

**EFFECTO DEL BIOFLOC Y UNA DIETA COMERCIAL DEL 35% DE PROTEÍNA
SOBRE EL CRECIMIENTO DE ALEVINOS DE CACHAMA BLANCA (*Piaractus
brachypomus*, Cuvier 1818) EN CONDICIONES DE LABORATORIO**

**ANA LILIAN HUACAS RAMÍREZ
DIANA CAROLINA VELÁSQUEZ CABRERA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2013**

**EFFECTO DEL BIOFLOC Y UNA DIETA COMERCIAL DEL 35% DE PROTEÍNA
SOBRE EL CRECIMIENTO DE ALEVINOS DE CACHAMA BLANCA (*Piaractus
brachypomus*, Cuvier 1818) EN CONDICIONES DE LABORATORIO**

**ANA LILIAN HUACAS RAMÍREZ
DIANA CAROLINA VELÁSQUEZ CABRERA**

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

Director

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

Asesor Estadístico

**MARCO ANTONIO IMUEZ FIGUEROA
Zoot, Esp, MSc**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2013**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son responsabilidad exclusiva de la autora”.

Artículo 1^o del Acuerdo N^o 324 de Octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

CAMILO LENIN GUERRERO ROMERO
Director

GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ
Jurado delegado

RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO
Jurado

Dedico a:

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial de mi vida.

A mis padres, porque creyeron en mí, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracteriza, por su ayuda económica, por el valor mostrado para salir adelante y en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta. Este triunfo va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mi hermano por ser mi gran motivación para nunca rendirme y llegar a ser un ejemplo para él.

A mi abuelita que a pesar de haberla perdido, ha estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Ana Lillian Huacas Ramírez

Dedica a:

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida, permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y por cada una de las pruebas que me hacen una mejor persona. A mi familia, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. Al nuevo miembro de la familia mí querido sobrino Josué por darle a nuestras vidas mucha alegría. A mi compañera Anita porque sin el equipo que formamos, no hubiéramos logrado esta meta.

Diana Carolina Velásquez Cabrera

AGRADECIMIENTOS

Expresamos los más sinceros agradecimientos:

CAMILO LENIN GUERRERO ROMERO	Ingeniero en Producción Acuícola, Técnico de laboratorio de la Universidad de Nariño.
GLORIA SANDRA ESPINOSA NARVÁEZ	Ingeniera en Producción Acuícola, Técnica Química Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño.
RUTH DAYANA LUCERO SALCEDO	Ingeniera en Producción Acuícola, M.Sc.
MARCO ANTONIO IMUEZ FIGUEROA	Zootecnista Esp., M.Sc. Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.
IVAN ANDRÉS SÁNCHEZ ORTIZ	Ingeniero civil, M.Sc. Docente Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.
JAIRO ESPAÑA CASTILLO	Jefe Sección de Laboratorios y Equipos. Universidad de Nariño.
LUÍS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista. Esp. Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad Nariño de Nariño.
PIEDAD MEJÍA SANTACRUZ	Secretaria del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño.

OSCAR MEJÍA SANTACRUZ

Auxiliar del Centro de Documentación Especializada del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño.

CARLOS ALFREDO BERNAL MARTÍNEZ

Zootecnista. Técnico de Laboratorios de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño

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.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	23
2. OBJETIVOS	25
2.1 OBJETIVO GENERAL	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3. MARCO REFERENCIAL	26
3.1 GENERALIDADES DE LA CACHAMA BLANCA (<i>Piaractus brachypomus</i>)	26
3.1.1 Alimentación	26
3.1.2 Importancia económica	27
3.1.3 Parámetros físico-químicos del agua en el cultivo de Cachama blanca (<i>P. brachypomus</i>)	27
3.2 BIOFLOC	28
3.2.1 Tipos básicos de sistemas biofloc	28
3.3 INTERACCIÓN DEL CARBONO CON EL BIOFLOC	30
3.3.1 Fuente de carbono	30
3.4 INTERACCIÓN DEL NITRÓGENO CON EL BIOFLOC	31
3.4.1 Proceso realizado por la comunidad microbiana en el agua	32
3.4.2 Producción de amonio	34
3.5 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FORMACIÓN Y CONCENTRACIÓN DEL BIOFLOC	35
3.5.1 Producción de biofloc	35

3.5.2	Captación del biofloc por el pez	36
3.5.3	La Biodegradación del floc	36
3.5.4	Tasa de nitrificación	37
3.6	VARIABLES MEDIOAMBIENTALES Y OPERACIONALES	37
3.7	COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DEL BIOFLOC	39
3.8	BIOFLOC EN ALIMENTACIÓN DE ESPECIES ACUÍCOLAS	39
3.8.1	Tasa de alimentación	40
3.9	VENTAJAS DEL BIOFLOC EN ACUICULTURA	41
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	42
4.1	LOCALIZACIÓN	42
4.2	PERIODO DE ESTUDIO	42
4.3	INSTALACIONES	43
4.4	MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	43
4.4.1	Materiales	43
4.4.2	Equipos	44
4.4.3	Insumos	44
4.5	MATERIAL BIOLÓGICO	44
4.5.1.	Recepción y Aclimatación de animales	45
4.6	PLAN DE MANEJO	45
4.6.1	Adecuación de las instalaciones	45
4.6.2	Transporte y siembra de alevinos	46
4.6.3	Preparación del biofloc	46

4.6.4	Alimentación	49
4.6.5	Muestreo de alevinos	49
4.6.6	Medición de parámetros físicos y químicos	49
4.6.7	Medición de Volumen de Biofloc y sólidos suspendidos	50
4.7	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
4.7.1	Tratamientos	52
4.7.2	Formulación de hipótesis	54
4.7.3	Variables a evaluar	54
5.	RESULTADOS	56
5.1	PRODUCCIÓN DE BIOFLOC	56
5.2	PESO Y TALLA INICIAL	58
5.3	VARIABLES A EVALUAR	59
5.3.1	Tasa de Crecimiento Simple (TCS)	59
5.3.2	Incremento de peso y talla	60
5.3.3	Conversión Alimenticia Aparente (CAA)	61
5.3.4	Supervivencia	61
5.4.	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA	62
5.4.1	Temperatura.	62
5.4.2	Oxígeno disuelto	62
5.4.3	Saturación de Oxígeno	62
5.4.4	Potencial de hidrogeniones pH	63
5.4.5	Amonio – Nitritos – Nitratos	64

5.4.6	Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	67
5.4.7	Análisis parcial de costos	69
6.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	71
6.1.	PRODUCCIÓN DE BIOFLOC	71
6.2	VARIABLES EVALUADAS	72
6.2.1	Tasa de Crecimiento Simple (TCS)	72
6.2.2	Incremento de peso y talla	73
6.2.3	Conversión Alimenticia Aparente (CAA)	77
6.2.4	Supervivencia	78
6.3	PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA	79
6.4	RELACIÓN BENEFICIO-COSTO	84
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
7.1	CONCLUSIONES	86
7.2	RECOMENDACIONES	87
8.	BIBLIOGRAFÍA	88
	ANEXOS	96

