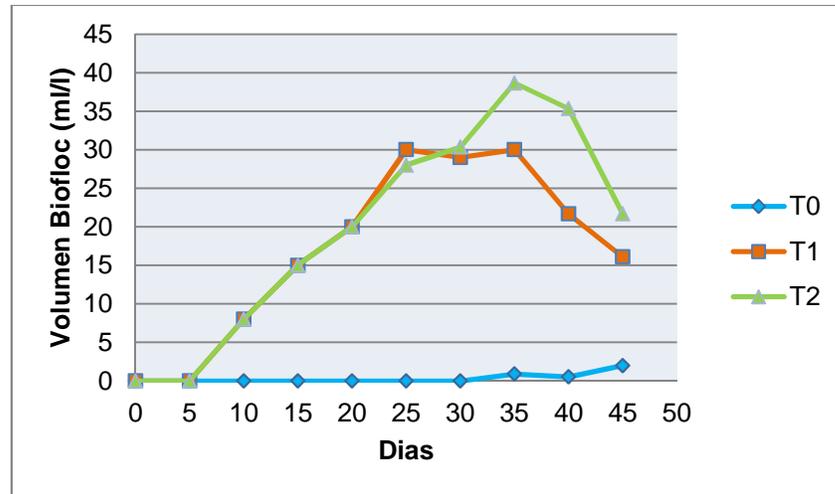


Figura 15. Volumen del biofloc para cada tratamiento.



Según Medeiros⁷⁹ quien evaluó diferentes fuentes de carbono en el desarrollo de floc microbianos para la alimentación de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)

⁷⁹ MEDEIROS, Sabrina. O uso da Dextrose como fonte de carbono no desenvolvimento de bio-flocos e desempenho do camarao-branco (*litopenaeus vannamei*) cultivados em sistema sem renovacao de agua. Tesis de grado: Universidade Federal do Rio Grande, mestre em aquicultura. Rio Grande, Brasil. 2009. p. 25.

registra que a partir del día 6 el volumen del biofloc empieza a desarrollarse con un volumen de 12ml/l, obteniéndose el mayor crecimiento en el día 30 con 40ml/l aproximadamente. También Avnimelech⁸⁰ reporta que el mayor incremento del volumen del biofloc se presenta al día 13 con 30ml/l, los anteriores resultados son mayores con respecto a este estudio debido al mayor volumen de agua y a la cantidad de alimento suministrado.

Avnimelech⁸¹ sostiene que el tamaño de la población microbiana y la proliferación de la misma depende de la cantidad de materia orgánica que se encuentre presente en el medio debido a que esta es la principal fuente de alimento de los microorganismos. De tal forma que el nivel de materia orgánica tiende a alcanzar un estado de equilibrio con los procesos de degradación microbiana.

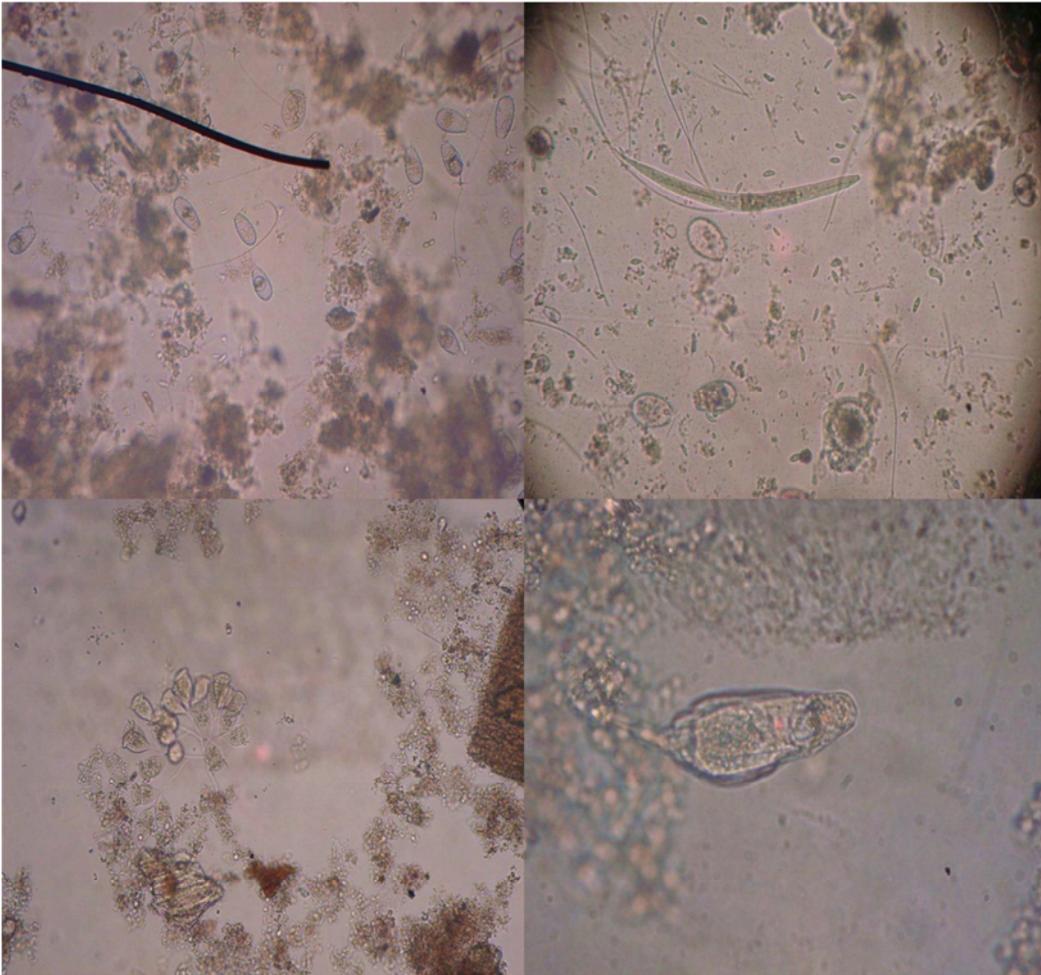
En este estudio se evidenció la presencia de microorganismos como rotíferos, ciliados, algas, nematodos y partículas orgánicas muertas (figura 16), permitiendo la formación de una biomasa microbiana que incrementa la cantidad de proteínas a través del uso de proteínas microbianas que son aprovechadas por los peces, además de ser una medida para controlar la calidad del agua de cultivo, esto es corroborado por Emerenciano⁸² quien menciona que el biofloc está compuesto fundamentalmente de bacterias heterótrofas, protozoos, nematodos, rotíferos, copépodos, fitoplancton, entre otros, los cuales desempeñan dos papeles fundamentales: primero el mantenimiento de la calidad de agua, por medio de un “secuestro” de los compuestos nitrogenados, generando “*in situ*” proteína microbiana, disponible a los organismos cultivados durante las 24 horas; y segundo como alimento complementario, disminuyendo la conversión alimenticia, los costos con alimentos y consecuentemente aumentando la rentabilidad en los cultivos. En relación a la calidad nutricional, los microorganismos presentes en el sistema aportan constantemente “proteína nativa” (es decir, sin ningún procesamiento previo), además de aminoácidos, ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas.

⁸⁰ AVNIMELECH, Yoram. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264 (2007) 140-147. p.5.

⁸¹ AVNIMELECH, Yoram. Op cit., p. 44

⁸² EMERENCIANO, Mauricio. Tecnología de biofloc (BFT): perspectivas para la Península de Yucatán. En: *Recursos Costeros del Sureste: tendencias actuales en investigación y estado de arte*. Mexico, 2011. p. 5 y 6

Figura 16. Microorganismos encontrados en el sistema de biofloc



La cachama al ser una especie de hábitos alimenticios omnívoros acepta el biofloc como una fuente alternativa de alimento, evidenciada en la filtración por parte de los peces y supliendo de esta manera una proteína disponible y apropiada para la nutrición de los peces, además de que las proteínas son consumidas dos veces por los peces, primero en el alimento que se suministra y luego nuevamente como proteína bacteriana presente en el biofloc.

Emerenciano⁸³, sostiene que los nutrientes son mejor aprovechados por especies omnívoras y que tienen la capacidad morfológica de capturar e ingerir biofloc. Ejemplos de eso son las especies camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus*

⁸³ Ibid., p. 6.

vannamei y la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*. Las cuales son producidas en escala comercial en sistemas de biofloc.

Avnimelech⁸⁴, menciona que el efecto del biofloc en el crecimiento y la salud de los peces esta dado por un efecto de probiótico por los polímeros que son almacenados en células microbianas que involucran el carbón microbiano y el almacenamiento de energía, así mismo menciona que estos polímeros pueden ser degradados en el sistema digestivo de los peces logrando con esto mejorar el crecimiento de los ejemplares

6.2 VARIABLES EVALUADAS

Para el análisis de las variables evaluadas se empleó el software Statgraphics Centurión XV y Microsoft Excel 2010. Según el análisis de varianza se detectó que las variables incremento de peso, incremento de talla, tasa de crecimiento simple y conversión alimenticia aparente presentaron diferencias significativas con un 95% de confiabilidad, lo cual permite aceptar la hipótesis alternativa.

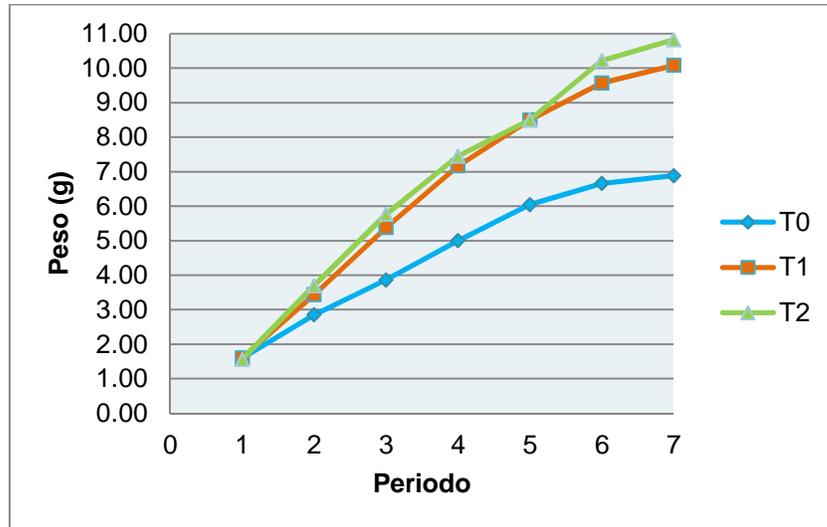
6.2.1 Incremento de peso. El peso promedio inicial para T0 fue de 1,59 g; T1 1,60 g y T2 1,56 g (Tabla 6), los cuales no presentaron diferencias estadísticamente significativas, con un nivel de 95,0% de confiabilidad (Anexo 6), por lo tanto, la distribución del material biológico no ocasionó fuente de variación, debido a que la distribución de los ejemplares se realizó al azar disminuyendo de esta manera el error experimental y asegurando uniformidad de los peces entre los tratamientos. Al final del estudio se obtuvieron pesos para T0 de 6,88 g, T1 10,08 y T2 10,82 g (Anexo 5) (Figura 17), los cuales mostraron diferencias estadísticas significativas con un nivel de confiabilidad de 95%.

Tabla 6. Peso inicial y final para cada tratamiento

	T0	T1	T2
Peso inicial promedio g	1,59±0,0 4	1,60±0,08	1,56±0,07
Peso final promedio g	6,88±0,9	10,08±1,1	10,82±0,9
% Coeficiente de variación peso inicial	1,26	2,72	2,30
% Coeficiente de variación peso final	7,77	5,56	4,39

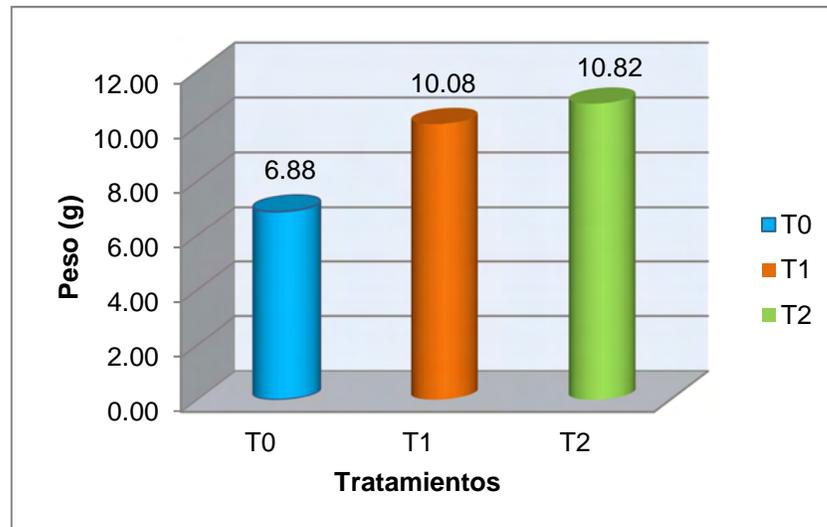
⁸⁴ AVNIMELECH, Yoram. Op cit., p 75

Figura 17. Incremento acumulado de peso periodo



La Figura 18, muestra el comportamiento de crecimiento en gramos donde las mejores ganancias peso se obtuvieron en los tratamientos uno y dos con 10,08 y 10,82 g respectivamente, mientras que la menor ganancia de peso se presentó en el tratamiento cero con 6,88 g.

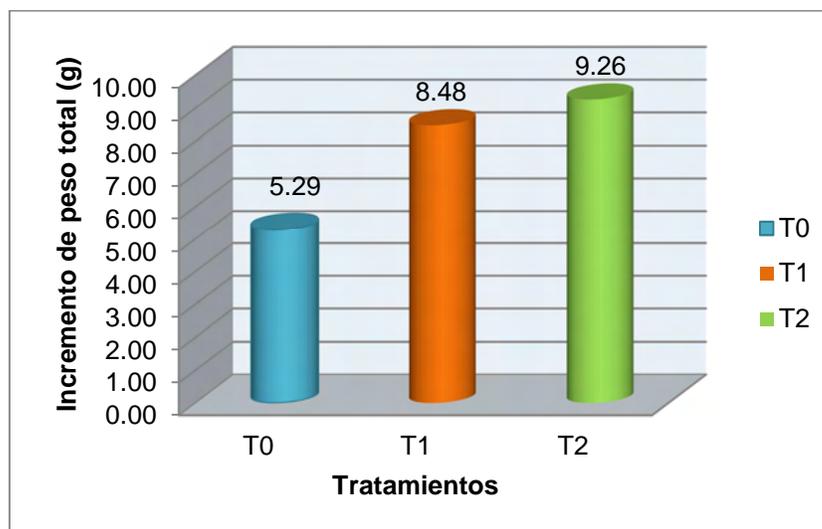
Figura 18. Peso promedio obtenido al final del estudio



En el tratamiento uno y dos se hace evidente que los alevinos de cachama blanca al ser sometidos a la alimentación con biofloc tienen mayores ganancias de pesos, debido a la presencia de microorganismos presentes como base de la alimentación, que incide directamente en la calidad nutricional del mismo, esto debido a la capacidad filtradora de la especie, lo cual es corroborado por Bicudo⁸⁵ quien afirma que a mayor calidad nutricional del alimento el crecimiento de los animales de género *Piaractus* tiende a ser mayor.

En el análisis de varianza ($p < 0,05$) se determinó que el incremento de peso promedio al final del estudio en las diferentes réplicas y tratamientos (Figura 19), demuestran que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo 7), además la prueba de Fisher LSD al 95% de confiabilidad (Anexo 8) estableció que los tratamientos T1 y T2 estadísticamente son iguales, en los que se empleó una relación carbono nitrógeno 10:1 y 20:1 respectivamente, presentando los mejores incrementos de 8,48 y 9,26 g respectivamente. Además en el T0 se pudo evidenciar que con la relación C:N 0:1 se obtuvo el menor incremento de peso con 5,29 g.

Figura 19. Incremento de peso promedio obtenido al final del estudio (g)



⁸⁵ BICUDO, Álvaro. Exigencias nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mosopotamicus*, 1887): proteína, energía e aminoácidos. Piracicaba, Brasil. Tesis de grado: Universidade de Sao Paulo, Doctorado en Agronomia. 2008. p. 61

Según lo anterior se destacan los datos obtenidos por Avnimelech⁸⁶ quien al realizar una evaluación en el crecimiento de los peces y los coeficientes de tilapia alimentados con pellets convencionales y pellets de baja de proteínas enriquecidos con biofloc a una relación carbono nitrógeno 16.6:1, en 2 estanques experimentales encontró que el mejor incremento de peso se presentó al utilizar alimento concentrado al 20% el cual fue enriquecido con biofloc, debido a que las proteínas son asimiladas dos veces, la primera cuando se suministra el alimento y la segunda como proteína microbiana presente en el biofloc.

Kuhn et al⁸⁷, quien determinó el uso de harina de floculos bacterianos como ingrediente sustituto de la harina de pescado y la proteína de soya en la alimentación de camarón obtuvo un mejor incremento de peso en el tratamiento en el que se adicionó harina de biofloc, el cual presenta un alto contenido de bacterias, fitoplancton y zooplancton, convirtiéndose estos en un suplemento nutricional.

Además Wasielesky⁸⁸, reporta que para camarón blanco del pacífico cultivado en medios combinados con biofloc y agua clara se obtienen mayores incrementos de peso que en aguas sin la implementación de sistemas de biofloc, debido a que la composición de partículas suspendidas como los flóculos microbianos aumentan los niveles de ceniza y proteína, siendo eficaces en sistemas intensivos por generar una excelente ganancia de peso.

Poleo⁸⁹, al evaluar el cultivo de Cachama blanca en un sistema de cero recambio con la utilización de biofloc y un sistema bioclarificador por un periodo de 192 días encontró que el tratamiento en el que se utilizó biofloc a una densidad de 1 animal/10,6 litros, presentó crecimientos de 2,34 g/día, sin embargo los resultados en este estudio son menores, esto se explica por la densidad empleada de 1 animal/3,3 litros, aunque se debe resaltar que en esta investigación se obtuvieron mayores biomásas, lo cual es corroborado por Lucero y Sanguino⁹⁰ quienes

⁸⁶ Avnimelech. Yoram. Op c it. p. 153

⁸⁷ KUHN, David et al. Op cit. p. 4

⁸⁸ WASIELESKY, Wilson et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 258 (2006) 396–403. p. 4

⁸⁹ POLEO, German et al. Op cit. p. 3

⁹⁰ LUCERO Ruth y SANGUINO Wilmer. Evaluación del potencial acuícola de pirarucu (*Arapaima gigas*, Cuvier 1987), a diferentes densidades de siembra en el centro experimental amazónico (CEA), Mocoa, Departamento del Putumayo. Tesis de grado: Universidad de Nariño, Ingeniería en Producción Acuícola. 2005. p. 69.

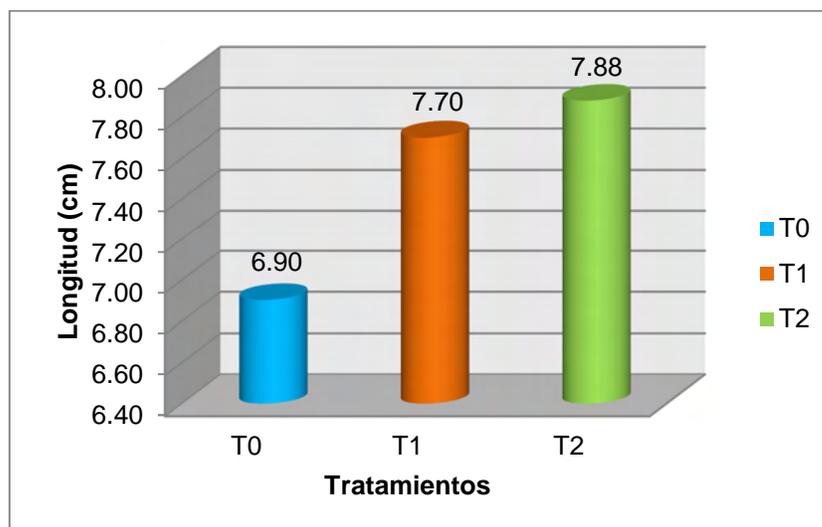
afirman que en especies icticas nativas a mayor densidad de siembra menor peso individual pero mayor biomasa total.

6.2.2 Incremento de longitud. Según el análisis de varianza al 95% (Anexo 10), la longitud inicial promedio de los tres tratamientos (Tabla 7) a la siembra no registró diferencias estadísticamente significativas debido a que la distribución de los ejemplares se realizó al azar disminuyendo el error experimental y asegurando la uniformidad de los peces entre los tratamientos. Al final del estudio se obtuvieron longitudes para T0 de 6,90 cm; T1 7,70 cm y T2 7,88 cm (Anexo 9) (Figura 20), las cuales mostraron diferencias estadísticas significativas con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 7. Longitud inicial y final para cada tratamiento.

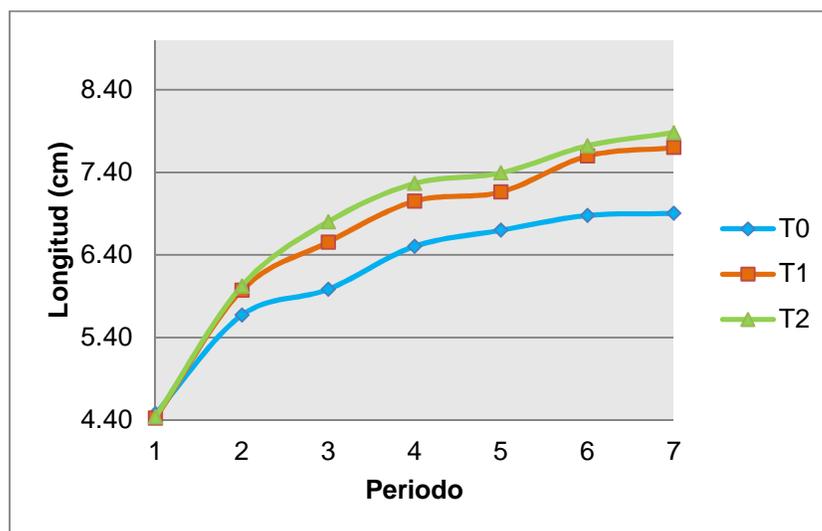
	T0	T1	T2
longitud inicial promedio cm	4,47±0,14	4,420±0,06	4,44±0,17
longitud final promedio cm	6,90±0,35	7,70±0,29	7,80±0,38
% Coeficiente de variación long. inicial	1,80	0,67	2,04
% Coeficiente de variación long. final	2,69	1,91	2,52

Figura 20. Longitud promedio obtenida al final del estudio



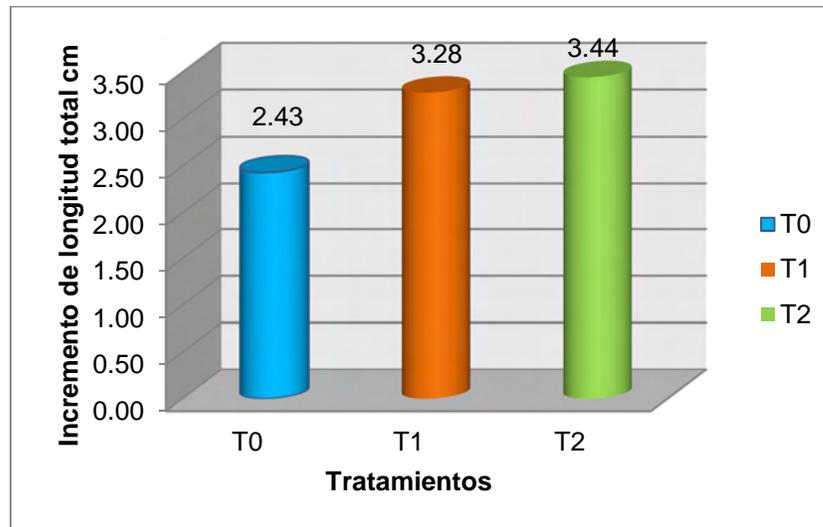
El comportamiento de crecimiento de longitud demuestra que las mejores ganancias de longitud se obtuvieron en los tratamientos uno y dos con 7,70 y 7,88 cm respectivamente, en comparación con el tratamiento cero donde se logró la menor ganancia con 6,90 cm (Figura 21), en donde la tendencia de la curva de crecimiento fue similar para todos los tratamientos aunque con mayores ganancias en el T1 Y T2.

Figura 21. Incremento acumulado de longitud periodo



Al efectuar el análisis de varianza ($p < 0,05$), se estableció que existen diferencias estadísticamente significativas en la variable incremento de longitud promedio al final del estudio (Figura 22)(Anexo 11), además la prueba de Fisher LSD al 95% de confiabilidad (Anexo 12), estableció que los tratamientos uno y dos con una relación carbono : Nitrógeno 10:1 y 20:1 respectivamente presentaron mejores incrementos de longitud con 3,28 y 3,44 cm teniendo en cuenta que entre T1 y T2 no mostraron diferencias significativas, Además en el T0 se pudo evidenciar que al manejar relaciones C:N 0:1 se obtuvo el menor incremento de talla con 2,43 cm.

Figura 22. Incremento de longitud promedio obtenido al final del estudio (cm)



Emerenciano *et al*⁹¹, quien evaluó la tecnología biofloc aplicada a cultivos de camarón rosado *Farfantepenaeus brasiliensis* determinó que el tratamiento en el que implementó biofloc con relación 20:1 obtuvo mayores incrementos de longitud con respecto a un tratamiento control sin la aplicación de biofloc. Asimismo Coelho⁹² registra incrementos de longitud superiores en camarones peneidos producidos en sistemas de floc microbiano con relación C:N 20:1 más el suministro de alimento balanceado, frente a aquellos en los que se utilizó únicamente concentrado comercial. Lo anteriormente mencionado es corroborado con este estudio donde se presentó los mayores incrementos en los tratamientos en los que se adiciono biofloc.

6.2.3 Tasa De Crecimiento Específica (TCS). Los resultados obtenidos para la Tasa de Crecimiento Simple diaria en los alevinos de cachama blanca se registran para el tratamiento cero de 3,25%, tratamiento uno 4,09% y para el tratamiento dos de 4,31% (Tabla 8), indicando que la TCS más baja se presentó en el T0, a la vez que el T1 y T2 presentar mayor porcentaje de crecimiento simple. La diferencia proporcional entre los tratamientos indica que los T1 y T2, en donde

⁹¹ EMERENCIANO, Mauricio et al. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 2011, 1[^]11. p. 6

⁹² COELHO, Mauricio. Flocos microbianos: aspectos zootécnicos do cultivo de camarao-rosa *Farfantepenaeus paulencis* e *Farfantepenaeus brasiliensis*. Tesis de grado: Universidade federal do Rio Grande, Mestre en aquicultura Brasil. 2007. p. 30

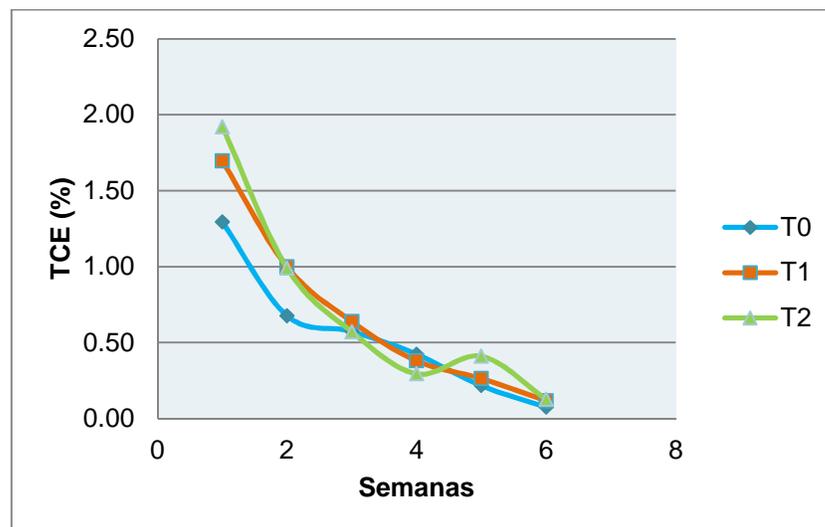
influye la incorporación de biofloc es de 25,8 y 32,6% respectivamente, los cuales son superiores con respecto al T0.

Tabla 8. Tasa de Crecimiento Simple durante el ensayo

Tratamiento	Tasa de Crecimiento Simple (%)
T0	3,25
T1	4,09
T2	4,31

La Figura 23 muestra el comportamiento de la Tasa de Crecimiento Simple promedio semanal donde las mayores tasas de crecimiento se presentan en la semana 1, 2 y 3. En general, el porcentaje de la tasa de crecimiento decrece a medida que el tiempo transcurre, esta conducta se explica según Hopher⁹³, por que los animales más pequeños utilizan el alimento consumido más eficientemente y a medida que las especies crecen disminuye la tasa de crecimiento, los procesos metabólicos y fisiológicos.

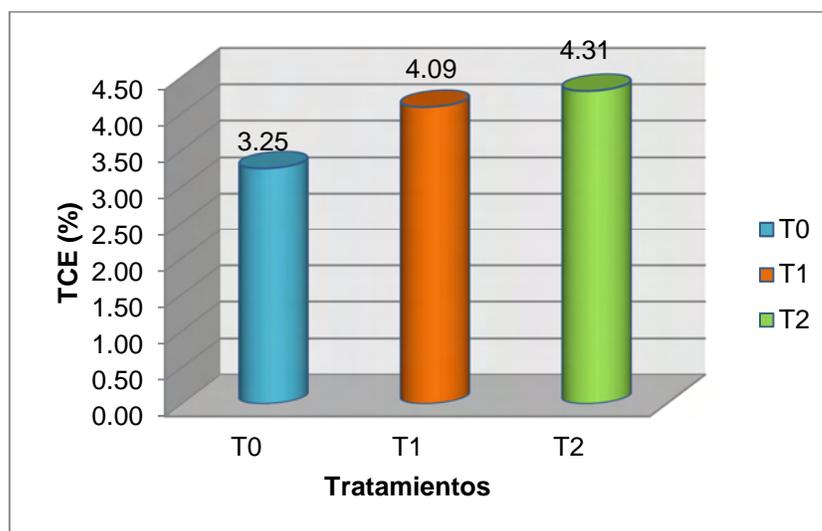
Figura 23. Comportamiento de la tasa de crecimiento específica durante el ensayo



⁹³ HEPHER, Balfour. Nutrición de peces comerciales en estanques. México: Limusa, 1993. p. 197

Según el análisis de varianza para esta variable ($p < 0,05$) se estableció que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo 13), además la prueba de Fisher LSD al 95% de confiabilidad (Anexo 14) demostró que los mejores tratamientos en Tasa de Crecimiento Simple son el T1 y T2 aunque entre estos no existen diferencias significativas, comparado con el T0 (testigo) donde se registra la menor tasa de crecimiento simple (Figura 24), por lo tanto la adición de biofloc influyen sobre esta variable.

Figura 24. Tasa de crecimiento promedio diaria



Vásquez et al⁹⁴; al evaluar dietas semipurificadas en la alimentación de cachama blanca en un periodo de 60 días, encontraron valores de tasa de crecimiento simple de 2,16%, además Andrade et al⁹⁵; registra valores para cachama negra de tasa de crecimiento simple de 2,60% alimentando con concentrado comercial con un 22% de proteína en un periodo de 210 días, al comparar estos resultados con las mayores tasas de crecimiento simple obtenida en esta investigación correspondiente al T1 con 4,09 y T2 con 4,31%, con esto se corrobora que al suministrar biofloc complementa las exigencias nutricionales de la cachama dado que en las unidades productivas tiene un efecto positivo en el incremento de peso de cachama blanca.

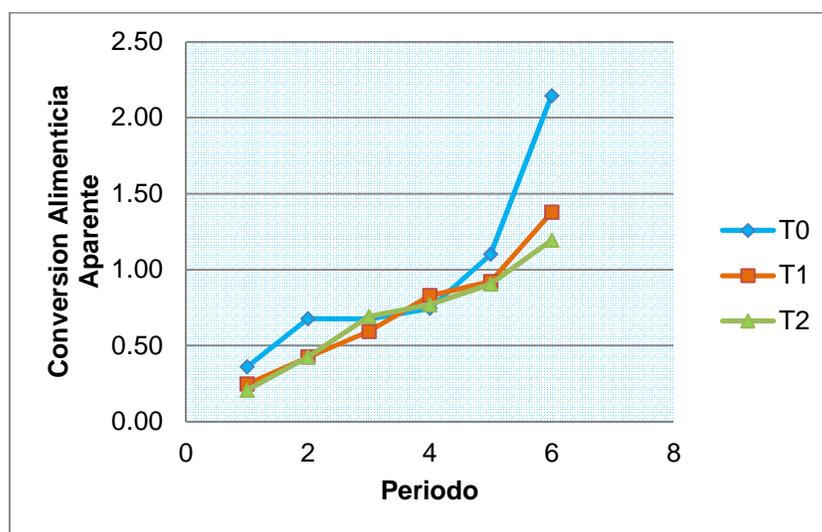
⁹⁴ VASQUEZ, Walter et al. Estudos para Composição de uma Dieta Referência Semipurificada para Avaliação de Exigências Nutricionais em Juvenis de Pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). R. Bras. Zootec., v.31, n.1, p.283-292, 2002 (suplemento). p.5

⁹⁵ ANDRADE, Glenys et al; Engrode experimental de cachama (*Colossoma macropomum*) en la Estacion Local el Lago, estado Zulia, Venezuela. Zootecnia Trop., 29(2): 213-218.2011. p.3.

Bartholomew⁹⁶, confirma que en sistemas de producción mixto suspendido de crecimiento (biofloc) con cero recambio de agua, la tasa de crecimiento simple es superior comparada con aquellos que se suministra únicamente concentrado comercial. También Asaduzzaman et al; quienes evaluaron la relación C:N y la adición de sustrato para mejor el desarrollo de perifiton en estanques de producción de camarón de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*), registran valores de tasa de crecimiento simple superiores para la relación C:N 20:1 e inferiores para las relaciones 10:1 y 15:1 respectivamente.