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros físico-químicos para el cultivo de Cachama blanca	28
Tabla 2. Composición de la melaza de caña de azúcar	32
Tabla 3. Medición de parámetros físico-químicos	50
Tabla 4. Interacción de factores	53
Tabla 5. Resumen estadístico de peso y longitud inicial de los tratamientos	59
Tabla 6. Resumen estadístico del crecimiento durante el periodo de estudio	59
Tabla 7. Conversión alimenticia aparente por tratamiento	61
Tabla 8. Cálculo de la relación beneficio costo	70
Tabla 9. Parámetros de calidad de agua obtenidos en estudios realizados en Cachama blanca (<i>Piaractus brachypomus</i>)	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estanques y tanques forrados para el cultivo de camarón y tilapia	29
Figura 2. Raceways con efecto invernadero para el cultivo de camarón	30
Figura 3. Localización geográfica de la Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Departamento de Nariño	42
Figura 4. Instalaciones	43
Figura 5. Alevino de Cachama blanca (<i>Piaractus brachypomus</i>)	45
Figura 6. Recepción y Aclimatación de animales	45
Figura 7. Adecuación y desinfección	46
Figura 8. Distribución de alevinos en las unidades experimentales	46
Figura 9. Adición de bacterias nitrificantes	48
Figura 10. Adición de melaza a cada unidad experimental	48
Figura 11. Medición de peso y longitud de alevinos de <i>P. brachypomus</i>	49
Figura 12. Equipos electrométricos	50
Figura 13. Medición de volumen de biofloc y sólidos suspendidos	51
Figura 14. Volumen del biofloc (ml/L) en función del tiempo	57
Figura 15. Microorganismos encontrados en el biofloc	58
Figura 16. Incremento de peso en el periodo de estudio	60
Figura 17. Incremento de talla en el periodo de estudio	60
Figura 18. Supervivencia promedio en el periodo de estudio	61
Figura 19. Temperatura promedio en el periodo de estudio	62

Figura 20. Oxígeno promedio en el periodo de estudio	63
Figura 21. Saturación de Oxígeno promedio en el periodo de estudio	63
Figura 22. pH promedio en el periodo de estudio	64
Figura 23. Comportamiento de pH en el periodo de estudio	64
Figura 24. Comportamiento de Amonio semanal	65
Figura 25. Comportamiento de Nitritos semanal	66
Figura 26. Comportamiento de Nitratos semanal	67
Figura 27. Comportamiento de la DQO por tratamiento	68
Figura 28. Comportamiento de la DBO ₅ semanal por tratamiento	69
Figura 29. Comportamiento del incremento de peso promedio semanal	75
Figura 30. Comportamiento del incremento de talla promedio semanal	76
Figura 31. Ciclo diurno en la ecología de un estanque	80
Figura 32. Comportamiento de oxígeno promedio semanal	81

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Cantidad de Carbono orgánico de la melaza	97
Anexo B. Cantidad de melaza (g)	98
Anexo C. Registro semanal de alimentación de alevinos de cachama blanca (g) por tratamiento.	99
Anexo D. Verificación de supuestos estadísticos	100
Anexo E. Registros de Volumen del biofloc (ml/L)	101
Anexo F. Registro de sólidos suspendidos (mg/L)	102
Anexo G. Análisis de varianza para Volumen del biofloc y sólidos suspendidos	103
Anexo H. Registro de los valores de Peso (g) y Longitud (cm)	104
Anexo I. Análisis de Varianza peso y longitud inicial	136
Anexo J. Análisis de varianza Tasa de Crecimiento Simple (TCS)	137
Anexo K. Prueba de Duncan Tasa de Crecimiento Simple (TCS)	138
Anexo L. Supervivencia prueba de Brand-Snedecor	140
Anexo M. Registro de Temperatura (°C) promedio semanal	141
Anexo N. Registro de Oxígeno promedio (mg/L) semanal	143
Anexo O. Análisis de varianza Oxígeno Disuelto	145
Anexo P. Prueba de Tukey HSD Oxígeno Disuelto	146
Anexo Q. Registro de Saturación de Oxígeno (%) promedio	152
Anexo R. Registro de pH promedio semanal	154
Anexo S. Registro de Nitritos, Nitratos y Amonio (mg/L)	156

Anexo T. Análisis de Varianza Nitritos, Nitratos y Amonio	159
Anexo U. Registro de DQO Y DBO ₅ (mg/L)	160
Anexo V. Análisis de varianza para DQO y DBO ₅	161
Anexo W. Costos parciales de producción por tratamiento	162

GLOSARIO

Aeróbicos (condiciones): procesos que tienen lugar en presencia de oxígeno.

Anaeróbicos (condiciones): procesos que tienen lugar en presencia de compuestos diferentes al Oxígeno (por ejemplo sulfuros).

Autótrofos: productores primarios en la cadena alimentaria, como las plantas en tierra o algas en el agua. Las bacterias que derivan la energía de la oxidación de compuestos inorgánicos tales como amoníaco, sulfuro de hidrógeno o de hierro.

C/N: relación carbono nitrógeno.

Conversión Alimenticia Aparente: es la cantidad de alimento que se utiliza para producir un kilo de carne de pescado cuando existe aporte del alimento natural, producido por abono o fertilizante.

Desnitrificación: es un proceso metabólico que usa el nitrato en condiciones anaeróbicas principalmente. El proceso de reducción de nitratos hasta nitrógeno ocurre en etapas sucesivas, catalizadas por sistemas enzimáticos diferentes, apareciendo como productos intermedios nitritos, óxido nítrico y óxido nitroso.

Heterótrofos: organismos que requieren de sustratos oxidables orgánicos o inorgánicos para obtener energía y carbono para su crecimiento y desarrollo producidos en el exterior. La desnitrificación puede llevarse a cabo tanto por bacterias heterótrofas como autótrofas.

Melaza: producto líquido y espeso derivado de la caña de azúcar, y en menor medida de la remolacha azucarera. Nutricionalmente presenta un altísimo contenido en hidratos de carbono además de vitaminas del grupo B y abundantes minerales, entre los que destacan el hierro, cobre y magnesio. Su contenido de agua es bajo.

Nitrificación: un proceso de dos pasos en el que el amoníaco se oxida biológicamente en nitrito y después a nitrato con oxígeno como aceptor terminal de electrones.

RESUMEN

Esta investigación evaluó el efecto del biofloc y una dieta comercial del 35% de proteína sobre el crecimiento de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en condiciones de laboratorio, durante un periodo de 45 días en los Laboratorios del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño.

Se utilizaron 480 animales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), con un peso promedio $0,36 \pm 0,08$ g, y longitud promedio $3,05 \pm 0,27$ cm con una edad aproximada de 7 días, provenientes de la piscícola CORPOAMAZONIA ubicada en el municipio de Villagarzón en el Departamento del Putumayo. Se evaluaron 16 tratamientos con diferentes relaciones C:N (Factor 1) con cuatro niveles (0:1, 5:1, 10:1 y 15:1), alimentados con balanceado comercial (Factor 2) al 10% de la biomasa según la fase, con cuatro niveles (100%, 80%, 60% y sin alimento). De la combinación de los dos factores se obtuvo los 16 tratamientos, que se listan a continuación, cada unidad experimental fue conformada por 30 alevinos en un acuario de 56 L; cada animal constituyó una unidad observacional.

T1 (R1A1)= Relación carbono nitrógeno 0:1 y alimento comercial 100%

T2 (R2A1)= Relación carbono nitrógeno 5:1 y alimento comercial 100%

T3 (R3A1)= Relación carbono nitrógeno 10:1 y alimento comercial 100%

T4 (R4A1)= Relación carbono nitrógeno 15:1 y alimento comercial 100%

T5 (R1A2)= Relación carbono nitrógeno 0:1 y alimento comercial 80%

T6 (R2A2)= Relación carbono nitrógeno 5:1 y alimento comercial 80%

T7 (R3A2)= Relación carbono nitrógeno 10:1 y alimento comercial 80%

T8 (R4A2)= Relación carbono nitrógeno 15:1 y alimento comercial 80%

T9 (R1A3)= Relación carbono nitrógeno 0:1 y alimento comercial 60%

T10 (R2A3)= Relación carbono nitrógeno 5:1 y alimento comercial 60%

T11 (R3A3)= Relación carbono nitrógeno 10:1 y alimento comercial 60%

T12 (R4A3)= Relación carbono nitrógeno 15:1 y alimento comercial 60%

T13 (R1A4)= Relación carbono nitrógeno 0:1 y sin alimento comercial.

T14 (R2A4)= Relación carbono nitrógeno 5:1 y sin alimento comercial.

T15 (R3A4)= Relación carbono nitrógeno 10:1 y sin alimento comercial.

T16 (R4A4)= Relación carbono nitrógeno 15:1 y sin alimento comercial.

Se midieron las variables incremento de peso y talla semanal, conversión alimenticia aparente, tasa de crecimiento simple, supervivencia y análisis parcial de costos en cada uno de los tratamientos. Además se midió los parámetros físico-químicos del agua como oxígeno disuelto (mg/L), saturación de oxígeno,

temperatura (°C), pH, amonio (mg/L), nitratos (mg/L), nitritos (mg/L), DBO₅ (mg/L), DQO (mg/L), volumen de biofloc (ml/L/hora) y sólidos suspendidos (mg/L).

La tasa de crecimiento simple presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, según la prueba Duncan, aquellos que recibieron alimento tienen una media superior con diferencias significativas ($p < 0,05$) respecto a los que no recibieron alimento comercial, independientemente del nivel de biofloc. De igual manera, las diferencias fueron significativas ($p < 0,05$) entre los niveles del Factor 2; en donde, la prueba de Duncan, al 95% de confiabilidad, reporta diferencias entre el Nivel 4 (sin alimento comercial) y los otros tres niveles (con alimentación), los cuales no muestran diferencias significativas ($p > 0,05$) entre sí.

Los parámetros físico químicos como pH, nitritos, nitratos, amonio, DBO₅, DQO, volumen de biofloc y sólidos suspendidos no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos, al igual que entre los niveles del Factor 1 y del Factor 2. La temperatura se mantuvo dentro de los rangos adecuados para la producción de cachama blanca registrándose valores de 29,6°C y 30,7°C.

El oxígeno disuelto, según el análisis de varianza, mostró diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$), registrando valores que oscilan entre 5,49 mg/L y 4,74 mg/L. Esto probablemente debido a la alta densidad del plancton haciendo que la fluctuación del oxígeno disuelto sea mayor en el día que en la noche.

La supervivencia según la prueba de Brand-Snedecor presentó diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$), entre los tratamientos alimentados con biofloc más balanceado al 35% de proteína y aquellos alimentados con biofloc registrando valores máximos y mínimos de 97% y 37% respectivamente.

Los resultados obtenidos en el análisis parcial de costos reportaron un mejor índice de beneficio-costos en la producción de alevinos de Cachama blanca en tratamientos alimentados con sistema de biofloc más balanceado al 35% de proteína en comparación con tratamientos sin alimento. Desde el punto de vista económico, la utilización de hidratos de carbono en sistemas de biofloc en la dieta para alevinos presentó el menor costo de producción, siendo una alternativa viable que puede ser utilizada en las explotaciones piscícolas y de igual forma como tratamientos para efluentes de cualquier sistema de producción de acuicultura.

ABSTRACT

This research evaluated the effect of biofloc and a commercial diet of 35% protein on growth of fingerlings of cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) under laboratory conditions for a period of 45 days in the laboratories of the Department of Hydrobiological Resources University of Nariño.

480 fingerlings were used, an average weight of $0,36\pm 0,08$ g and mean total length of $3,05\pm 0,27$ cm, approximately seven-day old, from the fish CORPOAMAZONIA, located on the municipality of Villagarzón in Putumayo. 16 treatments with different ratios (Factor 1) were evaluated C:N, with four levels (0:1, 5:1, 10:1 and 15:1), commercial feed 10% of the biomass (Factor 2) according to the phase, with four levels (100%, 80%, 60% and without feed). The experimental unit was made up of 30 fingerlings in an aquarium of 56 L; each animal was an observational unit, a combination of the two factors the 16 treatments, which are listed below was obtained:

T1 (R1A1) =Carbon nitrogen relationship 0:1 and commercial food 100%
T2 (R2A1) =Carbon nitrogen relationship 5:1 and commercial food 100%
T3 (R3A1) =Carbon nitrogen relationship 10:1 and commercial food 100%
T4 (R4A1) =Carbon nitrogen relationship 15:1 and commercial food 100%

T5 (R1A2) =Carbon nitrogen relationship 0:1 and commercial food 80%
T6 (R2A2) =Carbon nitrogen relationship 5:1 and commercial food 80%
T7 (R3A2) =Carbon nitrogen relationship 10:1 and commercial food 80%
T8 (R4A2) =Carbon nitrogen relationship 15:1 and commercial food 80%

T9 (R1A3) =Carbon nitrogen relationship 0:1 and commercial food 60%
T10 (R2A3) =Carbon nitrogen relationship 5:1 and commercial food 60%
T11 (R3A3) =Carbon nitrogen relationship 10:1 and commercial food 60%
T12 (R4A2) =Carbon nitrogen relationship 15:1 and commercial food 60%

T13 (R1A4) =Carbon nitrogen relationship 0:1 without commercial food
T14 (R2A4) =Carbon nitrogen relationship 5:1 without commercial food
T15 (R3A4) =Carbon nitrogen relationship 10:1 without commercial food
T16 (R4A4) =Carbon nitrogen relationship 15:1 without commercial food

The following variables were measured, weight gain, increase in length, simple growth rate, apparent feed conversion, survival and analysis of benefit - cost ratio, in each of the treatments. It also measured the physical-chemical parameters of water such as dissolved oxygen (mg/L), oxygen saturation (%), temperature (°C), pH, ammonium (mg/L), nitrate (mg/L), nitrite (mg/L), BOD₅ (mg/L), COD (mg/L), biofloc system volume (ml/L/time) and suspended solids (mg/L).