6.2.4 Conversión Alimenticia Aparente (CAA). Los resultados obtenidos para conversión alimenticia inicial se registran para el T0 de 0,36; T1 0,25 y T2 0,20. Al final del estudio los valores registrados de conversión alimenticia aparente fueron para T0 de 2,14; T1 1,38 y T2 1,14 lo anterior se puede observar en la Figura 25

Figura 25. Curva de la conversión alimenticia aparente periodo

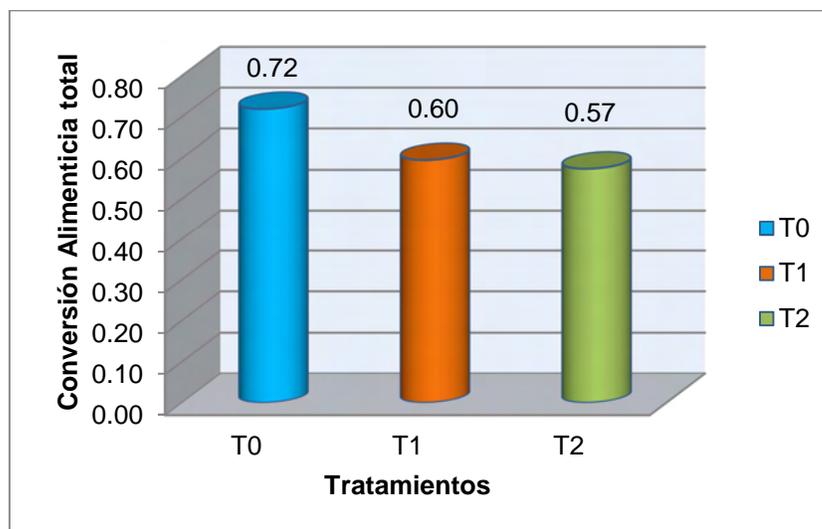


Los resultados obtenidos para la conversión alimenticia aparente promedio demostraron en el análisis de varianza ($p < 0,05$) que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo 15), asimismo la prueba de Fisher LSD al 95% de confiabilidad (Anexo 16) indica que los mejores tratamientos con respecto a esta variable son el T1 y T2 con un valor de 0,60 y 0,57 respectivamente seguido de el T0 donde se registra la peor conversión alimenticia aparente (Figura 26). Por lo tanto la implementación de biofloc influye

⁹⁶ BARTHOLOMEW W. Effect of Channel Catfish Stocking Rate on Yield and Water Quality in an Intensive, Mixed Suspended-Growth Production System. North American Journal of Aquaculture 72:97–106, 2010. p. 4

sobre la conversión alimenticia aparente, teniendo en cuenta que la alimentación con concentrado comercial suministrada fue de manera equitativa para todos los tratamientos.

Figura 26. Conversión Alimenticia Aparente promedio por tratamiento



Lochmann y Chen⁹⁷, registra valores de conversión alimenticia de cachama blanca mediante el uso de carbohidratos como alimento alternativo para el crecimiento de esta especie, obteniendo 1,90, además Bauza⁹⁸ al implementar dietas preparadas con harina de camarón en la alimentación de alevinos de cachama logra conversiones alimenticias de 1,7. Gutiérrez et al⁹⁹; quienes al determinar el efecto de la administración de un extracto de algas marinas (EAM), en la alimentación cachama blanca por un periodo de 42 días registra una conversión alimenticia de 0,7 siendo estas superiores a las indicadas en los

⁹⁷ LOCHMANN Rebecca y CHEN, Ruguang Effects of Carbohydrate-Rich Alternative Feedstuffs on Growth, Survival, Body Composition, Hematology, and Nonspecific Immune Response of Black Pacu, *Colossoma macropomum*, and Red Pacu, *Piaractus brachypomus*. Journal Of The World Aquaculture Society vol. 40, no. 1 february, 2009. p. 6

⁹⁸ BAUZA, Richard. composición bromatológica de dos dietas preparadas con harina del camarón *Macrobrachium sp* y su influencia sobre el crecimiento y sobrevivencia de alevinos de cachama (*colossoma macropomus*). Tesis de grado: universidad de Oriente, Licenciado en Biología. Cumana. 2008. p. 29

⁹⁹ GUTIÉRREZ, Gloria. Efectos de extracto de algas marinas sobre parámetros productivos de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*): ensayos en laboratorio y a escala comercial. Orinoquia 13(1):37-45, 2009. P. 6

tratamientos uno y dos. Comparando estos resultados con la mejor conversión alimenticia aparente la cual corresponde al T2 con una CAA de 0,57 confirma que la implementación de biofloc en la alimentación de cachama blanca influye en la mejora de la conversión alimenticia.

Deza¹⁰⁰, quien al alimentar con concentrado comercial con 33% de proteína bruta y manejando una densidad de 5000 peces/ ha por un periodo de 245 días obtuvo una conversión alimenticia de 1,09. Además resultados registrados por Delgado¹⁰¹, quien alimento ejemplares de Cachama blanca con concentrado a base de alevinos de mojarra obtiene tasas de conversión alimenticia de 1,08 siendo estos mayores a los obtenidos en los tres tratamientos de esta investigación, aunque para T0 los resultados obtenidos son superiores a los del T1 y T2.

Lo anteriormente expuesto se explica debido a que los alevinos de cachama blanca aprovechan el alimento suministrado más el floc bacteriano que se encuentra en el medio aportando un mayor nivel nutricional lo que convierte al biofloc en un excelente alimento suplementario para la especie. Esto es ratificado por Hephher¹⁰² quien afirma que la conversión alimenticia real y aparente del alimento complementario son afectados por la cantidad de alimento natural disponible.

6.2.5 Sobrevivencia. La sobrevivencia obtenida durante toda la fase experimental fue del 100% para los tres tratamientos, lo cual indica que esta especie presenta alta adaptabilidad y resistencia a enfermedades, acepta manejo en confinamiento y soporta altas densidades, además la calidad del agua presentó las condiciones óptimas exigidas por la especie.

Ramírez citado por Vinatea¹⁰³, quien evaluó cultivo intensivo de cachama en sistemas de biofloc manejando una densidad de 40 animales/m³, en un periodo de 5 meses obtuvo una sobrevivencia del 100%.

¹⁰⁰ DEZA, Sonia. Et al; efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *piaractus brachypomus* (cuvier, 1818) "paco" en estanques seminaturales de Pucallpa. FOLIA AMAZÓNICA VOL. 13 (1-2) – 2002. p. 6

¹⁰¹ DELGADO, Carlos et al; Efecto de la sustitución de concentrado comercial por concentrado a base de harina de alevinos de mojarra *Oreochromis* sp. en la producción de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. Momentos de Ciencia 2:(2), 2005. p. 4

¹⁰² HEPHER, Balfour. Op cit p. 320

¹⁰³ VINATEA, Luis. Cultivos intensivos, oxigenación y bioflocs. En: memorias taller acuícola 2011 (SLA) Machala, Ecuador. 2011.

También Poleo¹⁰⁴, registra sobrevivencias del 92% al implementar una producción de cachama blanca cultivada por 192 días a una densidad de 12.96 kg/m³ en un sistema con biofloc de cero recambio, frente a un sistema de recirculación donde obtuvo una sobrevivencia de 87% con una densidad de 12.13kg/m³, en donde afirman que al cultivar animales en sistemas biofloc se obtienen mayores sobrevivencias.

6.2.6 Análisis parcial de costos. Para el análisis, se consideró el costo de los alevinos de cachama blanca, el alimento artificial, la melaza, las bacterias y otros. Además el costo de la energía se determinó teniendo en cuenta la capacidad de blower y las unidades del laboratorio y el costo de energía por kWh (Tabla 9).

Tabla 9. Costos parciales de producción por tratamiento

RUBROS	T0		T1		T2		
	Vr. Unit \$	Cant	Vr. Total \$	Cant	Vr. Total \$	Cant	Vr. Total \$
Alevinos Unidad	100	45	4500	45	4500	45	4500
Balanceado 45% (g)	2,8	56,89	159,3	75,64	211,8	79,63	222,9
Bacterias ml	100	15	1500	25	2500	25	2500
Melaza (g)	1,05	0	0	69,71	73,1	145,72	153,0
Sal marina (g)	2,4	50	120	50	120	50	120
Costo energía	7,98	3	23,94	3	23,94	3	23,94
Mebendazol mg	0,875	100	87,5	100	87,5	100	87,5
Análisis del agua	1500	3	4500	3	4500	3	4500
Total			10890,7		12016,4		12107,41

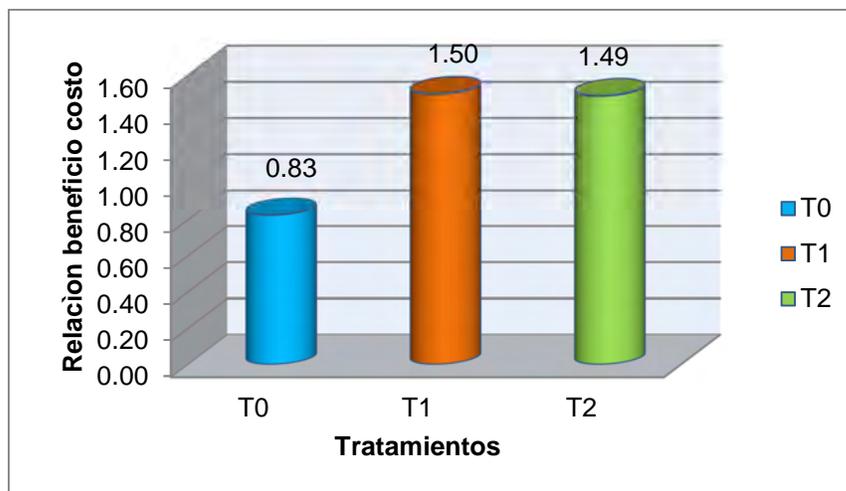
¹⁰⁴ POLEO, German et al. Op cit. p. 3

Tabla 10. Cálculo de la relación beneficio costo.

Trato	COSTO TOTAL	No. Peces	PRECIO DE VENTA	INGRESO	BENEFICIO/COSTO
0	10890,7	45	200	9000	0,83
1	12016,4	45	400	18000	1,50
2	12107,41	45	400	18000	1,49

Las mejores relaciones beneficio costo se registran en los tratamientos T1 y T2 con valores de 1,50 y 1,49 respectivamente lo cual indica que estos dos tratamientos son viables económicamente. Para el tratamiento T0 se aprecia una relación beneficio costo de 0,83, la cual es inferior a 1, por lo tanto este tratamiento económicamente es inviable. (Figura 27). Esto se explica porque en T1 y T2 se presentó el mayor peso al final del estudio, por lo tanto el ingreso por unidad producida sera mayor. (Tabla 10).

Figura 27 . Relación beneficio costo por tratamiento



El biofloc como fuente de alimento en alevinos de cachama blanca incrementa los costos de producción, sin embargo los ingresos logrados en T1 y T2 son superiores a los alcanzados en el T0, debido a que en T1 y T2 se presentaron las mejores ganancias de peso, siendo esto reflejado en la relación beneficio costo de estos tratamientos, es así que la implementación de biofloc en el cultivo de alevinos de cachama blanca es una opción rentable que permite que este sistema

sea una alternativa para la acuicultura, además el costo de la alimentación en sistemas de cultivo normales llega a ser del 70%, cabe destacar que en el presente estudio la cantidad de alimento que se suministró a los ejemplares fue reducida en un 50% debido a la implementación del biofloc en algunos de los tratamientos.

6.2.7 Parámetros físicos y químicos del agua. Los valores promedio de los parámetros de calidad del agua se muestran en la tabla 11. Estos valores se tomaron para el caso de OD, T° y pH diariamente; DB O₅, nitritos, nitratos y amonio semanalmente y DQO quincenalmente.

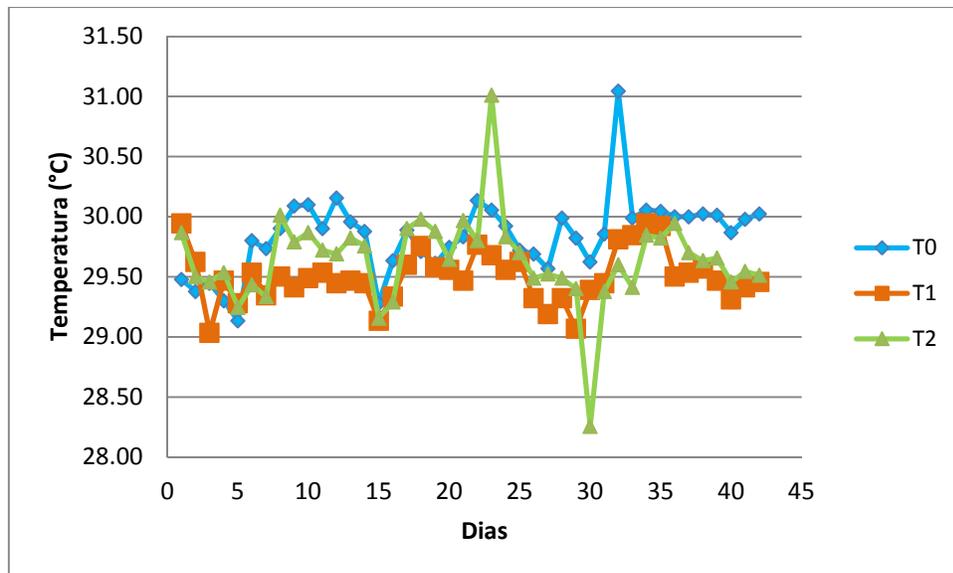
Tabla 11. Parámetros físico químicos promedio entre tratamientos durante el periodo de estudio.

PARÁMETROS	T0	T1	T2
Temperatura (°C)	29,84	29,50	29,64
pH	5,78	6,07	6,74
Oxígeno disuelto (mg/l)	4,26	4,23	4,10
Nitritos (mg/l)	1,12	2,32	1,58
Nitratos (mg/l)	9,74	16,94	20,90
Amonio (mg/l)	6,09	1,52	1,98
DQO (mg/l)	16,92	26,51	30,05
DBO ₅ (mg/l)	36,42	120,42	121,25

6.2.7.1 Temperatura. Se registró una temperatura promedio final de 29,84°C para T0, 29,50°C para T1 y 29,64°C para T2, durante el periodo de estudio se presentaron temperaturas mínimas y máximas de 28,26°C y 31,04°C respectivamente (Anexo 17) (Figura 28), valores que según Casas¹⁰⁵ son óptimos para la producción de cachama blanca reportando rangos de 25-30°C, además el análisis de varianza ($p > 0,05$) estableció que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo 18).

¹⁰⁵ Casas, David. Op cit. p. 15

Figura 28. Temperatura promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento.



6.2.7.2 Oxígeno disuelto. El análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95% (Anexo 20), Para el oxígeno disuelto se obtuvieron valores para T0 de 4,26mg/l, T1 de 4,23 y T2 de 4,10(Anexo 19) (Figura 29), los cual se encuentra dentro de los rangos reportados por Casas¹⁰⁶, quien afirma que este parámetro debe encontrarse mayor de 4mg/l. los rangos registrados oscilan entre 3,40 mg/l y 5,25, teniendo en cuenta que los valores mínimos se registraron a partir del día 20 esto debido a la que se incrementa la carga (kg/m³) y los microorganismos lo que implica mayor exigencia en el consumo de oxígeno.

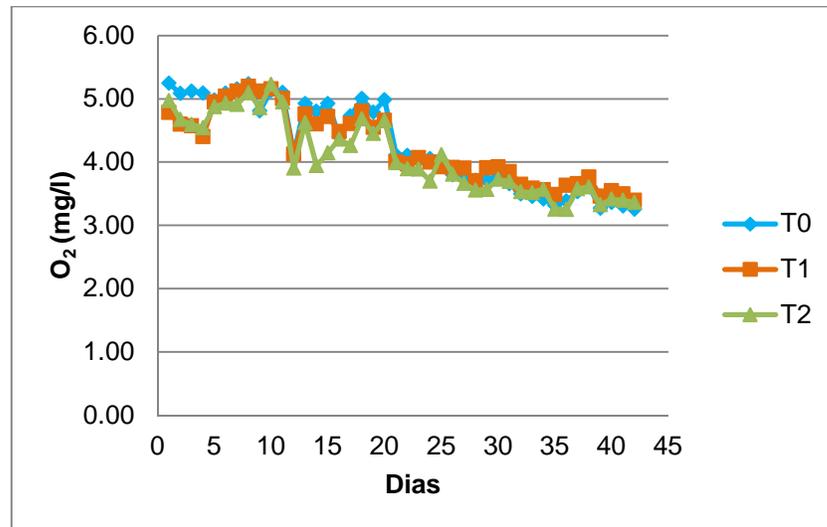
Según Poleo *et al*¹⁰⁷, el factor limitante más importante, cuando se quiere aumentar la densidad de un cultivo, es la concentración de oxígeno disuelto disponible para los peces. Es por esto que en los sistemas con Biofloc, la aireación es esencial para mantener los niveles de oxígeno disuelto, requeridos por los peces y por las bacterias, las cuales se encargan de la eliminación de los complejos nitrogenados de la descomposición aeróbica de la materia orgánica y de la nitrificación. La aireación también ayuda a mantener los sólidos en

¹⁰⁶ Ibid; p. 15

¹⁰⁷ POLEO, German, *et al.* Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Op cit. p. 4

suspensión que disminuyen las posibilidades de formación de zonas de descomposición anaeróbicas.

Figura 29. Oxígeno disuelto promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento.