The simple growth rate showed significant differences ($p < 0,05$) between treatments according to Duncan test at 95% confidence, those receiving feed have an average higher with significant differences ($p < 0,05$) than those who did not receive commercial feed, regardless of the level of biofloc. Similarly, the differences were significant ($p < 0,05$) between the levels of Factor 2, wherein the Duncan test at 95% confidence, reported differences between Level 4 (no commercial feed) and the other three levels (with commercial feed), which show no significant differences ($p > 0,05$) from each other.

The physicochemical parameters such as pH, nitrite, nitrate, ammonia, BOD₅, COD, biofloc volume and suspended solids showed no statistically significant differences ($p > 0,05$) between treatments, as well as levels of Factor 1 and Factor 2. The temperature was maintained within acceptable ranges for the production of cachama blanca recorded values of 29,6 ° C and 30,7 ° C.

Dissolved oxygen, according to analysis of variance showed statistically significant differences ($p > 0,05$), recording values ranging from 5,49 mg/L and 4,74 mg/L. This is probably due to the high density of plankton causing the fluctuation of dissolved oxygen is greater in the day than at night.

Survival by Brand-Snedecor test showed statistically significant differences ($p < 0,05$) between treatments fed biofloc plus balanced 35% protein and those fed biofloc recording maximum and minimum values of 97% and 37% respectively.

The results obtained in the partial cost analysis reported a better cost-benefit ratio in the production of cachama blanca fingerlings fed treatments biofloc system more balanced 35% protein compared to treatments without feed. From the economic point of view, the use of carbohydrates in biofloc systems in the diet for fingerlings had the lowest cost of production as a viable alternative that can be used in fish farms and in the same way as for effluent treatment any aquaculture production system.

1. INTRODUCCIÓN

“La acuicultura es una actividad productiva orientada a la producción de alimento de origen acuático”¹. En Colombia la producción anual supera levemente las 60 mil toneladas debido a las condiciones geográficas que posee destacándose una vasta red fluvial, diversidad de especies, variedad de climas y costas que bordean los océanos Pacífico y Atlántico. Dentro de la producción nacional de especies que son cultivadas en aguas cálidas están la Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), la tilapia roja (*Oreochromis* sp), el bocachico (*Prochilodus nigricans*) y el sábalo (*Brycon hilarii*).

El Acuerdo Nacional Piscícola² menciona que las principales especies de aguas cálidas son la tilapia y la cachama con una participación conjunta durante los últimos 12 años del 96,3% del total de la piscicultura, y del 65,3% de la producción acuícola. En particular, la producción de tilapia ha participado con el 49% de la actividad piscícola, mientras la cachama ha constituido el 31%. El 20% restante se ha destinado a otras especies como el bocachico, carpa, yamú etc., las cuales se producen como acompañantes de la producción.

Gonzales y Heredia³ 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, rápido crecimiento, con excelentes conversiones alimenticias y gran demanda en el mercado. Sin embargo se han observado algunos factores que afectan la producción: altos costos de alimentación pues no hay la posibilidad de sustituir, al menos parcialmente, el alimento balanceado por nutrientes locales como se hace en muchos cultivos con otras especies; lo que debería originar investigación con nuevas alternativas de alimentación, mayores densidades de siembra y sistemas de cultivo más productivos con menor impacto ambiental.

El consumo de alimentos en acuicultura y la creciente demanda de protección del medio ambiente han impulsado implementar cultivos en sistemas cerrados o

¹ GARCÍA, J. *et al.* Evaluación del policultivo de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*) utilizando superficies fijadoras de perifiton. *En:* Revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia. Octubre, 2011. vol 58, no. 2. [citado 31 julio., 2013] Disponible en internet: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/25398/27485>.

² ACUERDO NACIONAL PISCÍCOLA. Colombia. [citado 1 agosto., 2013] Disponible en internet: http://www.huila.gov.co/documentos/A/Acuerdo_Nacional_Piscicola.pdf. p. 5.

³ GONZALES, J. y HEREDIA, B. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*). *En:* Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Guarico. p. 134

sistemas con tecnología biofloc. Para Avnimelech⁴, estos sistemas se caracterizan por reciclar efluentes ricos en comunidad bacteriana dentro de producciones con cero recambios de agua, permitiendo eficiencia en la cadena alimenticia, bienestar de los organismos controlando la calidad de agua, para una población en crecimiento.

Por lo anterior la presente investigación se planteó evaluar el efecto del biofloc y una dieta comercial del 35% de proteína sobre el crecimiento de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) en condiciones de laboratorio.

⁴ AVNIMELECH, Yoram. Overview of Aquaculture Systems. En: Biofloc technology – A practical guide book. Louisiana (E.U): THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY, 2009. p. 9-20.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del biofloc y una dieta comercial del 35% de proteína sobre el crecimiento de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) en condiciones de laboratorio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular el incremento de peso y talla en los tratamientos
- Calcular la Conversión Alimenticia Aparente
- Calcular la Tasa de Crecimiento Simple
- Determinar la supervivencia en cada uno de los tratamientos
- Analizar los parámetros físico químicos del agua
- Realizar un análisis parcial de costos para cada tratamiento

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. GENERALIDADES DE LA CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*; Cuvier 1818).

Díaz y López⁵, indican que la cachama blanca, es un pez con gran importancia económica dentro de la actividad pesquera en Colombia por presentar facilidad de manejo en estanques en monocultivo o policultivo; mostrando rápido crecimiento, buena conversión alimenticia de 1,5:1,0, adaptándose a diferentes clases de dietas y despertando un gran interés por el cultivo de esta especie que llega a su madurez sexual en estanques después del segundo o tercer año con un peso de 2,5 a 3 kg, las hembras pueden colocar en promedio 150.000 huevos por kilogramo de peso vivo.

Landines y Mojica⁶, describen la clasificación taxonómica de la siguiente manera:

Orden:	Characiformes
Familia:	Characidae
Subfamilia:	Serrasalminae
Género:	<i>Piaractus</i>
Especie:	<i>brachypomus</i>
Nombre científico	<i>Piaractus brachypomus</i>
Nombre Común	Cachama blanca

3.1.1 Alimentación. Landines y Mojica⁷, sostienen, que la cachama blanca es un pez omnívoro principalmente se alimenta de frutos y semillas, presenta capacidad de filtración de plancton para complementar su dieta. Erazo y Valles⁸, mencionan, que *P. brachypomus* en sus primeros estadios de vida es plantofága y se va adaptando al consumo de alimento concentrado a porcentajes del 9% al 7%.

⁵ DÍAZ, F.J. Y LÓPEZ, R.A. El cultivo de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) y la Cachama Negra (*Colossoma macropomum*). Marzo, 1993. p. 254.

⁶ LANDINEZ, Miguel y MOJICA, Hermes. Manejo y reproducción de Carácidos. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2005. p.2. Disponible en internet, URL <http://www.arcoiris.org.ec/uploads/File/pdf/PSUR/Manejo.pdf>

⁷ Ibid, p. 20.