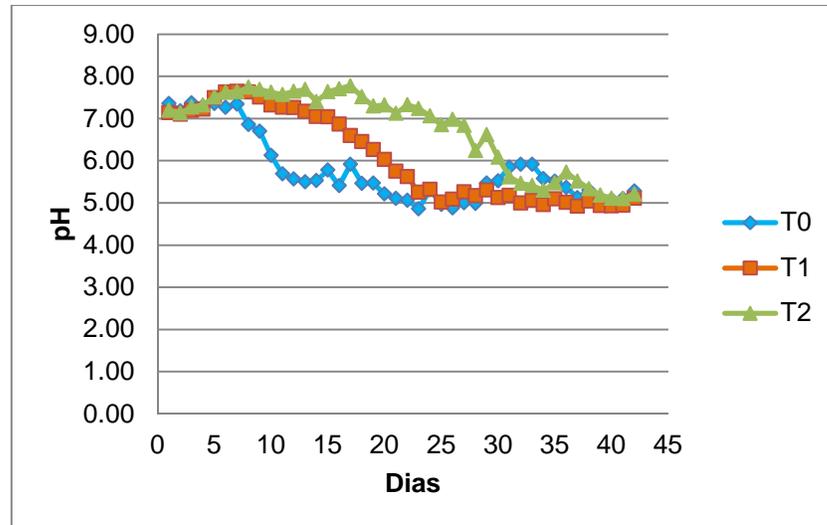


6.2.7.3 Potencial de hidrogeniones pH. El pH se mantuvo estable hasta el día 7 para los tres tratamientos, presentando tendencia a la neutralidad, posterior a este periodo el T0 registró una disminución drástica hasta llegar a valores mínimos de 5, mientras que para el T1 y T2 la disminución en el pH se presenta gradualmente, teniendo en cuenta que para el tratamiento dos la disminución fue más lenta a través del tiempo, para los últimos días de estudio el pH tiende a ser estable para todos los tratamientos, (Anexo 21) (Figura 30). Según Casas¹⁰⁸, los rangos óptimos de pH son de 6,4 – 9, que en comparación con los conseguidos en esta investigación en promedio son inferiores al final del estudio aunque no se reportó ninguna mortalidad.

Para este parámetro según el análisis de varianza ($p > 0,05$) y la prueba de Fisher LSD al 95% de confiabilidad que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo 22).

¹⁰⁸ Casas, David. Op cit. p. 15

Figura 30. pH promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento.



El pH bajo registrado en el T1 y T2 puede ser justificado según Vinatea¹⁰⁹ por que los organismos heterótrofos (bacterias y animales acuáticos) interfieren sobre el pH del medio en general, bajándolo. Esta situación ocurre debido a los intensos procesos de descomposición y respiración, a través de los cuales hay liberación de CO₂, que por hidrólisis origina ácido carbónico e iones de hidrogeno. Además varios procesos metabólicos que ocurren en las aguas naturales pueden generar iones de hidrogeno, contribuyendo de esta forma con la disminución del pH del medio. Los procesos que destacan son los de oxidación biológica, de intercambio catiónico e hidrólisis de cationes.

Además Wright¹¹⁰ menciona que las bajas de pH en el agua de cultivo se debe a la alta acumulación de dióxido de carbono que es un gas muy soluble y se acumula rápidamente en el agua, si no es eliminado a través de la aireación, teniendo en cuenta lo anterior, esto se evidencio én el T0 debido a que este se encontraba tapado en un 85% con el fin de mantener la temperatura y de que los animales no saltaran de los acuarios, lo que imposibilitó que este gas salga libremente.

¹⁰⁹ VINATEA, Luis. Principios químicos de qualidade de agua em aquicultura. Editoria da UFSC. Florianopolis. 2004. p. 78.

¹¹⁰WRIGHT, Jonathan. pH control in recirculation aquaculture systems for Paua (*Haliotis iris*). Tesis de grado: University of Wellington, Master of Science in Marine Biology. p.47

6.2.7.4 Amonio - Nitritos – Nitratos. Para estos parámetros se demuestra que según el análisis de varianza ($p > 0,05$) y la prueba de Fisher LSD al 95% de confiabilidad existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo 24).

Las concentraciones de amonio total, se mantuvieron en promedio de 6,09 mg/l para T0, 1,52mg/l para T1 y 1,98 mg/l para T2 (Anexo 23), comparando estos resultados con los reportados por Casas¹¹¹, los valores de este estudio son muy superiores en la semana uno y dos, posterior a este periodo se evidencia una drástica disminución de este parámetro para T1 y T2 (Figura 31), esto se puede ver justificado por el incremento de microorganismos y sustrato bacteriano lo que es corroborado por Schneider¹¹² quien afirma que al tener equilibrado la relación carbono nitrógeno, los residuos orgánicos nitrogenados se convierten en biomasa bacteriana, con lo cual se logra degradar el amonio.

Para T0 el amonio se incrementa debido a la no presencia de bacterias nitrificantes y microorganismos que permitan degradar el amonio, donde las concentraciones altas de este parámetro pueden verse explicado por Arredondo quien sostiene que el NH_3 tiende a aumentar producto del metabolismo de los organismos en cultivo, por la descomposición de la materia orgánica, por la acción bacteriana, como producto de los excrementos y la alimentación.

Para nitritos se evidenció el mismo comportamiento con respecto al amonio para T1 de 2,31mg/l y T2 1,57mg/l (Anexo 23) (Figura 32) debido a la presencia de microorganismos y bacterias nitrificantes las cuales permitieron una reducción de este parámetro lo que es justificado por lo mencionado anteriormente por Schneider. A excepción del T0 donde el nitrito a la semana cuatro disminuye, mientras que el amonio aumenta probablemente por generarse un proceso de desnitrificación.

Los nitratos registran valores para T1 de 16,9mg/l y T2 20,9mg/l (Anexo 23) se desarrollan procesos de nitrificación completos por el aumento de nitratos al final del estudio, mientras que el amonio y los nitritos tienden a disminuir, lo cual es confirmado por Ling¹¹³, quien sostiene que el nitrógeno amoniacal puede convertirse después a nitrito y nitrato por bacterias nitrificantes en el proceso conocido como nitrificación. Para T0 la concentración de nitratos fue menor debido al aumento en el amonio, esto sucede al no presentarse un ciclo de nitrificación

¹¹¹ Casas, David. Op cit. p . 15

¹¹² SCHNEIDER, Oliver. Fish waste management by conversion into heterotrophic bacteria biomass. Water Research 40(2006) 2684 – 2694. p. 18

¹¹³ LING, Jian. Nitrification and the impact of organic matter in fixed-film biofilters: application to recirculating aquaculture systems.. Tesis de grado: Washington state University, Doctor of Philosophy . Washington. 2005 p.13

completo que hace que la calidad del agua sea menos favorable para la especie. (Figura 33).

Figura 31. Amonio promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento.

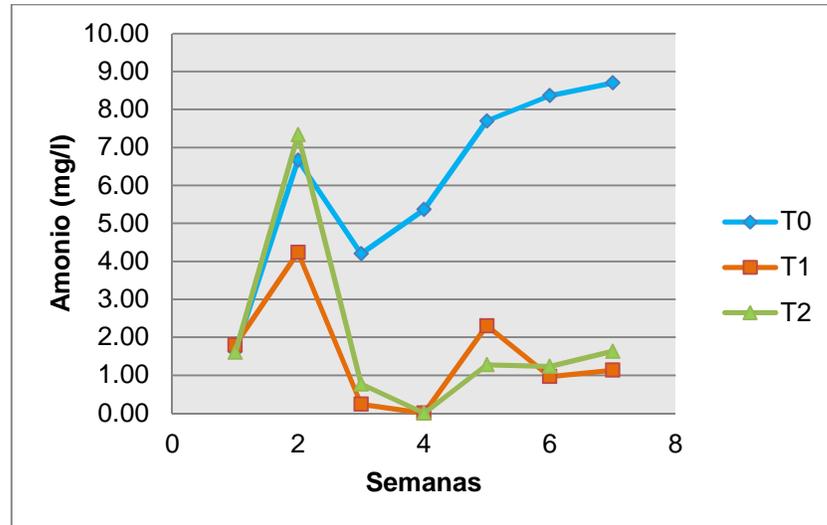


Figura 32. Nitrito promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento.

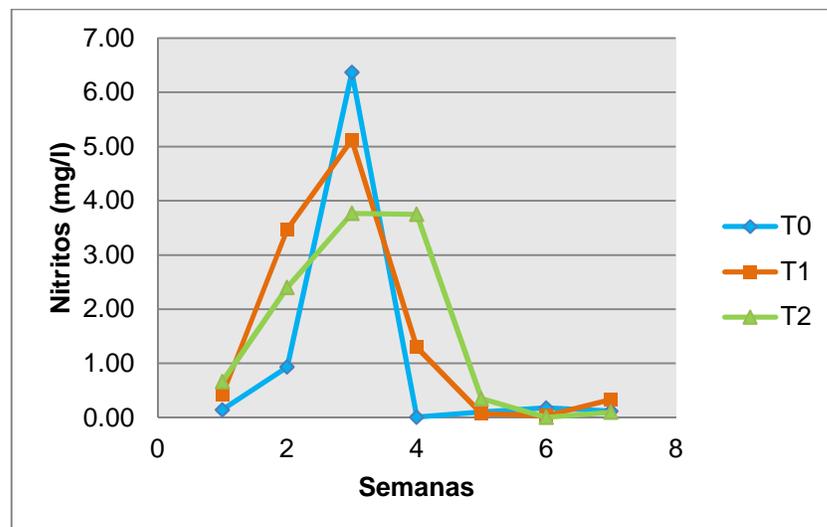
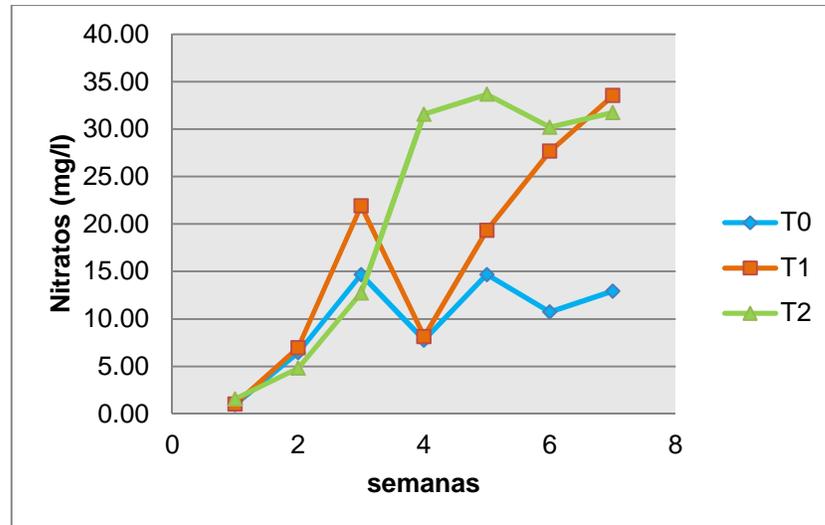


Figura 33. Nitrato promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento.



6.2.7.5 Demando química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO5). Para estos parámetros según el análisis de varianza ($p > 0,05$) y la prueba de Fisher LSD al 95% de confiabilidad se muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo 26).

La demando química de oxígeno y la demanda biológica de oxígeno registraron concentraciones más altas para T1 y T2 (Anexo 25)(Figura 34 y Figura 35) lo que indica que existe mayor cantidad de bacterias y microorganismo por lo que necesitan el consumo de oxígeno para la degradación de la materia orgánica, esto está acorde a lo mencionado por Recalde y Araya¹¹⁴, quienes afirman que un incremento en las poblaciones de microorganismos incrementan la descomposición del material orgánico e incrementan la DBO₅ y DQO por el consumo de oxígeno de los microorganismos y bacterias.

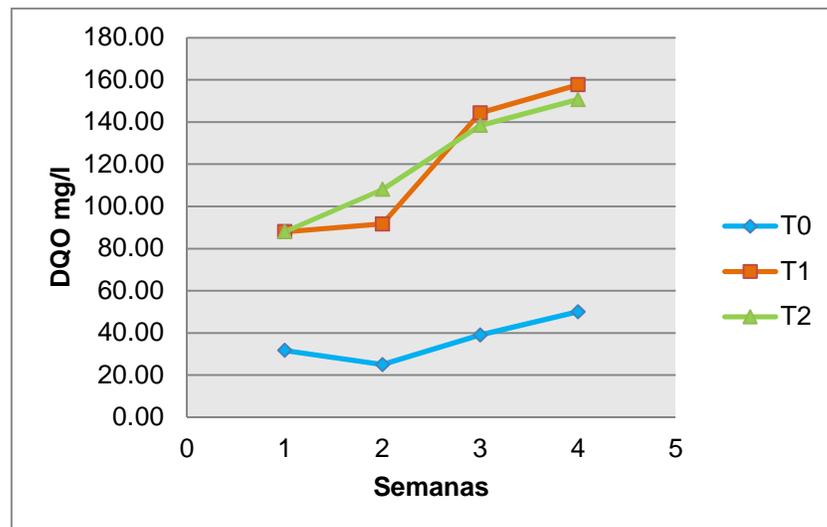
Para T0, la DQO y DBO₅ registro valores inferiores debido a la ausencia de bacterias y microorganismo que degraden la materia orgánica, lo cual es evidenciado en el aumento del amonio para este tratamiento, esto es confirmado

¹¹⁴ RECALDE, Patricia y ARAYA, Juan. Diseño de tecnologías para la descontaminación de aguas residuales en sistemas agropecuarios. Tesis de grado: Universidad Earth, Ingeniero Agrónomo. Guacímó, Costa Rica. 2006. p. 35 y 46

por Pérez et al¹¹⁵ quienes mencionan que al no existir altos contenidos de bacterias y microorganismos que degraden la materia orgánica la DBO₅ y DQO tienden a disminuir.

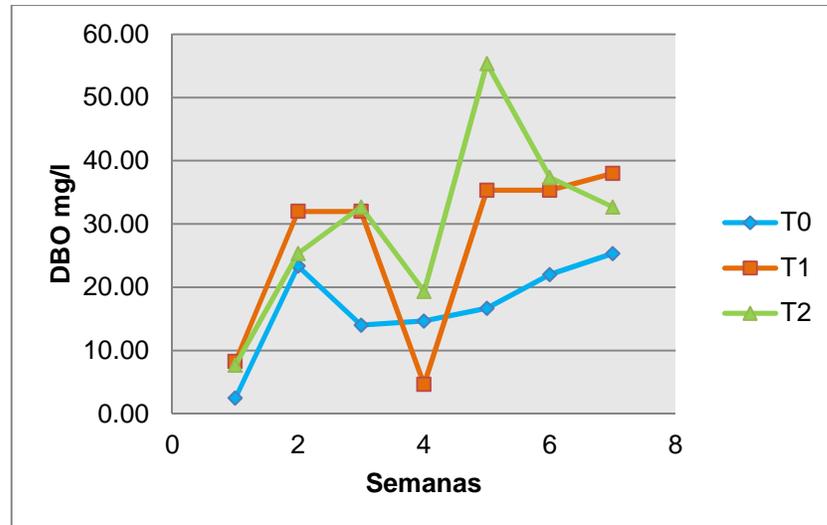
Para el T1 y T2 se evidencia un incremento en la DQO debido a la adición de melaza la cual contiene nutrientes, además del sustrato que hacen que se formen contenidos de materia orgánica e inorgánica, que permite una oxidación adecuada. Para T0, el leve aumento puede deberse a los nutrientes que pueden aportar las heces de los peces y el alimento no consumido.

Figura 34. DQO promedio durante del periodo de estudio para cada tratamiento.



¹¹⁵ PÉREZ Jeni et al; Modelo matemático para determinar la calidad del agua en dos puntos del arroyo Guachinango. Revista ciencias técnicas agropecuarias, vol. 18, num. 3, 2009. p.3

Figura 35. DBO5 promedio durante el periodo de estudio para cada tratamiento.



6.3 Comportamiento del incremento de peso en función de los parámetros físico químicos

Al efectuar el análisis de regresión múltiple indicó diferencias significativas en T°, OD, pH y Amonio ver (Anexo 27) los cuales influyen en el incremento de peso de los alevinos de cachama blanca.

Se encontró que todos los parámetros físico químicos del agua son significativos a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ a excepción de los nitritos, nitratos y DBO que no influyen en la ganancia de peso de los ejemplares.

A continuación se describe el modelo matemático generado en este análisis el cual muestra un R-Cuadrado de 97,1675% de la variabilidad en peso, que es más apropiada para comparar modelos con diferente número de variables independientes.

$$\text{PESO} = -0,0561335 \cdot \text{AMONIO} + 0,000784005 \cdot \text{DBO} + 0,00303451 \cdot \text{NITRATOS} - 0,00616943 \cdot \text{NITRITOS} + 0,517101 \cdot \text{OXIGENO} + 0,188204 \cdot \text{pH} - 0,066707 \cdot \text{TEMPERATURA}$$

Dónde:

- Amonio= -0,0561335 disminución del peso por cada aumento de 1mg/l en el amonio del agua de cultivo

- Oxígeno= 0,517101 incremento del peso por cada aumento de 1mg/l en el Oxígeno del agua de cultivo
- pH= 0,188204 incremento del peso por cada aumento de pH en el agua de cultivo
- Temperatura = - 0,066707 disminución del peso por cada aumento de 1°C en la Temperatura del agua de cultivo.

De acuerdo con las anteriores cifras se puede observar que a mayor presencia de amonio y temperatura en el agua será menor el incremento de peso, mientras que a mayor concentración de oxígeno y pH el crecimiento presenta efectos positivos.