⁸ ERAZO, Silvia y VALLES, Cristina. Determinación de condiciones de crecimiento para el manejo de cachama (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado Ingeniero en Recursos Naturales). Ibarra-Ecuador; Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. 2007. 26p. [citado el 17 junio, 2012] Disponible en internet: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/116>

Según Vicuña⁹, en la etapa de alevinaje se debe suministrar al 10% de la biomasa; el alimento debe contener de 28-32% de proteína alcanzando en esta etapa una sobrevivencia de 95% con las condiciones favorables para cada especie.

3.1.2. Importancia económica. La producción de cachama blanca según las estadísticas del año 2009 de la FAO¹⁰, indican que en el 2008 Colombia tuvo una producción de 2200 ton que representan el 96% de la producción mundial. Igualmente Perú y Bolivia reportan 71 y 30 ton respectivamente. Para el año 2000 nuestro país reportó la máxima producción en la historia con cerca de 15.000 ton.

Además la FAO menciona las principales zonas de producción en departamentos de Santander, Córdoba, Tolima, Caquetá, Antioquia y Valle concentrándose en la región de la Orinoquía, en especial, el departamento del Meta que participa con el 14,5% (1.140 Ton.) de la producción nacional, constituyéndose en el principal productor de la región.

3.1.3. Parámetros físico-químicos del agua en el cultivo de Cachama blanca (*P. brachypomus*). Según Casas¹¹, los parámetros de calidad de agua y rangos óptimos de cultivo para esta especie son: (Tabla 1)

⁹ 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 América. 2010. p. 94.

¹⁰ FAO, ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA. Estadísticas de la pesca y Acuicultura en Colombia. 2009 [citado el 28 mayo, 2012]. Disponible en internet: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es.

¹¹ 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. 15 p.

Tabla 1. Parámetros físico-químicos para el cultivo de Cachama blanca.

Parámetros	Unidades	Rango óptimo
Temperatura	°C	25-30
Oxígeno disuelto	mg/L	> 4
Amonio no ionizado	mg/L	0,1 – 0,3
Amonio ionizado NH ₄ ⁺	mg/L	< 1
pH	Unid.	6,4 – 9
Alcalinidad	mg/L	50 – 200
Nitratos	mg/L	< 200
Nitritos	mg/L	< 1

Fuente: CASAS, David 2008

3.2 BIOFLOC

Según Nootong y Pavasant¹², esta tecnología hoy en día es utilizada en sistemas de recirculación de camarón y tilapia, cuenta con alto rendimiento de producción, control de calidad del agua y alimentación con proteína reciclada simultáneamente en la misma unidad de cultivo; en estos sistemas el control del nitrógeno inorgánico se basa en una mejora del crecimiento de bacterias heterotróficas para asimilar el nitrógeno en nuevas proteínas celulares capaces de recuperar nutrientes.

3.2.1 Tipos básicos de sistemas biofloc. Según Hargreaves¹³, existen dos tipos básicos, aquellos que se exponen a la luz natural y aquellos que no. Sistemas de biofloc expuestos a la luz natural incluyen, estanques o tanques para el cultivo de camarones y tilapia al aire libre además cultivos de camarón en invernaderos. Sin embargo, algunos sistemas de biofloc en tanques se han instalado en edificios cerrados, sin exposición a la luz natural. Estos sistemas funcionan como sistemas de biofloc "agua-marrón", donde únicamente los procesos bacterianos controlan la calidad del agua.

El mismo autor menciona que el desarrollo de sistemas de biofloc surgió por la necesidad de bioseguridad, en especial por el control del virus de mancha blanca,

¹² NOOTONG, K. and PAVASANT, P. Effects of Organic Carbon Addition in Controlling Inorganic Nitrogen Concentrations in a Biofloc System. En:Journal of the World Aquaculture society. June, 2011. vol. 42, no. 3. p. 339-346.

¹³ HARGREAVES, John A. Biofloc Production Systems for Aquaculture. En: SRAC. Abril, 2013 no. 4503, p.8-10. [citado 25 junio, 2013]. Disponible en internet: <<https://srac.tamu.edu/index.cfm/event/getFactSheet/whichfactsheet/259/>>.

implementando estanques forrados para el cultivo de camarón. El enfoque básico de estos sistemas es utilizar estanques pequeños (0,5 - 1,5 ha) que están recubiertos con plástico (por lo general 30 a 40 milésimas de pulgada de polietileno de alta densidad HDPE) y se airean intensamente (28 a 32 hp/ha) para mantener los flóculos en suspensión. La concentración del biofloc de 15 mL/L (como sólidos sedimentables), se mantiene mediante la adición de pellets 18% proteína y melazas con una relación C:N superior de 15:1. Casi 50 toneladas/ha se producen en estanques intensivos utilizando sistemas con flóculos microbianos en comparación con cultivos semi-intensivos convencionales que escasamente llegan de 4 a 8 toneladas/ha. Para tilapia este sistema consiste en tanques forrados para levante, construidos en paredes de concreto y revestidos en plástico de 30 milésimas (HDPE). Los sólidos sedimentables llegan a una concentración de 25 a 50 mL /L. La eficiencia del uso del agua es muy alta, aproximadamente 100 L/kg. Se realiza renovación de agua por pérdidas por evaporación aproximadamente de 0,2 a 0,4% del volumen del tanque (Figura 1).

Figura 1. Estanques y tanques forrados para el cultivo de camarón y tilapia



Fuente: Tzachi M.

Igualmente Hargreaves¹⁴, menciona otro tipo de cultivo para camarón en Raceways con efecto invernadero, estos pueden estar situados en zonas de clima templado si se proporciona temperatura adicional obteniendo rendimientos de 3 a 7 kg/m². El movimiento del agua se suministra por bombas que inyectan agua a través de boquillas diseñadas para proporcionar aireación y mantener el biofloc en suspensión. El oxígeno puede ser inyectado por un corto tiempo después de la alimentación o de forma continua, según sea necesario logrando producciones de 10 kg/m² (Figura 2).

¹⁴ Ibid., p. 9

Figura 2. Raceways con efecto invernadero para el cultivo de camarón



Fuente: Tzachi M.

3.3 INTERACCIÓN DEL CARBONO CON EL BIOFLOC.

La principal fuente de carbono es el dióxido de carbono que se incorpora en la materia viva y por medio de la fotosíntesis se convierte en compuestos orgánicos que posteriormente son consumidos por otros organismos, es un elemento crucial para la existencia de los organismos vivos y en su forma natural se encuentra ampliamente distribuido logrando participar en varias aplicaciones industriales importantes.

Avnimelech¹⁵, sostiene que el carbono puede ser suministrado como fuente adicional (glucosa, acetato y glicerol) o cambiando la composición de piensos, aumentando el contenido. 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 en relación con el tipo y la cantidad de polímeros de almacenamiento.