Ismiño y Araujo¹¹⁶, mencionan que el amonio en su forma ionizada, y no ionizada, retardan el crecimiento y causan cambios histopatológicos en diferentes órganos de los peces. Así mismo Martínez¹¹⁷ menciona que el crecimiento de los teleosteos es inhibido por los altos niveles de amonio en el agua, así mismo menciona que el rodaballo expuesto a altas concentraciones de amonio afecta la ganancia de peso de esta especie; cabe destacar que algunos peces presentan adaptaciones fisiológicas cuando son expuestos a altas concentraciones de amonio en el medio, igual que cuando los peces son sometidos a algún tipo de estrés fisiológico.

Los bajos niveles de oxígeno disuelto representan la disminución o paralización de la tasa de crecimiento, por lo cual se requiere mayor cantidad de alimentos para producir igual cantidad de biomasa, de esta forma Boyd¹¹⁸ sostiene que la concentración del oxígeno disuelto puede bajar tanto que los peces pueden morir. Sin embargo los efectos usuales del oxígeno disuelto bajo se manifiestan en crecimientos lentos o en mayor susceptibilidad frente a enfermedades. En estanques con una baja en la concentración de oxígeno disuelto, los peces comerán menos y no habrá una conversión alimenticia comparable con la de un estanque con niveles normales, por lo cual los peces requieren una concentración adecuada de oxígeno para la sobrevivencia y el crecimiento.

¹¹⁶ ISMIÑO, Rosa y ARAUJO, Carlos. Efecto del amoniaco sobre el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropomun*). Folia amazónica VOL. 13 (1-2). 2002. P. 2

¹¹⁷ MARTINEZ, Roberto. Efecto de la dieta y otros factores sobre la excreción de amonio y el aprovechamiento del nitrógeno por la dorada *Sparsa aurata*, y su incidencia en los cultivos de esta especie. Tesis de doctorado: Universidad de Barcelona, doctor en ciencias del mar. Barcelona. España. 2002. P. 145 y 146

¹¹⁸ BOYD, Claude. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. 2009. (citado 9 de mayo, 2012) disponible en internet: URL:<http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>

Arredondo y Ponce¹¹⁹, afirman que el pH es un parámetro muy importante en acuicultura, que posee un profundo efecto sobre el metabolismo y los procesos fisiológicos de los peces, camarones y todos los organismos acuáticos. Se han reportado que los puntos letales de acidez y alcalinidad son de pH 4 y pH 11, respectivamente. Las aguas con valores que comprenden 6,5 a 9 son las más adecuadas para la producción de peces.

Martínez¹²⁰, sostiene que el efecto que tiene la temperatura sobre el metabolismos de los peces la cual al incrementar hace que el crecimiento de los ejemplares se acelere por que aumentan sus procesos metabólicos y utilización de la proteína disponible en el medio acuático y en el alimento suministrado , aunque Argumedo y Rojas¹²¹, afirman que exposiciones prolongadas a temperaturas superiores a 34°C causan bajos incrementos de peso y en casos más severos mortalidad por estrés térmico y por alteraciones significativas de otros parámetros, debido a que el rango de temperatura óptima para el cultivo de cachama esta entre 26 y 29°C.

¹¹⁹ ARREDONDO, José y PONCE, Jesús. Calidad del agua en acuicultura conceptos y aplicaciones. Editorial AGT. México. 2001. P. 69

¹²⁰ MARTINEZ. Efecto de la dieta y otros factores sobre la excreción de amonio y el aprovechamiento del nitrógeno por la dorada *Sparsa aurata*, y su incidencia en los cultivos de esta especie. Op cit. p. 122

¹²¹ ARGUMEDO Y ROJAS, Hector. Op cit. p. 27 -28

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Se encontró diferencias estadísticamente significativas entre las variables, incremento de peso, incremento de longitud, demostrando que los mejores tratamientos son el T1 y T2.

La variable tasa de crecimiento simple y conversión alimenticia demostró diferencias estadísticamente significativas señalando que T1 y T2 son los mejores, es decir aquellas que se adiciono biofloc a una relación C:N, 10:1 y 20:1 respectivamente.

Las relaciones C:N 10 y 20:1 proporcionan un mejor desempeño en el cultivo de cachama blanca, demostrando ser efectivas en el control de calidad el agua y reduciendo los compuestos nitrogenados indeseables en el cultivo.

La sobrevivencia obtenida para cachama blanca en todos los tratamientos durante todo el periodo de estudio fue del 100%, lo que indica que esta especie es resistente a la manipulación, soporta altas densidades, además soporta altas variaciones en los parámetros físico – químicos.

Las concentraciones de amonio y nitritos del agua aumentaron durante el experimento para T0, debido a la no implementación del sistema biofloc, mientras que para T1 y T2 las concentraciones de estos parámetros registran valores inferiores por la aplicación de biofloc.

El modelo permitió predecir una inhibición del crecimiento en los peces debido a las concentraciones de amonio (NH_4) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$), mientras que el aumento de oxígeno (mg/l) y pH conlleva a mayores crecimientos.

La relación beneficio costo es mayor en los tratamientos uno y dos en los que se implementó biofloc con una relación C:N 10:1 y 20:1 respectivamente por lo cual este es muy buena opción para la producción de cachama blanca.

La tecnología biofloc como una fuente de alimento adicional, demuestra resultados de alta eficiencia en la producción de cachama blanca convirtiéndose en una alternativa para aumentar la producción de organismos sin incrementar significativamente el uso de agua, lo que minimiza el impacto de la actividad acuícola sobre el ambiente.

La presencia de flocs microbianos contribuye en el crecimiento de la cachama blanca, este factor es atribuido a la variada gama de microorganismos presentes en el medio siendo esta una rica fuente de nutrientes para la especie.

7.2 RECOMENDACIONES

Evaluar otras fuentes de carbono y diferentes relaciones carbono: nitrógeno con el fin de determinar el efecto que puede producir en otras especies.

Evaluar cualitativa y cuantitativamente los microorganismos presentes en el biofloc.

Evaluar diferentes densidades de siembra para la producción de cachama blanca en sistemas de biofloc.

Implementar el sistema de biofloc en las diferentes fases de desarrollo de especies icticas nativas como la cachama blanca.

Evaluar la composición nutricional y bromatológica del biofloc que determine el aporte que puede hacer al crecimiento de la especie.

Estudiar los efectos del biofloc en el mejoramiento de la calidad del agua de cultivo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, Glenys et al. Engorde experimental de cachama (*Colossoma macropomum*) en la Estación Local el Lago, estado Zulia, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 29(2): 213-218.2011. 6 p.
- ARREDONDO, José y PONCE, Jesús. Calidad del agua en acuicultura conceptos y aplicaciones. Editorial AGT. México. 2001. 222 P.
- ARGUMEDO; Eric Y ROJAS; Héctor. Manual de piscicultura con especies nativas. Florencia, Caquetá; ACUICA, 2009. 151. P.
- AVNIMELECH, Y. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 1999. 176 (3–4), 9. P.
- . Bio-filters: the need for an new comprehensive approach. *Aquac. Eng.* 2006. 34 (3), 7. P.
- . BIOFLOC TECHNOLOGY – A PRACTICAL GUIDE BOOK. Louisiana (E.U) THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY. 2009. 182 p.
- . Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264 (2007) 140-147. 8 p.
- AZIM M.E y LITTLE D.C. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) *Aquaculture* 283 (2008) 29–35 2008. 7. p
- BARTHOLOMEW W. Effect of Channel Catfish Stocking Rate on Yield and Water Quality in an Intensive, Mixed Suspended-Growth Production System. *North American Journal of Aquaculture* 72:97–106, 2010. 10 p.
- BAUZA, Richard. Composición bromatológica de dos dietas preparadas con harina del camarón *Macrobrachium* sp y su influencia sobre el crecimiento y sobrevivencia de alevines de cachama (*colossoma macropomus*). Tesis de grado: universidad de Oriente, Licenciado en Biología. Cumana. 2008. 42 p.
- BICUDO, Álvaro. Exigencias nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mosopotamicus*, 1887): proteína, energía e aminoácidos. Piracicaba, Brasil. Tesis de grado: Universidade de Sao Paulo, Doctorado en Agronomia. 2008. 123 p.
- BOYD, C.E.,. Pond water aeration systems. *Aquac. Eng.* 18 (1), 1998. 9–40. 32. P.

------. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. 2009. (citado 9 de mayo, 2012) disponible en internet: URL: <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>

BURFORD, Michele; Et al. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219 (2003) 393 – 411. 19 p.

CASAS, D. Sistemas de recirculación de agua para la cría intensiva de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Cabudare, Venezuela. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Facultad de Agronomía. 2008. 97.p.

CARRILLO, Leonor. Microbiología agrícola. Argentina: editorial universidad de Salta, 2003. 130 P. ISBN 987-9381-16-5

CENIACUA. Evaluación del cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y tilapia roja (*Oreochromis sp*) en diferentes sistemas intensivos de granjas camaroneras como alternativa productiva del sector camaronicultor Colombiano: cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en un sistema súper intensivo de agua marina y biofloc. Informe de un grupo científico de CENIACUA. Cartagena: CENIACUA; 2009.

CORPORACION COLOMBIA INTERNACIONAL. Sistema de Información de Precios y Mercados. Para la producción acuícola y pesquera. [En línea] Bogotá, Colombia. Boletín semanal. Número 19. Vol. 7 [citado 20 sep., 2011] disponible en internet URL:http://www.cci.org.co/publicaciones/boletines_semanales

------. Pesca y acuicultura Colombia 2009. [En línea] Bogotá, Colombia. Informe Técnico Regional Cuencas del Orinoco y Amazonas. [Citado 20 sep., 2011] disponible en internet <http://201.234.78.28:8080/jspui/bitstream/123456789/3845/1/Informe%202009-Orinoco-Amazonas.pdf>

CRAIG, S., HELFRICH, L.A.,. Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding(Publication 420–256). Virginia Cooperative Extension, Yorktown (Virginia). 2002. 4 p.

CRAB, R., et al. Nitrogen removal in aquaculture towards sustainable production. *Aquaculture*, 2007. 270 (1–4), 14 p.

COELHO, Mauricio. Flocos microbianos: aspectos zootécnicos do cultivo de camarao-rosa *Farfantepenaeus paulencis* e *Farfantepenaeus brasiliensis*. Tesis de grado: Universidade federal do Rio Grande, Mestre en aquicultura Brasil. 2007. 49 p.

DEFROIT, tom; et al. short chain fatty acids protect gnotobiotic *Artemia franciscana* from pathogenic *Vibrio campbellii*. *Aquaculture* 261 (2006) 804 – 808. 4 p.

DÍAZ GUZMÁN, Francisco José; LÓPEZ BRICEÑO, Ricardo. El cultivo de la cachama blanca *Piaractus brachypomus* y de la cachama negra colossoma *macropomun*. En: *Fundamentos de acuicultura continental*. Bogotá: instituto nacional de pesca y acuicultura (INPA)- Ministerio de agricultura, 1993, 209. p.

DELGADO, M y LOPEZ, Y. Coeficiente de digestibilidad real de dietas de levante elaboradas con harina de vísceras de pescado en la alimentación de Mojarra Patiana (*Cichlasoma omatum*, Regan, 1905) mediante el método de óxido crómico y cámaras metabólicas. Trabajo de grado. Ingeniero en Producción Acuícola. Nariño, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos. 2005. 100 p.

DEZA, Sonia. Et al; efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *piaractus brachypomus* (cuvier, 1818) “paco” en estanques seminaturales de Pucallpa. *FOLIA AMAZÓNICA VOL. 13 (1-2) – 2002*. 16 p.

DELGADO, Carlos et al; Efecto de la sustitución de concentrado comercial por concentrado a base de harina de alevinos de mojarra *Oreochromis* sp. En la producción de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. *Momentos de Ciencia* 2:(2), 2005. 7 p.

EMERENCIANO, Mauricio. Tecnología de biofloc (BFT): perspectivas para la Península de Yucatán. En: *Recursos Costeros del Sureste: tendencias actuales en investigación y estado de arte*. Mexico, 2011. 290 p.

EMERENCIANO, Mauricio et al. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 2011, 1-11. 11 p.

ENRIQUEZ, Julio y ORDOÑEZ, Gabriela. Evaluación del efecto de la hormona 17 alfa-metiltestosterona, en la inducción al sexo de embriones de tilapia roja (*Oreochromis* sp). Trabajo de grado Ingeniero en Producción Acuícola. San Juan de Pasto.: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, 2010. 96 p.

ERAZO, Silvia; VALLES, Cristina. Determinación de condiciones de crecimiento para el manejo de cachama (*Piaractus brachypomus*), parroquia la Belleza, Provincia de Orellana. Trabajo de grado (Ingeniero en Recursos Naturales), Provincia de Orellana, Ecuador. Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias Y ambientales. 2007. 140 p.

EBELING, James; et al. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257 (2006) 346–358. 13 p.

FAO – INCODER. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia, 2011. [Citado 03 mayo., 2012] disponible en internet: http://www.ceniagua.org/archivos/Diagnostico_para_revision_Dic_5_2011_v1.pdf

FAJARDO E. y SARMIENTO S. Evaluación de melaza de caña como sustrato para la producción de *saccharomyces cerevisiae*. Trabajo de grado (Microbiólogo industrial). Bogotá, Colombia. Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas. Programa de Microbiología Industrial. 2007. 120 p.

GRILLO, Manuel; et al. zero-exchange shrimp production success in wssv infected Panama. *Global aquaculture advocate*. V3 (2000) (6): 55-56. P 6.

GONZALES; J. y HEREDIA; B. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*) EN: Centro de investigaciones Pecuarias del Estado Guarico. 134 p.

GOLDMAN, J.C.1987. Regulation of gross growth efficiency and ammonium regeneration in bacteria by substrate C:N ratio. *Limnology and Oceanography* [en línea] Vol 32 Num 6. Estados Unidos.1987. [citado 28 agosto., 2011] Disponible en internet. <URL: http://www.aslo.org/lo/toc/bol_32/issue_6/1239.pdf.

GUTIÉRREZ, Gloria. Efectos de extracto de algas marinas sobre parámetros productivos de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*): ensayos en laboratorio y a escala comercial. *Orinoquia* 13(1):37-45, 2009. 9 p.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. ICA. Estadísticas de la pesca y acuicultura en Colombia. [En línea] Bogota DC.: [citado 19 sep., 2011] disponible en internet. URL:http://www.ica.gov.co/getdoc/4356cc6f-a4fb-408d-a157ec7f071956e1/Produccion_Acuicultura.aspx

ISMIÑO, Rosa y ARAUJO, Carlos. Efecto del amoniaco sobre el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropomun*). *Folia amazónica* VOL. 13 (1-2) . 2002. 9 P.

HEPHER, Balfour. Nutrición de peces comerciales en estanques. México: Limusa, 1993. 320 p.

KUNH, David; et al. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture* 296 (2009) 51–57. 17 p.

LIGHTNER, D. exclusion of specific pathogens for disease prevention in a panaeid shrimp biosecurity program. *World aquaculture society*. 2003. 13 p.

LANDINES, Miguel y MOJICA, Hermes. manejo y reproducción de caracidos En: Reproducción de peces en el trópico. 2005. 246 p.

LADINO G y RODRIGUEZ J. Efecto de *Lactobacillus casei*, *accharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomona palustris* (microorganismos eficientes em) y melaza en la ganancia de peso de tilapias *Oreochromis sp*) en condiciones de laboratorio. [en línea], Orinoquia.Vol. 13, Núm. 1. Meta, Colombia. 2008 [citado 05 septiembre., 2011] Disponible en internet. <URL: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=89612776006>.

LOCHMANN Rebecca y CHEN, Ruguang Effects of Carbohydrate-Rich Alternative Feedstuffs on Growth, Survival, Body Composition, Hematology, and Nonspecific Immune Response of Black Pacu, *Colossoma macropomum*, and Red Pacu, *Piaractus brachypomus*. Journal Of The World Aquaculture Society vol. 40, no. 1 february, 2009. 12 p.

LING, Jian. Nitrification and the impact of organic matter in fixed-film biofilters: application to recirculating aquaculture systems.. Tesis de grado: Washington state University, Doctor of Philosoph . Washington. 2005. 147 p.

LUJAN, M. El uso de biofloc en acuicultura. [en línea]. Madrid, España. Portal de información en acuicultura [citado 01 agosto, 2011] Disponible en internet. URL: http://www.aquahoy.com/index.php?option=con_content&view=article&ide=12607%3Ael-uso-de-biofloc-en-acuicultura&catid=56&lang=es.

LUCERO Ruth y SANGUINO Wilmer. Evaluacion del potencial acuícola de pirarucu (*Arapaima gigas*, Cuvier 1987), a diferentes densidades de siembra en el centro experimental amazónico (CEA), Mocoa, Departamento del Putumayo. Tesis de grado: Universidad de Nariño, Ingeniería en Producción Acuícola. 2005. 125 p.

MARTINEZ, Roberto. Efecto de la dieta y otros factores sobre la excreción de amonio y el aprovechamiento del nitrógeno por la dorada *Sparsa aurata*, y su incidencia en los cultivos de esta especie. Tesis de doctorado: Universidad de Barcelona, doctor en ciencias del mar. Barcelona. España. 2002. 250 P.

MUÑOZ, Andrea et al. Análisis histomorfológico del sistema digestivo y glándulas anexas en alevinos de cachama blanca, *piaractus brachypomus* (*characidae: piaractus*). Revista facultad de ciencias básicas. 2005, 2 (1): 137-164. 28 p.

NAYLOR, R.L., et al.. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature 405 (6790). 2000. 17 p.

NARVAEZ, Freider; RECALDE, Ana. Evaluación de un promotor de crecimiento (oxitetraciclina) en la fase de levante de cachama blanca (*piaractus brachypomus*).

Trabajo de grado (Zootecnia). Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, Programa de Zootecnia. 2004. 57. p.

MEDEIROS, Sabrina. O uso da Dextrose como fonte de carbono no desenvolvimento de bio-flocos e desempenho do camarao-branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivados em sistema sem renovacao de agua. Tesis de grado: Universidade Federal do Rio Grande, mestre em aquicultura. Rio Grande, Brasil . 2009. 49 p.

MOSS, S; et al. Stimulating effects of pond water on digestive enzyme activity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). *Aquaculture Research*, 2001, 32, 125-131. 7 p.

ORTEGA, A y ROSERO, Luis. Evaluación comparativa de la porquinaza y el abono triple quince en el cultivo de larvas de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado (zootecnia). Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias. Programa de Zootecnia. 1998. 80. p.

PEREZ Jeni et al;. Modelo matemático para determinar la calidad del agua en dos puntos del arroyo Guachinango. *Revista ciencias técnicas agropecuarias*, vol. 18, num. 3, 2009. 6 p.

POLEO, G. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. [en línea], *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, vol.46, Num.4. Venezuela 2011. [Citado 28 agosto., 2011] Disponible en internet. < URL: <http://www.scielo.vr/pdf/pab/v46n4/13.pdf>.

PARADA, G. HEVIA, M. sistemas de recirculación para la acuicultura. Santiago, Chile. *Fundacion chile*. 2002, 748 p.

SCHRYVER, P. Et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture* 277 (2008) 125–137 2008. 8 p.

RAY, Andrew et al. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture* 310 (2010) 130–138. 9 p.

REYES, Manuel. Aplicación de tecnología Bioflocs en cultivo de tilapia. [En línea] *Revista industria acuícola*. Vol 6 Num 4. México. 2006. [citado 28 agosto., 2011] Disponible en internet. < URL: <http://issuu.com/industriaacuicola/docs/industria-acuicola-bol.-6.6>.

REBAZA, C; et al. Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *piaractus brachypomus*. “Paco” en segunda fase de alevinaje en estanques seminaturales. *Folia Amazonica* Vol 13 (1-2)-2002. 14 p.

RECALDE, Patricia y ARAYA, Juan. Diseño de tecnologías para la descontaminación de aguas residuales en sistemas agropecuarios. Tesis de grado: Universidad Earth, Ingeniero Agrónomo. Guacímico, Costa Rica. 2006. 56 p.

ROSADO, Rafael. MANEJO REPRODUCTIVO EN CAUTIVERIO DE LA TRUCHA ARCO IRIS *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) En: Reproducción de peces en el trópico. 2005. 246. p.

SALAZAR ARIZA, Gustavo. El cultivo de organismos acuáticos en pequeña escala en Colombia, Bogotá, INPA. 2002., 56 p .

SOLARTE, C; GARCIA, H y IMUEZ, M. biostadística aplicaciones en producción y salud animal. San Juan de Pasto: editorial universitaria, 2009. 301 p. ISBN 958-9479-39-1.

SCHNEIDER, Oliver. Fish waste management by conversion into heterotrophic bacteria biomass. *Water Research* 40(2006) 2684 – 2694. 11 p.

SINHA, Amit; et al. horizon scanning: the potential use of biofloc as an anti-infective strategy in aquaculture – an overview. *Aquaculture Health* 13(2008). P. 8 – 10

VASQUEZ, Walter et al. Estudos para Composição de uma Dieta Referência Semipurificada para Avaliação de Exigências Nutricionais em Juvenis de Pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). *R. Bras. Zootec.*, v.31, n.1, p.283-292, 2002 (suplemento). 10 p

VICUÑA, Omar. *Piaractus brachypomus* (cachama blanca) En: peces nativos de agua dulce del sur de interés para acuicultura: una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. 2010. 204 p.

VINATEA, Luis. Cultivos intensivos, oxigenación y bioflocs. En: memorias taller acuícola 2011 (SLA) Machala, Ecuador. 2011.

----- . Principios químicos de qualidade de agua em aquicultura. Editoria da UFSC. Florianopolis. 2004. 231 p.

WASIELESKY, Wilson et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258 (2006) 396–403. 8 p.

WEBER, Robilson. Efecto del estrés y de la anestesia sobre indicadores primarios y secundarios de estrés y sobre los neurotransmisores monoaminérgicos cerebrales en el lenguado solea senegalensis kaup, 1858. Trabajo de grado

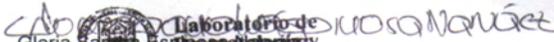
Doctor en Fisiología. España, Santiago de Compostela.: Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Biología. Departamento de fisiología, 2009. 143 p.

WRIGHT, Jonathan. pH control in recirculation aquaculture systems for Paua (*Haliotis iris*). Tesis de grado: University of Wellington, Master of Science in Marine Biology. 143 p.

ANEXOS

Anexo 1. Carbono orgánico de la melaza

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS		Código: LBE-PRS-FR-76		
			Página: 1 de 1		
			Versión: 1		
	REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO BROMATOLOGÍA		Vigente a partir de: 26/04/2010		
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		Reporte No.	LB-R-131-11
Solicitante:	Luis Alfredo Benavides	Muestra	Melaza	Código lab	507
Dirección:	Calle 3A Sur No. 22 B - 29 B/ Mijitayo. Pasto	Procedencia Pasto			
cc / nit:	1.087.409.658				
Teléfono:	312 230 5053	Fecha de Muestreo	DD 12 MM 12 AA	11	
e-mail	lucho_26ipa@hotmail.com	Fecha Recepción Muestra	DD 12 MM 12 AA	11	
		Fecha Reporte	DD 15 MM 12 AA	11	
ANÁLISIS SOLICITADO		Carbono Total			
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	Melaza
Carbono orgánico total	Walkley Black	Espectrofotométrica	g/100g	-	33,0
OBSERVACIONES	RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA				
Aseguramiento de Calidad de Resultados	Resolución ICA 3699 del 26 de Septiembre de 1994 como Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico para el Control de Calidad de Alimentos para animales. Certificado Icontec GP-CER 112092 NTCPR 100:2009 Certificado Icontec SG-CER 110449 ISO 9001:2008 - NTC ISO 9001 : 2008 Certificado IQNET CO-SE-CER 110449				


 Laboratorio de Bromatología
 Gloria Haddad Espinoza
 Téc. Laboratorio Bromatología
 Universidad de Nariño

Elaboró: GSE 15/12/2011
 Revisó: GSE 15/12/2011

Anexo 2. Porcentaje de proteína alimento utilizado en el estudio

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

DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA	Reporte No.	LB-R-004-12	
Solicitante:	Wilmer Arcenio López M	Muestra	Truchina 45 %	Código lab	025
Dirección:	Carrera 43 No 18 - 11 B/ Pandiaco. Pasto	Procedencia Pasto			
cc / nit:	1.088.590.367				
Teléfono:	310 527 8448	Fecha de Muestreo	DD 13 MM 01 AA 12		
e-mail	wilmer_ipa12@hotmail.com	Fecha Recepción Muestra	DD 13 MM 01 AA 12		
		Fecha Reporte	DD 06 MM 02 AA 12		
ANÁLISIS SOLICITADO		Proteína cruda			

PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	Truchina 45 %	
					B.P.S.	B.S.
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	7,83	
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	-	92,2	
Proteína	Kjeldahl (N*6,25)	Volumétrica	g/100g	-	45,9	49,8
Nitrógeno	Kjeldahl	Volumétrica	g/100g	-	7,34	7,97

OBSERVACIONES	RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA B.P.S.: Base Parcialmente Seca B.S.: Base Seca
Aseguramiento de Calidad de Resultados	Resolución ICA 3699 del 26 de Septiembre de 1994 como Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico para el Control de Calidad de Alimentos para animales. Resolución ICA 003540 de Noviembre 8 de 2010 como Laboratorio de Control de Calidad de Fertilizantes y Acondicionadores de suelo de uso agrícola. Certificado Icontec GP-CER 112092 NTCPR 100:2009 Certificado Icontec SG-CER 110449 ISO 9001:2008 - NTC ISO 9001 : 2008 Certificado IQNET CO-SE-CER 110449


 Gloria Sandra Espino
 Téc. Laboratorio Bromatología y Alimentos
 Universidad de Nariño

Elaboró: GSE
 Revisó: GSE

06/02/2012
 06/02/2012

Anexo 3. Registro de alimentación semanal en gramos por tratamiento

Trato	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,323	0,457	0,501	0,504	0,437	0,301
	0,319	0,509	0,556	0,554	0,501	0,345
	0,313	0,487	0,565	0,591	0,512	0,354
2	0,316	0,554	0,745	0,796	0,684	0,471
	0,313	0,587	0,724	0,746	0,645	0,452
	0,331	0,609	0,789	0,821	0,710	0,512
3	0,320	0,635	0,819	0,872	0,743	0,508
	0,308	0,612	0,802	0,778	0,701	0,535
	0,305	0,635	0,799	0,808	0,705	0,490

Anexo 4. Volumen del Biofloc (ml/l) para cada tratamiento

Trato	Día 0	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30	Día 35	Día 40	Día 45
T1	0	0	0	0	0	0	0	0,80	0,4	2,5
	0	0	0	0	0	0	0	1,10	1,0	1,0
	0	0	0	0	0	0	0	0,80	0,2	2,5
T2	0	0	8	15	20	30	22	18,00	19,0	17,0
	0	0	8	15	20	30	27	19,00	21,0	8,0
	0	0	8	15	20	30	35	23,00	25,0	19,0
T3	0	0	8	15	20	28	36	42,00	40,0	27,0
	0	0	8	15	20	28	12	35,00	35,0	18,0
	0	0	8	15	20	28	43	39,00	31,0	20,0

Anexo 5. registro de los valores peso

Tratamiento 0

Datos	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	1,50	3,59	3,71	3,46	5,34	7,77	6,95
2	1,70	3,02	2,69	5,57	6,69	5,18	6,30
3	1,80	2,54	3,68	4,57	5,70	6,48	5,62
4	1,70	1,86	4,50	3,84	4,55	6,08	8,07
5	1,60	2,57	3,72	4,63	4,93	6,69	5,06
6	1,70	3,08	5,05	5,87	5,37	5,51	7,53
7	1,70	3,37	3,18	4,39	5,70	7,01	5,45
8	1,40	2,75	4,07	5,03	5,58	6,87	6,44
9	1,60	2,72	3,32	3,64	6,66	5,19	6,46
10	1,50	2,21	2,67	3,60	4,33	4,94	6,51
11	1,80	3,72	3,72	5,67	5,73	4,20	5,17
12	1,60	2,36	2,66	3,87	6,69	4,79	7,55
13	1,80	2,52	3,27	4,75	3,91	5,88	4,45
14	1,40	2,08	3,22	4,88	5,59	7,17	7,47
15	1,40	1,93	4,20	4,92	5,24	6,39	5,01
1	1,70	3,39	4,30	4,62	5,54	8,25	5,41
2	1,50	2,97	3,04	4,08	4,76	6,13	6,72
3	1,70	2,63	3,15	4,10	6,41	5,26	8,84
4	1,40	2,43	5,52	3,98	7,54	6,89	5,96
5	1,50	2,43	3,51	6,42	5,93	6,27	8,89
6	1,80	3,43	3,94	4,14	4,68	6,00	8,36
7	1,40	2,83	4,63	5,33	7,35	5,43	5,30
8	1,70	2,16	3,15	3,70	5,72	8,37	6,16
9	1,40	2,58	3,10	4,80	5,12	5,85	8,34
10	1,60	3,18	4,78	4,51	7,72	6,93	5,55
11	1,70	4,44	3,23	5,94	5,01	8,15	8,13
12	1,50	3,70	4,77	4,92	7,61	5,44	6,53
13	1,50	2,55	4,50	6,07	8,45	9,15	9,33
14	1,70	2,55	3,03	7,00	6,18	8,80	6,89
15	1,80	3,63	4,93	6,00	5,90	6,51	6,52
1	1,40	3,00	4,94	5,83	7,91	7,36	6,97
2	1,80	3,76	3,78	5,51	8,40	6,64	8,25
3	1,70	2,99	3,57	4,68	7,20	7,00	7,29
4	1,60	2,06	4,46	4,30	7,04	9,62	8,59
5	1,40	3,12	3,00	5,76	5,99	7,23	8,87

6	1,40	3,16	2,70	3,81	6,80	7,72	5,41
7	1,40	3,36	4,63	6,38	5,23	5,75	6,18
8	1,80	2,48	2,81	5,08	6,24	8,25	5,65
9	1,80	2,71	3,64	5,57	7,87	5,51	6,97
10	1,40	1,92	4,83	4,71	5,19	6,65	8,75
11	1,40	3,41	4,64	4,48	7,06	8,30	6,85
12	1,70	2,56	4,72	6,92	4,64	5,92	5,84
13	1,50	2,36	5,87	6,16	5,51	8,55	6,26
14	1,80	4,33	3,89	6,99	5,64	6,16	6,96
15	1,40	1,74	3,04	4,38	5,29	5,43	9,96

Tratamiento 1

Datos	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	1,40	3,02	4,69	14,08	6,81	10,46	11,00
2	1,80	2,62	6,35	8,37	10,53	7,27	7,72
3	1,60	3,11	4,68	5,60	6,49	15,92	9,84
4	1,60	3,20	5,53	5,61	6,81	7,56	12,55
5	1,70	2,74	4,33	5,88	8,51	10,19	8,09
6	1,70	3,58	4,27	5,50	9,34	7,31	7,81
7	1,50	2,88	5,44	7,46	10,59	11,87	8,43
8	1,60	2,24	4,49	6,14	6,46	7,40	13,15
9	1,70	3,24	5,33	8,18	7,11	7,19	7,75
10	1,70	3,18	4,17	7,18	6,70	9,03	11,28
11	1,40	4,17	6,16	5,33	6,55	10,11	15,80
12	1,40	3,55	9,90	8,21	16,13	11,40	8,78
13	1,40	5,35	5,29	8,79	7,69	7,60	7,28
14	1,70	2,70	4,71	5,46	9,59	8,04	11,33
15	1,50	3,32	4,52	6,82	8,94	9,96	10,41
1	1,80	2,77	4,25	8,24	7,51	6,77	10,64
2	1,80	3,33	4,80	8,30	6,65	6,40	10,26
3	1,50	2,64	4,88	4,67	7,55	8,85	9,48
4	1,80	3,43	3,29	6,70	5,72	9,65	9,81
5	1,40	3,14	4,61	7,07	8,57	8,32	10,17
6	1,60	5,00	5,61	6,55	10,75	11,36	9,68
7	1,40	2,43	4,10	6,97	7,53	8,73	8,41
8	1,80	2,75	6,62	4,99	9,12	11,16	10,11
9	1,80	4,23	6,80	5,71	9,35	8,83	8,99
10	1,50	3,45	4,75	7,00	5,67	8,08	7,89
11	1,50	4,06	6,89	9,28	8,80	10,70	11,28

12	1,40	3,64	6,01	4,90	6,60	7,84	9,20
13	1,40	4,16	4,76	7,97	9,39	9,62	9,15
14	1,40	2,66	3,66	5,97	8,52	9,87	8,89
15	1,40	4,14	6,51	7,43	9,25	9,32	8,76
1	1,40	4,08	5,20	6,65	11,27	8,61	12,17
2	1,80	3,82	6,20	9,31	7,33	10,61	15,09
3	1,40	3,64	4,54	8,47	7,34	13,24	14,28
4	1,80	4,22	3,71	5,17	6,27	11,29	13,11
5	1,80	2,90	6,95	6,59	6,56	6,94	11,16
6	1,60	3,55	6,28	5,98	9,76	8,51	11,72
7	1,70	5,05	6,95	8,59	8,53	11,02	8,48
8	1,80	2,46	5,95	7,45	13,09	14,48	9,64
9	1,80	4,11	5,26	5,93	8,90	9,93	7,42
10	1,70	2,79	7,36	5,21	10,17	9,30	9,26
11	1,40	3,63	4,96	8,07	10,91	10,88	8,49
12	1,80	3,24	6,38	8,88	9,67	7,98	9,84
13	1,70	2,76	4,81	6,53	7,90	8,49	9,16
14	1,40	3,36	5,05	10,17	8,78	12,80	8,72
15	1,70	4,09	4,94	8,99	6,65	9,47	10,92

Tratamiento 2

Datos	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	1,70	3,84	6,09	12,17	7,03	11,04	12,14
2	1,60	3,34	6,05	6,41	8,86	12,78	9,77
3	1,40	3,28	5,72	6,63	8,82	11,94	12,50
4	1,40	5,02	3,61	7,23	7,21	11,73	12,33
5	1,70	2,31	4,63	7,58	9,55	12,15	9,74
6	1,70	3,30	9,45	10,93	11,06	10,62	11,59
7	1,60	3,98	6,83	8,39	12,99	9,01	10,85
8	1,70	3,78	5,15	7,12	8,69	9,33	10,45
9	1,80	6,55	5,72	6,16	9,47	12,77	13,49
10	1,60	4,15	5,32	6,84	8,91	9,62	9,45
11	1,50	3,40	4,65	8,38	9,07	9,64	9,28
12	1,40	3,31	4,96	9,21	10,79	7,78	12,66
13	1,70	3,79	7,99	9,21	12,63	7,31	9,94
14	1,70	2,84	4,42	8,08	8,59	6,26	7,91
15	1,50	3,15	7,11	4,54	5,68	10,40	10,05
1	1,40	4,99	3,91	8,33	7,09	12,05	10,10
2	1,50	4,23	6,23	5,95	15,21	13,05	11,19