3.3.1 Fuente de carbono. Reyes, 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 15:1 las bacterias tomarán el amonio del agua

¹⁵ AVNIMELECH, Yoram. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. En: Aquaculture. Febrero, 1999. vol. 176, no. 3-4. p. 227-235.

y crearán una proteína microbiana”¹⁶. El uso de acetato de sodio como fuente de carbono orgánico incrementa los costos; razón por la cual se está explorando actualmente el uso de otros productos como la melaza de caña de azúcar, melaza de remolacha y harina de yuca como sustitutos con resultados similares a un menor precio.

Para Fajardo y Sarmiento la melaza se define “como líquido que se obtiene de los residuos de la cristalización final de la azúcar a partir del jugo de la caña de azúcar de los cuales no se puede obtener más azúcar por métodos físicos y a pesar de tener bajo contenido de fósforo, forma un excelente medio de cultivo nutritivo para muchos organismos como levaduras, hongos y bacterias”¹⁷.

Los mismos autores, describen la melaza como una mezcla muy compleja, heterogénea y que puede variar considerablemente dependiendo de la variedad de caña de azúcar, suelo, clima, periodo de cultivo, eficiencia en el proceso de fabricación, sistema de ebullición del azúcar, tipo de infraestructura y equipos del procesamiento de la misma, en general se caracteriza por tener sólidos disueltos de 68%-75% y un pH de 5,0–6,1 con carbono de un 38,8% (Tabla 2) además contiene sacarosa, glucosa y compuestos como fructosa y rafinosas que pueden ser fermentables, pero también sustancias no fermentables como caramelos libres de nitrógeno y aminoácidos compuestos.

3.4 INTERACCIÓN DEL NITRÓGENO CON EL BIOFLOC

El nitrógeno es un elemento gaseoso no tóxico, incoloro, inodoro e insípido que compone la mayor parte de la atmósfera terrestre. En el proceso cíclico natural el nitrógeno se incorpora al suelo o al agua y pasa a formar parte de los organismos vivos antes de regresar a la atmósfera. Es una parte esencial de los aminoácidos y dentro de la producción de biofloc el nitrógeno debe provenir de un sustrato orgánico (aminoácidos, péptidos y proteínas).

Tabla 2. Composición de la melaza de caña de azúcar.

COMPONENTES	CONTENIDO (p/p)
-------------	-----------------

¹⁶ REYES, Manuel. Aplicación de tecnología Bioflocs en cultivo de tilapia. [en línea] Revista industria acuícola. Junio, 2006. vol 6,no. 4.[citado 16 junio., 2012] Disponible en internet: <http://issuu.com/industriaacuicola/docs/industria-acuicola-bol.-6.6>.

¹⁷ FAJARDO, Erika y SARMIENTO Sandra. Evaluación de la melaza de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Trabajo de grado. Microbiología industrial. Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias, 2007. 23p.

Materia seca	78 %
Proteínas	3 %
Sacarosa	60 – 63 %
Azúcares reductores	3 – 5 %
Agua	16 %
Grasas	0,40%
Cenizas	9%
Calcio	0,74 %
Magnesio	0,35 %
Fósforo	0,08 %
Potasio	3,67 %
Glisina	0,10 %
Leusina	0,01 %
Treonina	0,06 %
Valina	0,02 %
Riboflavina	4,40 %
Tiamina	0,88 %

Fuente. Fajardo y Sarmiento

3.4.1 Proceso realizado por la comunidad microbiana en el agua. Según Poleo, *et al*¹⁸, las bacterias heterotróficas se encargan de captar los complejos nitrogenados liberados por los peces y utilizarlos en su crecimiento, eliminando la toxicidad del agua por amonio y nitritos.

Ladino y Rodríguez, afirman que “el crecimiento bacteriano está asociado a la relación C:N que existe en el medio, en condiciones óptimas debe encontrarse en un rango que varía de 15:1-20:1. Dentro de los sistemas de producción intensivos los peces excretan tal cantidad de nitrógeno equivalente a la relación 3:1. En estas condiciones, la escasez de carbono orgánico asimilable impide la incorporación del nitrógeno circulante por parte de las bacterias”¹⁹. Una vez obtenida la relación óptima o requerida, se añade la fuente de carbono y compuestos de nitrógeno se combinan con él para producir flóculos que forman una masa flotante llamada biofloc (sistemas dominados por bacterias). Los mismos autores sostienen que las bacterias a partir de sus procesos metabólicos son capaces de utilizar el nitrógeno inorgánico circulante reduciendo su cantidad en la columna de agua y en el sedimento de los cultivos reciclando la materia orgánica acumulada.

¹⁸ POLEO, Germán; *et al*. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y dos sistemas cerrados. *En:* Pesq. agropec. bras., Brasília. Abril, 2011. vol.46, no. 4. [citado el 16 de junio., 2012] Disponible en internet: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n4/13.pdf>.

¹⁹ LADINO G y RODRIGUEZ J. Efecto de *Lactobacillus casei*, *saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomona palustris* (microorganismos eficientes) y melaza en la ganancia de peso de tilapia *Oreochromis sp* en condiciones de laboratorio. [en línea], Orinoquia. Vol. 13, Núm. 1. p. 33 Meta, Colombia. 2009 [citado 16 junio., 2012] Disponible en internet: <http://redalyc.uaemex.mx/scr/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=89612776006>.

La conversión del nitrógeno se realiza por tres vías: Sistemas basados en algas (Foto-autótrofas), bacterias autótrofas y bacterias heterótrofas.

- **Sistemas basados en algas (Foto-autótrofas).** Según Ebeling et al²⁰, los estanques de la acuicultura convencional se basan en el uso de la biosíntesis de algas para la eliminación de la mayoría de nitrógeno inorgánico. La principal desventaja de estos sistemas son las amplias variaciones diurnas de oxígeno disuelto, pH, amoníaco-nitrógeno, los cambios a largo plazo en densidad de algas y mortandad frecuente.

Boyd y Tucker citados por Avnimelech²¹, 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 microorganismos y se ven afectados por las comunidades microbianas presentes en este. La comunidad microbiana que interactúa en el cultivo con el pez está compuesta por diferentes clases de algas y bacterias que se encuentran suspendidas en el agua.

- **Bacterias autótrofas nitrificantes.** Hagopian y Riley²², afirman que hay dos grupos filogenéticamente diferentes de bacterias que realizan colectivamente nitrificación. Estos dos grupos de bacterias son generalmente clasificados como: bacterias autótrofas quimiosintéticas porque derivan su energía a partir de compuestos inorgánicos en contraposición a las bacterias heterótrofas que obtienen energía a partir de compuestos orgánicos como las Bacterias Oxidantes de Amoníaco (BOA) que obtienen su energía catabolizando amoníaco no ionizado a nitrito e incluyen bacterias de los géneros *Nitrosomonas Nitrosococcus*, *Nitrosospira*, *Nitrosolobus* y *Nitrosovibrio*.

Las Bacterias Oxidantes de Nitrito (BON) oxidan el nitrito en nitrato, e incluyen bacterias del género *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira* y *Nitrospina*. Las bacterias nitrificantes son principalmente autótrofos obligados, que consumen dióxido de carbono como fuente primaria de carbono y aerobios obligados, que requieren oxígeno para crecer.