3	1,80	3,53	9,74	6,99	8,35	10,58	13,37
4	1,40	3,62	6,18	5,46	10,32	9,42	11,05
5	1,80	2,73	5,69	5,37	7,56	9,19	9,74
6	1,40	3,64	6,08	6,08	7,95	12,00	13,76
7	1,40	3,65	4,84	8,02	7,97	11,26	9,79
8	1,80	4,53	5,45	6,84	7,36	18,34	9,03
9	1,50	2,69	4,21	7,39	7,92	9,05	9,57
10	1,40	3,74	4,93	5,71	6,59	9,41	10,22
11	1,80	3,06	4,62	11,91	10,77	9,96	10,32
12	1,40	3,74	4,62	7,64	7,66	9,74	8,99
13	1,40	3,67	5,38	7,22	7,62	8,30	19,44
14	1,40	3,57	7,14	6,50	9,55	8,78	12,79
15	1,70	2,65	6,90	6,62	9,49	9,28	10,08
1	1,40	3,84	5,52	7,69	7,34	7,53	10,39
2	1,50	3,34	8,38	6,77	9,10	17,51	18,63
3	1,60	3,28	6,30	5,99	7,99	9,15	9,61
4	1,70	5,02	5,26	6,66	13,88	9,59	9,69
5	1,50	2,31	5,33	5,73	8,10	7,72	10,32
6	1,50	3,30	4,59	6,90	8,05	10,35	10,23
7	1,40	3,98	4,61	10,79	7,56	8,68	8,28
8	1,40	3,78	6,30	8,18	7,14	9,18	8,47
9	1,50	6,55	7,11	5,93	7,42	6,98	10,32
10	1,50	4,15	5,39	6,02	6,83	9,72	8,18
11	1,80	3,40	4,26	7,86	7,11	13,69	8,56
12	1,40	3,31	5,26	10,30	9,74	8,05	12,33
13	1,40	3,79	6,51	6,75	8,57	8,41	8,18
14	1,80	2,84	4,71	7,27	13,12	12,41	13,94
15	1,50	3,15	6,12	7,33	10,31	7,98	8,10

Anexo 6. Análisis de varianza peso promedio inicial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00308889	2	0,00154444	1,24	0,3539
Intra grupos	0,00746667	6	0,00124444		
Total (Corr.)	0,0105556	8			

Anexo 7. Análisis de varianza para incremento de peso

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	26,4657	2	13,2328	49,73	0,0002
Intra grupos	1,5966	6	0,2661		
Total (Corr.)	28,0623	8			

Anexo 8. Pruebas de Fisher LSD para Incremento de peso

Método: Fisher LSD 95%

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	5,296 67	X
1	3	8,47667	X
2	3	9,26333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-3,18	1,03061
0 - 2	*	-3,96667	1,03061
1 - 2		-0,786667	1,03061

* indica una diferencia significativa.

Anexo 9. Registro de los valores de longitud

Tratamiento 0

Animal	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	4,00	5,600	6,125	6,025	6,125	6,125	6,125
2	4,70	5,681	5,610	6,950	5,610	5,610	5,610
3	4,70	5,450	6,215	6,435	6,215	6,215	6,215
4	4,60	4,930	6,475	6,025	6,475	6,475	6,475
5	4,70	5,620	6,200	6,375	6,200	6,200	6,200
6	4,30	5,950	6,650	6,850	6,650	6,650	6,650
7	4,60	5,675	5,775	6,475	5,775	5,775	5,775
8	4,30	5,601	5,900	6,450	5,900	5,900	5,900
9	4,50	5,725	6,075	5,900	6,075	6,075	6,075
10	4,50	5,425	5,350	5,975	5,350	5,350	5,350
11	4,70	6,150	5,870	7,225	5,870	5,870	5,870
12	4,70	5,600	5,325	5,100	5,325	5,325	5,325
13	5,00	5,427	5,900	6,375	5,900	5,900	5,900
14	4,70	5,175	5,925	6,460	5,925	5,925	5,925
15	4,50	5,100	6,125	6,525	6,125	6,125	6,125
1	4,60	5,925	5,850	6,400	5,850	5,850	5,850
2	4,30	5,785	5,500	6,150	5,500	5,500	5,500
3	4,40	5,140	5,400	6,325	5,400	5,400	5,400
4	4,30	5,590	5,450	6,025	5,450	5,450	5,450
5	4,20	5,300	6,150	6,950	6,150	6,150	6,150
6	4,80	6,285	6,375	6,200	6,375	6,375	6,375
7	4,30	5,660	6,050	6,775	6,050	6,050	6,050
8	4,50	5,020	5,760	5,975	5,760	5,760	5,760
9	4,20	5,595	5,650	6,450	5,650	5,650	5,650
10	4,30	5,725	6,315	6,375	6,315	6,315	6,315
11	4,40	6,700	5,750	6,925	5,750	5,750	5,750
12	4,20	7,305	6,425	6,850	6,425	6,425	6,425
13	4,40	5,340	6,455	6,935	6,455	6,455	6,455
14	4,60	5,400	5,450	7,250	5,450	5,450	5,450
15	4,90	5,800	6,400	6,225	6,400	6,400	6,400
1	4,30	5,665	6,560	6,700	6,560	6,560	6,560
2	4,70	6,285	6,235	6,775	6,235	6,235	6,235
3	4,70	5,700	5,945	6,350	5,945	5,945	5,945
4	4,50	5,255	6,100	6,475	6,100	6,100	6,100
5	4,20	6,650	5,600	6,350	5,600	5,600	5,600

6	4,10	5,820	5,525	6,325	5,525	5,525	5,525
7	4,30	5,725	6,450	7,175	6,450	6,450	6,450
8	4,80	5,250	5,425	6,745	5,425	5,425	5,425
9	4,60	5,515	5,850	6,550	5,850	5,850	5,850
10	4,10	5,195	6,435	6,200	6,435	6,435	6,435
11	4,20	6,100	5,350	6,065	5,350	5,350	5,350
12	4,60	5,555	6,450	7,245	6,450	6,450	6,450
13	4,40	5,480	6,925	7,050	6,925	6,925	6,925
14	4,70	6,315	6,100	7,325	6,100	6,100	6,100
15	4,20	4,910	5,775	6,325	5,775	5,775	5,775

Tratamiento 1

Animal	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	4,50	5,600	6,300	8,785	6,300	6,300	6,300
2	4,80	5,335	6,750	7,425	6,750	6,750	6,750
3	4,50	5,775	6,125	5,975	6,125	6,125	6,125
4	4,50	5,970	6,215	6,875	6,215	6,215	6,215
5	4,30	5,500	6,365	6,600	6,365	6,365	6,365
6	4,50	6,150	6,200	6,525	6,200	6,200	6,200
7	4,40	5,475	6,625	7,350	6,625	6,625	6,625
8	4,30	5,385	5,950	6,815	5,950	5,950	5,950
9	4,50	5,775	6,550	7,325	6,550	6,550	6,550
10	4,50	5,750	6,000	7,400	6,000	6,000	6,000
11	4,40	6,310	7,001	6,900	7,001	7,001	7,001
12	4,20	6,300	7,850	7,550	7,850	7,850	7,850
13	4,40	6,900	6,600	7,600	6,600	6,600	6,600
14	4,70	5,645	6,325	6,450	6,325	6,325	6,325
15	4,30	5,360	6,165	7,195	6,165	6,165	6,165
1	4,70	5,250	6,315	7,435	6,315	6,315	6,315
2	4,40	6,450	6,450	7,325	6,450	6,450	6,450
3	4,30	5,960	6,665	6,125	6,665	6,665	6,665
4	4,40	6,000	5,800	7,125	5,800	5,800	5,800
5	4,20	5,925	6,435	7,050	6,435	6,435	6,435
6	4,30	6,252	6,950	7,055	6,950	6,950	6,950
7	4,40	5,565	6,025	7,275	6,025	6,025	6,025
8	4,70	5,600	7,125	6,325	7,125	7,125	7,125
9	4,60	6,450	6,935	6,875	6,935	6,935	6,935
10	4,50	5,875	6,445	7,225	6,445	6,445	6,445
11	4,30	6,025	7,250	7,825	7,250	7,250	7,250

12	4,40	6,465	6,925	6,150	6,925	6,925	6,925
13	4,30	6,120	6,475	7,525	6,475	6,475	6,475
14	4,50	6,440	5,850	6,935	5,850	5,850	5,850
15	4,30	6,245	6,850	7,430	6,850	6,850	6,850
1	4,20	6,225	6,125	6,425	6,125	6,125	6,125
2	4,60	6,330	7,150	7,475	7,150	7,150	7,150
3	4,10	6,030	6,250	6,950	6,250	6,250	6,250
4	4,40	6,475	5,875	6,575	5,875	5,875	5,875
5	4,80	5,775	6,925	6,900	6,925	6,925	6,925
6	4,50	5,800	6,975	6,900	6,975	6,975	6,975
7	4,20	6,600	7,050	7,250	7,050	7,050	7,050
8	4,50	5,565	6,725	7,100	6,725	6,725	6,725
9	4,50	6,400	6,500	6,725	6,500	6,500	6,500
10	4,40	5,980	7,365	6,565	7,365	7,365	7,365
11	4,20	6,165	6,450	5,335	6,450	6,450	6,450
12	4,60	5,935	7,000	7,725	7,000	7,000	7,000
13	4,50	5,660	6,200	7,345	6,200	6,200	6,200
14	4,10	5,940	6,365	7,950	6,365	6,365	6,365
15	4,30	5,940	6,450	7,600	6,450	6,450	6,450

Tratamiento 2

Animal	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	4,60	5,995	6,850	8,175	6,850	6,850	6,850
2	4,40	6,175	7,200	6,900	7,200	7,200	7,200
3	4,30	5,990	6,425	6,825	6,425	6,425	6,425
4	4,30	6,635	5,950	7,285	5,950	5,950	5,950
5	4,80	5,300	6,450	7,150	6,450	6,450	6,450
6	4,70	5,900	7,975	8,100	7,975	7,975	7,975
7	4,50	6,300	7,150	7,400	7,150	7,150	7,150
8	4,50	6,110	6,615	6,325	6,615	6,615	6,615
9	4,50	7,275	6,875	6,835	6,875	6,875	6,875
10	4,30	6,105	6,775	7,125	6,775	6,775	6,775
11	4,40	6,000	6,525	7,775	6,525	6,525	6,525
12	4,30	5,935	6,505	7,700	6,505	6,505	6,505
13	4,70	6,150	7,680	8,065	7,680	7,680	7,680
14	4,80	5,775	6,400	7,500	6,400	6,400	6,400
15	4,40	5,950	7,225	6,550	7,225	7,225	7,225
1	4,40	6,955	5,975	7,325	5,975	5,975	5,975
2	4,20	6,450	7,950	6,925	7,950	7,950	7,950

3	4,60	5,925	7,800	7,125	7,800	7,800	7,800
4	4,30	5,475	6,715	6,700	6,715	6,715	6,715
5	4,60	5,700	6,825	6,600	6,825	6,825	6,825
6	4,30	5,975	6,700	7,000	6,700	6,700	6,700
7	4,20	6,140	6,825	7,470	6,825	6,825	6,825
8	5,00	6,325	6,575	6,750	6,575	6,575	6,575
9	4,30	5,600	6,335	7,300	6,335	6,335	6,335
10	4,20	6,360	6,450	6,775	6,450	6,450	6,450
11	5,00	5,940	6,425	8,425	6,425	6,425	6,425
12	4,40	6,170	6,450	7,345	6,450	6,450	6,450
13	4,30	5,945	6,500	7,425	6,500	6,500	6,500
14	4,70	5,635	7,150	6,950	7,150	7,150	7,150
15	4,60	5,685	6,800	7,075	6,800	6,800	6,800
1	4,30	6,120	6,675	7,135	6,675	6,675	6,675
2	4,20	6,650	7,425	7,110	7,425	7,425	7,425
3	4,50	5,925	6,950	7,200	6,950	6,950	6,950
4	4,80	5,450	6,435	7,100	6,435	6,435	6,435
5	4,10	5,450	6,600	6,750	6,600	6,600	6,600
6	4,20	6,275	6,200	6,900	6,200	6,200	6,200
7	4,30	5,650	6,365	8,050	6,365	6,365	6,365
8	4,30	5,610	7,225	7,550	7,225	7,225	7,225
9	4,20	6,115	7,450	7,250	7,450	7,450	7,450
10	4,10	5,500	6,975	7,150	6,975	6,975	6,975
11	4,70	6,000	6,250	7,565	6,250	6,250	6,250
12	4,20	6,110	6,625	8,095	6,625	6,625	6,625
13	4,30	5,425	7,250	7,225	7,250	7,250	7,250
14	4,70	6,535	6,525	7,425	6,525	6,525	6,525
15	4,10	6,275	6,975	7,500	6,975	6,975	6,975

Anexo 10. Análisis de varianza longitud promedio inicial

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,00526667	2	0,00263333	0,50	0,6274
Intra grupos	0,0313333	6	0,00522222		
Total (Corr.)	0,0366	8			

Anexo 11. Análisis de varianza para incremento de longitud

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,77936	2	0,889678	21,94	0,0017
Intra grupos	0,243333	6	0,0405556		
Total (Corr.)	2,02269	8			

Anexo 12. Prueba de Fisher LSD para Incremento promedio de longitud

Método: Fisher LSD 95%

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	2,43	X
1	3	3,27667	X
2	3	3,44667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-0,846667	0,402345
0 - 2	*	-1,01667	0,402345
1 - 2		-0,17	0,402345

* indica una diferencia significativa.

Anexo 13. Análisis de varianza para tasa de crecimiento simple

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,86496	2	0,932478	48,12	0,0002
Intra grupos	0,116267	6	0,0193778		
Total (Corr.)	1,98122	8			

Anexo 14. Prueba de Fisher LSD para Tasa de crecimiento simple

Método: Fisher LSD 95%

tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	3,25333	X
1	3	4,09	X
2	3	4,31	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-0,836667	0,278116
0 - 2	*	-1,05667	0,278116
1 - 2		-0,22	0,278116

* indica una diferencia significativa.

Anexo 15. Análisis de varianza para conversión alimenticia aparente

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0354889	2	0,0177444	22,18	0,0017
Intra grupos	0,0048	6	0,0008		
Total (Corr.)	0,0402889	8			

Anexo 16. Prueba de Fisher LSD para Conversión alimenticia aparente

Método: Fisher LSD 95%

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	3	0,573333	X
1	3	0,596667	X
0	3	0,716667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	0,12	0,0565092
0 - 2	*	0,143333	0,0565092
1 - 2		0,0233333	0,0565092

* indica una diferencia significativa.

Anexo 17. Registro de temperatura (°C)

Tratamiento 0

Replicas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	29,20	29,63	29,03	29,80	29,83	29,97
	29,23	30,07	29,37	29,73	29,67	30,17
	29,23	30,17	29,77	29,50	29,87	29,93
	29,13	30,03	29,13	28,97	30,00	30,10
	29,23	30,43	28,73	28,90	29,83	29,97
	29,17	29,50	29,00	28,77	29,97	30,20
	29,73	29,60	29,17	30,07	30,13	29,97
R2	30,03	30,33	29,53	30,53	29,97	30,30
	29,50	30,37	30,17	30,20	29,73	30,07
	29,60	30,37	30,17	30,10	30,00	30,17
	29,23	30,27	30,20	30,13	30,07	30,00
	29,07	30,43	30,23	30,00	30,27	30,00
	30,53	30,60	30,37	30,10	30,33	30,00
	29,73	30,40	30,40	30,03	30,33	30,10
R3	29,20	29,73	29,27	30,07	29,67	29,73
	29,40	29,83	29,37	30,23	29,47	29,77
	29,50	29,77	29,73	30,17	29,70	29,97
	29,53	29,40	29,80	30,07	33,07	29,93
	29,10	29,60	29,87	30,17	29,87	29,63
	29,70	29,77	29,87	29,83	29,87	29,73
	29,73	29,63	29,93	29,87	29,67	30,00

Tratamiento 1

Replicas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	30,97	29,57	29,37	29,90	28,97	29,93
	29,90	29,60	29,67	29,83	29,40	29,80
	29,33	29,60	30,00	29,87	29,57	29,80
	29,27	29,77	30,07	29,83	29,67	29,70
	29,50	29,33	29,87	29,37	29,77	29,50
	29,60	29,33	29,57	28,93	29,67	29,70
	29,20	29,30	29,53	29,20	29,87	29,77
R2	29,63	29,60	29,20	29,63	28,90	29,43
	29,67	29,33	29,23	29,77	29,53	29,53

	28,93	29,50	29,40	29,50	29,43	29,33
	29,80	29,47	29,53	29,57	30,43	29,27
	29,20	29,60	29,40	29,17	30,43	29,13
	29,77	29,67	29,50	29,20	30,77	29,20
	29,63	29,63	29,43	29,30	30,50	29,23
	29,23	29,33	28,83	29,77	29,33	29,13
	29,30	29,30	29,10	29,43	29,23	29,27
	28,83	29,37	29,40	29,30	29,33	29,57
R3	29,33	29,37	29,67	29,47	29,33	29,43
	29,13	29,40	29,47	29,43	29,33	29,30
	29,23	29,40	29,60	29,43	29,40	29,33
	29,20	29,40	29,43	29,47	29,40	29,37