²⁰ EBELING, James; *et al.* Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. En: Aquaculture. March, 2006. vol 257. 346–358. p. 348

²¹ AVNIMELECH, Yoram. Overview of Aquaculture Systems. En: Biofloc technology – A practical guide book. Op. cit., p. 23 - 24

²² HAGOPIAN, D.S y RILEY, J.G.A closer look at the bacteriology of nitrification. En: Aquacultural Engineering. Octubre, 1998. vol. 18, no. 4 p. 223–244

• **Bacterias heterotróficas.** Según Hargreaves²³, la palabra heterótrofos describe un grupo de bacterias que, por definición, obtiene carbono de materia orgánica. A pesar de las grandes entradas de alimentación a los sistemas intensivos, el crecimiento de bacterias en sistemas de biofloc es limitado por el carbono orgánico disuelto. Para estimular la producción de bacterias heterótrofas, se adiciona una fuente suplementaria de hidratos de carbono o se reduce el nivel de proteína de la alimentación creando una demanda de nitrógeno (como amoníaco) como resultado de la relación C:N, asimismo se controla la concentración de amoníaco. Al igual que las algas, el amoníaco se inmoviliza, mientras es almacenado en las células de las bacterias heterótrofas como proteína. Debido a que la tasa de crecimiento de las bacterias heterótrofas es mucho mayor que la de las bacterias nitrificantes, controlan el amoníaco con rapidez, generalmente dentro de horas o días, si hay una cantidad suficiente de carbono orgánico simple que se añade (azúcar o almidón). Al igual que el nitrógeno asimilado por las algas, la proteína microbiana de bacterias heterótrofas que contienen los flóculos puede servir como una fuente de nutrición suplementaria para peces y camarones.

Ebeling *et al*²⁴, afirma que 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.

3.4.2 Producción de amonio. Para Anthonisen, *et al*²⁵, la producción de amonio se obtiene como producto final principal del metabolismo de proteínas y se excreta como amonio no-ionizado a través de las branquias de los organismos acuáticos. En el agua, el amoníaco existe en dos formas: amonio no ionizado NH_3 y amonio ionizado NH_4^+ la concentración de estos depende del pH, la temperatura y la salinidad.

Según Timmons, *et al*²⁶ la suma de los dos ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$) es generalmente referida como Nitrógeno Amoniacal Total (NAT). En la química acuática los principales compuestos inorgánicos de nitrógeno son: NH_4^+ -N (amoníaco ionizado-nitrógeno), NH_3 -N (amoníaco no ionizado -nitrógeno), NO_2 - N (nitrito -nitrógeno), y NO_3 - N (nitrato- nitrógeno) permitiendo un fácil cálculo del Nitrógeno Amoniacal Total ($\text{NAT} = \text{NH}_4^+$ -N + NH_3 -N) y un balance de masa entre las diferentes etapas de nitrificación que se basan en la tasa de alimentación de peces como se observa en la siguiente ecuación:

²³ HARGREAVES, Jhon . Biofloc Production Systems for Aquaculture. Op. cit., p. 5

²⁴ EBELING, James; *et al.* Op. cit., p 347

²⁵ ANTHONISEN, A.C.; *et al.* Inhibition of nitrification of ammonia and nitrous acid. *En:* Journal (Water Pollution Control Federation). Mayo, 1976. vol 48.no. 5, p. 835–852.

²⁶ TIMMONS, Michael; *et al.* Sistemas de Recirculación para la Acuicultura. Edición en español. Santiago, Chile. Fundación Chile. 2002, p 99.

$$P_{\text{NAT}} = F * PC * 0,092$$

3.5 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA FORMACIÓN Y CONCENTRACIÓN DEL BIOFLOC

El cambio de la concentración del biofloc con el tiempo depende de la producción, la captación por los peces, la biodegradación y la tasa de nitrificación.

3.5.1 Producción de biofloc. Avnimelech²⁷, menciona que este factor depende del suministro de alimento, componentes del alimento no utilizado por el pez, suministro de sustratos orgánicos, actividad algal y bacteriana.

El mismo autor sostiene que al suministrar alimento balanceado una parte es consumida, puede utilizarse y acumularse en el pez o ser excretada y servir como sustrato para la producción de más biofloc. Según Benavides y López²⁸, la cantidad de proteína del alimento, retenida en los sistemas de biofloc 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 flóculos microbianos son capturados nuevamente.

Por su parte Azim y Little²⁹, afirman que el valor nutricional de biofloc para peces depende de varios factores: como la capacidad de ingerir y digerir al igual que la densidad de partículas en suspensión.

Según Schneider *et al*³⁰, el suministro de sustratos orgánicos se logra mediante la contribución de carbono que puede ocurrir de varias maneras especialmente empleando melaza como promotor de crecimiento bacteriano. Asimismo Crab *et*

²⁷ AVNIMELECH, Yoram. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Op cit., p. 140-147.

²⁸ BENAVIDES, Alfredo y LOPEZ Wilmer. Evaluación del efecto del biofloc en la producción de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) en condiciones de laboratorio. Trabajo de grado IPA. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. 2012. 33p

²⁹ 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*). En: Aquaculture. Octubre, 2008. vol. 283. 29–35. p.7.

³⁰ SCHNEIDER, O; CIFRADO, V; EDING, EH; VERRETH, J. melaza como fuente C para producción de bacterias heterótrofas en los desechos de pescado sólido. En: Acuicultura, Junio, 2006.vol.261. p. 1239-1248.

al³¹, señalan que la melaza de caña de azúcar se utiliza comúnmente para este propósito, permitiendo el equilibrio en la relación C: N, que facilita la inmovilización de nitrógeno presente en el medio de cultivo.

Cole citado por Azim y Little³² mencionan que las algas y bacterias tienen una gama de efectos estimulantes o inhibidores sobre otras especies que resultan de la dinámica del agua en un cultivo acuícola. Las algas proporcionan oxígeno para la descomposición y sus restos son una fuente importante de sustrato orgánico para el crecimiento bacteriano, las bacterias regeneran nutrientes inorgánicos y vitaminas que estimulan la productividad de las algas; ambos grupos producen sustancias que son antagónicas al crecimiento del uno al otro.

3.5.2 Captación del biofloc por el pez. Avnimelech³³, menciona que este proceso depende probablemente de la especie, los hábitos alimenticios, el tamaño del pez, tamaño del floc. Es posible que la captación del biofloc también dependa de la tasa de alimentación.

Hagreaves³⁴, sostiene que los sistemas de biofloc funcionan mejor con especies que son capaces de obtener algún beneficio nutricional directo del consumo del floc y son adecuados para especies que puedan tolerar alta concentración de sólidos en el agua asimismo la distribución del tamaño de los flóculos dependerá principalmente de las especies de cultivo. Los peces adultos podrán alimentarse de flóculos de mayor tamaño mientras que los alevinos necesitan de flóculos más pequeños.

3.5.3 La Biodegradación del floc. Para Avnimelech³⁵, esta depende de la comunidad microbiana asociada al biofloc como las bacterias, protozoarios entre otros.