Tratamiento 2

Replicas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
	29,83	29,83	29,00	30,00	29,57	29,70
	29,60	29,43	29,03	29,90	26,40	29,77
	29,47	29,50	30,07	30,07	29,33	29,77
R1	29,70	29,70	29,97	29,73	29,33	29,90
	29,50	29,57	29,67	29,40	29,33	29,70
	29,43	29,77	29,93	29,50	29,83	29,73
	29,47	29,77	29,77	29,57	29,73	29,87
	30,37	30,47	29,33	29,77	29,30	30,57
	29,40	30,37	29,47	30,07	29,13	29,90
	29,53	30,50	29,83	30,00	29,30	29,87
R2	29,60	29,90	29,97	29,57	30,00	29,77
	29,13	29,90	30,13	29,60	29,50	29,53
	29,17	29,90	29,73	29,57	30,20	29,70
	28,97	29,73	30,30	29,53	30,20	29,37
	29,40	29,73	29,13	29,63	29,33	29,57
	29,50	29,57	29,37	33,07	29,23	29,43
	29,37	29,60	29,80	29,43	29,50	29,27
R3	29,30	29,57	30,00	29,80	29,47	29,30
	29,10	29,60	29,83	29,47	29,40	29,13
	29,70	29,80	29,27	29,50	29,50	29,20
	29,57	29,77	29,83	29,37	29,53	29,30

Anexo 18. Análisis de varianza para Temperatura

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0416889	2	0,0208444	1,91	0,2283
Intra grupos	0,0655333	6	0,0109222		
Total (Corr.)	0,107222	8			

Anexo 19. Registro de oxígeno (mg/l)

Tratamiento 0

Replicas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	5,19	5,40	4,89	4,03	3,71	3,42
	5,12	4,64	4,41	4,06	3,67	3,60
	5,16	5,19	4,90	4,07	3,76	3,63
	5,02	5,14	5,47	4,25	3,52	3,32
	5,06	4,22	4,92	3,99	3,46	3,38
	5,19	5,15	5,18	4,02	3,44	3,24
	4,91	4,89	4,17	3,72	3,42	3,24
R2	5,18	4,99	4,78	3,95	3,62	3,46
	4,95	4,70	4,13	3,88	3,84	3,48
	5,05	4,86	4,44	3,91	3,69	3,59
	5,07	4,73	4,46	3,80	3,54	3,14
	4,82	3,88	4,27	3,57	3,46	3,26
	4,84	4,65	4,84	3,56	3,43	3,26
	5,34	4,63	4,10	3,62	3,31	3,25
R3	5,36	5,32	5,10	4,34	3,80	3,27
	5,18	5,09	4,67	4,12	3,82	3,52
	5,16	5,34	4,85	4,19	3,52	3,62
	5,18	5,43	5,09	3,97	3,43	3,36
	5,06	4,29	5,17	3,83	3,45	3,44
	5,24	4,97	4,93	3,68	3,38	3,43
	5,22	4,89	4,07	3,79	3,22	3,28

Tratamiento 1

Replicas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	4,56	5,29	4,47	4,08	4,00	3,55
	4,36	5,31	4,26	3,98	3,95	3,53
	4,33	5,21	4,31	3,99	3,89	3,69
	4,29	4,73	4,63	3,84	3,73	3,42
	4,84	4,07	4,36	3,82	3,68	3,48
	5,11	4,94	4,85	3,94	3,62	3,40
	5,18	4,70	4,07	3,60	3,63	3,38
R2	5,00	5,07	4,90	3,86	4,02	3,71
	4,68	4,90	4,56	3,88	3,96	3,71

	4,84	4,92	4,79	3,97	3,87	3,89
	4,60	5,07	4,84	4,02	3,52	3,51
	4,85	4,10	4,64	4,05	3,50	3,69
	4,93	4,74	4,54	4,09	3,42	3,64
	5,00	4,56	3,96	3,96	3,28	3,46
	4,80	5,24	4,79	3,97	3,72	3,65
	4,76	5,16	4,62	4,35	3,86	3,72
	4,55	5,35	4,72	4,03	3,78	3,71
R3	4,32	5,21	4,95	3,92	3,69	3,46
	5,15	4,20	4,65	3,88	3,59	3,47
	5,08	4,60	4,57	3,68	3,66	3,45
	5,18	4,54	3,98	3,55	3,56	3,35

Tratamiento 2

Replicas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
	5,00	4,83	3,46	3,73	3,41	3,43
	4,31	4,87	4,17	3,41	3,59	3,74
	4,55	5,22	3,99	3,26	3,65	3,78
R1	4,42	4,84	4,49	3,21	3,60	3,36
	4,73	3,51	4,49	3,77	3,45	3,53
	4,81	4,74	4,54	3,70	3,56	3,46
	4,67	3,55	3,98	3,36	3,08	3,31
	4,77	5,27	4,44	4,05	3,59	2,71
	4,74	4,73	4,50	4,04	3,67	3,23
	4,56	5,21	4,58	3,85	3,65	3,30
R2	4,59	5,06	4,92	5,20	3,45	3,15
	4,78	4,13	4,37	3,84	3,44	3,22
	4,91	4,71	4,72	3,57	3,53	3,27
	5,08	4,16	4,07	3,75	3,31	3,30
	5,13	5,19	4,54	3,90	3,70	3,61
	4,97	4,98	4,42	4,21	3,92	3,76
	4,67	5,25	4,22	3,98	3,77	3,75
R3	4,63	4,95	4,64	3,94	3,54	3,46
	5,11	4,06	4,50	3,81	3,66	3,50
	5,07	4,42	4,69	3,73	3,62	3,46
	4,99	4,11	3,92	3,56	3,38	3,48

Anexo 20. Análisis de varianza para oxígeno disuelto

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0394667	2	0,0197333	2,16	0,1971
Intra grupos	0,0549333	6	0,00915556		
Total (Corr.)	0,0944	8			

Anexo 21. Registro de pH

Tratamiento 0

Replicas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	7,26	7,29	5,74	4,80	5,20	5,02
	7,02	7,04	5,43	4,56	5,42	4,80
	7,26	5,92	6,00	4,97	6,20	4,93
	7,12	5,56	5,61	4,54	6,39	4,74
	7,18	5,40	5,56	4,49	6,34	4,76
	7,13	5,35	5,34	4,62	5,75	4,84
	7,47	5,46	5,03	4,68	5,20	5,07
R2	7,29	7,43	5,78	5,14	5,07	4,98
	7,13	7,25	5,53	4,86	4,84	4,84
	7,33	6,56	5,91	5,33	5,01	5,15
	7,24	5,75	5,39	5,04	5,01	4,94
	7,38	5,77	5,48	4,92	5,01	4,97
	7,35	5,77	5,17	4,97	4,80	4,99
	7,52	5,73	5,11	4,75	5,08	5,21
R3	7,51	5,85	5,81	5,25	6,15	6,11
	7,40	5,82	5,26	5,17	6,32	5,74
	7,53	5,90	5,85	5,64	6,34	5,82
	7,53	5,75	5,38	5,32	6,35	5,39
	7,52	5,54	5,36	5,24	6,39	5,52
	7,32	5,37	5,13	5,43	6,19	5,47
	7,04	5,41	5,18	5,55	6,27	5,57

Tratamiento 1

Replicas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	7,10	7,72	6,94	5,51	5,44	5,23
	7,08	7,67	6,50	4,97	5,21	5,00
	7,13	7,34	6,03	5,35	5,25	5,08
	7,16	7,26	5,89	5,11	5,05	4,96
	7,49	7,19	5,95	5,12	5,08	4,90
	7,61	7,06	5,83	5,27	5,05	4,88
	7,59	6,97	5,52	5,19	5,19	5,06
R2	7,24	7,50	7,09	5,62	5,28	4,97

	7,17	7,38	7,09	5,36	5,07	4,95
	7,29	7,30	6,91	5,29	5,13	5,21
	7,33	7,29	6,60	4,95	4,94	5,01
	7,55	7,27	6,47	5,12	5,08	5,10
	7,62	7,20	6,15	5,30	5,04	5,14
	7,58	7,09	5,68	5,18	5,26	5,41
	7,08	7,66	7,08	5,74	5,21	4,83
	7,05	7,48	7,02	5,44	5,10	4,83
	7,15	7,30	6,85	5,32	5,16	4,82
R3	7,16	7,26	6,88	5,00	5,00	4,84
	7,45	7,33	6,36	5,02	5,01	4,78
	7,67	7,24	6,10	5,21	4,80	4,80
	7,75	7,07	6,05	5,14	4,84	4,86

Tratamiento 2

Replicas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
	7,20	7,74	7,59	7,30	6,59	5,07
	7,11	7,77	7,63	7,18	5,80	5,19
	7,30	7,64	7,68	7,03	5,43	5,12
R1	7,36	7,57	7,38	6,90	5,25	5,03
	7,56	7,64	7,25	7,03	5,18	4,97
	7,66	7,68	7,23	6,79	5,16	4,91
	7,66	7,38	7,06	6,03	5,18	5,00
	7,22	7,89	7,66	7,30	6,73	6,63
	7,17	7,75	7,73	7,17	6,68	5,71
	7,30	7,68	7,95	6,92	5,91	5,15
R2	7,34	7,60	7,87	6,69	5,83	4,93
	7,45	7,70	7,36	6,89	5,59	4,88
	7,56	7,73	7,35	6,87	5,33	4,78
	7,69	7,41	7,16	6,51	5,68	4,80
	7,18	7,59	7,65	7,38	6,52	5,49
	7,11	7,56	7,75	7,37	5,76	5,65
	7,22	7,53	7,70	7,24	5,51	5,75
R3	7,27	7,54	7,30	6,97	5,31	5,60
	7,52	7,58	7,28	7,02	5,47	5,48
	7,64	7,65	7,38	6,86	5,40	5,61
	7,55	7,43	7,14	6,20	5,54	5,82

Anexo 22. Análisis de varianza y pruebas de Fisher LSD para pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1,47109	2	0,735544	63,65	0,0001
Intra grupos	0,0693333	6	0,0115556		
Total (Corr.)	1,54042	8			

Método: Fisher LSD 95%

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	5,78	X
1	3	6,03667	X
2	3	6,73667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 – 1	*	-0,256667	0,214768
0 – 2	*	-0,956667	0,214768
1 – 2	*	-0,7	0,214768

* indica una diferencia significativa.

Anexo 23. Registro de Nitritos, Nitratos y Amonio

NO₂ (mg/l) para el tratamiento 0

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	0,044	1,2	7,1	0,01	0,03	0,22	0,36
R2	0,05	0,8	6,5	0,02	0	0,14	0
R3	0,337	0,8	0	0	0,28	0,18	0

NO₂ (mg/l) para el tratamiento 1

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	0,211	5,6	11,1	0	0,07	0,02	0,16
R2	0,834	3,1	9,5	0,14	0,04	0,06	0,78
R3	0,21	1,7	11,2	3,75	0,12	0,02	0,06

NO₂ (mg/l) para el tratamiento 2

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	0,252	0,5	4,8	3,75	0,12	0	0,18
R2	0,505	2,1	5,1	3,75	0,51	0,02	0,08
R3	1,232	4,6	1,4	3,75	0,42	0	0,04

NO₃ (mg/l) para el tratamiento 0

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	1,5	5	20,1	8,5	14	8,4	13,2
R2	0,6	2,7	5,9	8,1	18	10,2	14,4
R3	0,8	11,6	18	6,7	12	13,6	11,2

NO₃ (mg/l) para el tratamiento 1

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	0,8	7	28,7	8,5	22	27,4	31,2
R2	0,9	9,2	13,3	7,7	18	32	40,8
R3	1,4	4,7	23,7	8,2	18	23,6	28,6

NO₃ (mg/l) para el tratamiento 2

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	0,9	3,9	18,4	24,7	28	37,4	41,8
R2	1,8	3,5	7,7	35	52	21,6	29,6
R3	2	7	12,1	35	21	31,6	23,8

NH₄ (mg/l) para el tratamiento 0

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	1,7	7	4,2	4,5	7,7	8	8,2
R2	1,3	10	4,5	4,9	7,7	8,5	9
R3	1,9	3	3,9	6,7	7,7	8,6	8,9

NH₄ (mg/l) para el tratamiento 1

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	1,7	4,8	0,3	0	2,1	1,5	0,9
R2	1,8	4	0,18	0	2,4	0,8	1,2
R3	1,9	3,9	0,23	0	2,4	0,6	1,3

NH₄ (mg/l) para el tratamiento 2

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	2,1	9	0,77	0	1,22	1,5	1,8
R2	1,4	6	0,77	0	0,9	1	1,5
R3	1,3	7	0,77	0	1,7	1,2	1,6

Anexo 24. Análisis de varianza y pruebas de Fisher LSD para nitritos, nitratos y amonio

Nitritos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,18432	2	1,09216	32,37	0,0006
Intra grupos	0,202469	6	0,0337448		
Total (Corr.)	2,38679	8			

Método: Fisher LSD 95%

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	1,12267	X
2	3	1,577	X
1	3	2,318	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-1,19533	0,367009
0 - 2	*	-0,454333	0,367009
1 - 2	*	0,741	0,367009

* indica una diferencia significativa.

Nitratos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	191,987	2	95,9933	49,73	0,0002
Intra grupos	11,5814	6	1,93023		
Total (Corr.)	203,568	8			

Método: Fisher LSD 95%

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	9,738	X
1	3	16,938	X
2	3	20,8953	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
-----------	------	------------	-------------

0 - 1	*	-7,2	2,77573
0 - 2	*	-11,1573	2,77573
1 - 2	*	-3,95733	2,77573

* indica una diferencia significativa.

Amonio

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	37,9795	2	18,9897	194,19	0,0000
Intra grupos	0,586733	6	0,0977889		
Total (Corr.)	38,5662	8			

Método: Fisher LSD 95%

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
1	3	1,52333	X
2	3	1,97667	X
0	3	6,09	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	4,56667	0,624768
0 - 2	*	4,11333	0,624768
1 - 2		-0,453333	0,624768

* indica una diferencia significativa

Anexo 25. Registro de DQO Y DBO (mg/l)

DQO (mg/l) para el tratamiento 0

Replicas	inicial	Quincena 1	Quincena 2	Quincena 3
R1	32	35	44	47
R2	22	13	35	54
R3	41	27	38	49

DQO (mg/l) para el tratamiento 1

Replicas	inicial	Quincena 1	Quincena 2	Quincena 3
R1	97	89	137	156
R2	79	86	155	165
R3	88	100	141	152

DQO (mg/l) para el tratamiento 2

Replicas	inicial	Quincena 1	Quincena 2	Quincena 3
R1	88	99	139	151
R2	91	117	134	148
R3	85	108	142	153

DBO (mg/l) para el tratamiento 0

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	4,2	30	10	22	28	30	32
R2	0,8	28	20	18	10	20	26
R3	2,4	12	12	4	12	16	18

DBO (mg/l) para el tratamiento 1

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	8	20	36	4	30	38	40
R2	9	40	30	10	42	28	32
R3	7,8	36	30	0	34	40	42

DBO (mg/l) para el tratamiento 2

Replicas	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
R1	7,4	28	28	26	60	22	26
R2	7	8	32	16	54	52	42
R3	8,6	40	38	16	52	38	30

Anexo 26. Análisis de varianza y pruebas de Fisher LSD para DQO y DBO

DQO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	14253,4	2	7126,69	828,95	0,0000
Intra grupos	51,5833	6	8,59722		
Total (Corr.)	14305,0	8			

Método: Fisher LSD 95%

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0	3	36,4167	X
1	3	120,417	X
2	3	121,25	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-84,0	5,85805
0 - 2	*	-84,8333	5,85805
1 - 2		-0,833333	5,85805

* indica una diferencia significativa.

DBO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	277,129	2	138,564	11,09	0,0097
Intra grupos	74,9667	6	12,4944		
Total (Corr.)	352,096	8			

Método: Fisher LSD 95%

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
--------------	-------	-------	-------------------

0	3	16,9	X
1	3	26,5	X
2	3	30,0333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 1	*	-9,6	7,06207
0 - 2	*	-13,1333	7,06207
1 - 2		-3,53333	7,06207

* indica una diferencia significativa.

Anexo 27. Prueba de regresión múltiple para peso en función de los parámetros físico químicos

Análisis de Varianza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>G l</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razó n-F</i>	<i>Valor-P</i>
Modelo	2443,93	7	349,133	309,09	0,0000
Residuo	54,2189	4	1,12956		
Total	2498,15	5			

R-cuadrada = 97,8296 porciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,5583 porciento

Estimación para cada uno de los parámetros

<i>Parámetro</i>	<i>Estimación</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico T</i>	<i>Valor-P</i>
Amonio	-0,320859	0,0560146	-5,72813	0,0000
DBO	0,0604145	0,0123516	4,89125	0,0000
Nitratos	0,0129704	0,015453	0,839343	0,4054
Nitritos	0,00146657	0,0582263	0,0251874	0,9800
Oxigeno	-2,86332	0,349095	-8,20211	0,0000
pH	-0,737693	0,225901	-3,26556	0,0020
Temperatura	0,743484	0,0396005	18,7746	0,0000

Modelo matemático ajustado

PESO = -0,0561335*AMONIO + 0,000784005*DBO + 0,00303451*NITRATOS - 0,00616943*NITRITOS + 0,517101*OXIGENO + 0,188204*pH - 0,066707*TEMPERATURA