Azim y Little³⁶, mencionan que la abundancia y la composición taxonómica de los diferentes organismos asociados al floc se distribuye en tres grupos como:

³¹ CRAB, R, et al. Nitrogen removal in aquaculture towards sustainable production. En: Aquaculture, 2007. vol, 270. 14 p.

³² Ibid., p. 2.

³³ AVNIMELECH, Yoram. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Op cit., p. 141.

³⁴ HARGREAVES, John A. Biofloc Production Systems for Acuaqulture. Op cit., p. 3.

³⁵ AVNIMELECH, Yoram. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Op cit., p. 141.

³⁶ AZIM M.E y LITTLE D.C. Op. cit.,p. 5

protozoos, rotíferos y Oligochaeta. Dentro de los protozoos tres géneros, a saber, Paramecium, Tetrahymena y Petalomonas. Entre los rotíferos cuatro géneros fueron identificados Lecane, Trichocerca, Polyarthra y Asplanchna. En el grupo Oligochaeta los tubifex. Además 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 a 70% de la columna de agua.

3.5.4 Tasa de nitrificación. “Los principales factores que afectan la tasa de nitrificación en el crecimiento en suspensión son: amoníaco-nitrógeno, la concentración de nitritos, relación C:N, oxígeno disuelto, pH, temperatura y alcalinidad.”³⁷

3.6 VARIABLES MEDIO AMBIENTALES Y OPERACIONALES

Para Avnimelech³⁸, son de gran importancia el pH, oxígeno disuelto (OD), temperatura (°C) y recambio de agua.

- **pH.** Ladino y Rodríguez, sostienen que “un cultivo heterótrofo requiere oxigenación y movimiento permanente con un pH superior a 6,0”³⁹.

Mikkelsen citado por Schryver et al⁴⁰, menciona que los cambios en el pH determinan la estabilidad de los bioflóculos en los estanques. En experimentos realizados con diferentes especies de peces, el pH ha demostrado ser un factor de estrés ambiental.

Según Vinatea⁴¹ los organismos heterótrofos (bacterias y animales acuáticos) interfieren sobre el pH del medio en general. 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 hidrógeno, contribuyendo de esta forma con la disminución del

³⁷ EBELING, James; *et al.* Op. cit., p. 3-4

³⁸ AVNIMELECH, Yoram. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Op cit., p. 141.

³⁹ LADINO G. y RODRÍGUEZ J. Op. cit., p. 35.

⁴⁰ SCHRYVER, P. et al. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. Aquaculture 277 125–137 2008. p.2,3.

⁴¹ VINATEA. Luis. Principios químicos de qualidade de agua em aquicultura. Op cit., p. 78.

pH del medio. Los procesos que destacan son los de oxidación biológica, de intercambio catiónico e hidrólisis de cationes.

Wright⁴² menciona que las bajas de pH en el agua de cultivo se deben 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.

- **Intensidad de la mezcla y Oxígeno disuelto.** Carbo y Cedales⁴³, afirman que la aireación garantiza mantener el nivel de oxígeno entre 95 – 100 % de saturación, eliminación del CO₂ y por otro lado mantener en suspensión todos los sólidos, evitando así posibles zonas anaeróbicas. Según Chaignon *et al*, citado por Schryver *et al*⁴⁴, 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. Wilen y Balmer citados por Schryver *et al*⁴⁵, señalan que el nivel de Oxígeno Disuelto (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 se encuentran mayores tendencias de flóculos en concentraciones más altas de OD.

- **Temperatura.** Wilen *et al*, citados por Schryver *et al*⁴⁶, 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.

- **Recambio de agua.** Reyes menciona que “en limitaciones de renovación del agua, se desarrolla una densa comunidad microbiana, encontrándose de 10⁷ – 10¹⁰ millones de células microbianas en 1cm³ de agua”⁴⁷. Además Avnimelech,

⁴² WRIGHT, 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

⁴³ CARBÓ, R Y CELADES, J. Ensayos preliminares de engorde de Tenca (*Tinca tinca*) con Tecnología de Biofloc. En: IRTA (Investigación y Tecnología Agroalimentaria). Carles de la Ràpita, Tarragona. p. 2 [Citado el 17 de junio.,2013]. Disponible en internet: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:OsbhasvF09cJ:www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/179057/P-175-Carb%25C3%25B3R.pdf%3Fsequence%3D36+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>

⁴⁴ SCHRYVER. Op Cit., p. 7.

⁴⁵ Ibid., p. 7

⁴⁶ Ibid., p. 7, 8

⁴⁷ REYES. Op. cit., p. 12

sostiene que “los sistemas de biofloc (BFT) ofrecen la posibilidad de utilizar cero recambios de agua en procesos de recirculación en sistemas acuícolas”⁴⁸.

3.7 COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRICIONAL DEL BIOFLOC

Según Ladino y Rodríguez⁴⁹, el biofloc está constituido por 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.

Además Wilen, *et al*⁵⁰, mencionan que solo del 2 al 20% de la fracción orgánica de los flocs están constituidos por células microbianas vivas, mientras que el total de materia orgánica puede ser entre el 60 a 70% y la materia inorgánica del 30 al 40%. Para Hargreaves⁵¹, indica que la calidad nutricional del biofloc para animales cultivados en estos sistemas es buena pero bastante variable. El contenido de proteína en peso seco del biofloc está entre 30% a 50% y el contenido de grasa es de 0,5% a 15% y son buenas fuentes de vitaminas y minerales, especialmente de fósforo además pueden tener efectos probióticos.

3.8 BIOFLOC EN ALIMENTACIÓN DE ESPECIES ACUÍCOLAS

Para Avnimelech⁵², el uso de proteína microbiana ha sido practicado por los acuicultores durante siglos, ya que se alimentaba peces en estanques con residuos orgánicos disponibles, por la degradación microbiana de los biopolímeros (por ejemplo celulosa). Una serie de organismos son manipulados en los Sistemas de Biofloc (SBF) con el fin de controlar y reducir las concentraciones de nitrógeno inorgánico generando grandes cantidades de proteínas microbianas. Los peces pueden alimentarse, directa o indirectamente, de la producción primaria sin embargo pueden alimentarse de bacterias que degradan los residuos como la materia orgánica, permitiendo una alimentación constante del biofloc en suspensión. La utilización de las proteínas es significativamente mayor en los sistemas de biofloc debido a la adición de carbono consiguiendo que las bacterias

⁴⁸ AVNIMELECH, Yoram. Bio-filters: the need for an new comprehensive approach *Op. cit.*, p.172–178.

⁴⁹ LADINO G. y RODRÍGUEZ J. *Op. cit.*, p. 35.

⁵⁰ WILEN, B; JIN, B y LANT, P. The influence of key chemical constituents in activated sludge on surface and flocculating properties. *En: Water Research*. Mayo, 2003. Vol. 37 No. 9.p.

⁵¹ HARGREAVES, Jhon A. Biofloc Production Systems for Aquaculture *Op. cit.*, p. 2.

⁵² AVNIMELECH, Yoram. Overview of Aquaculture Systems. *En: Biofloc technology – A practical guide book. Op.cit.*, p. 75-84.

capturen el nitrógeno excretado y produzcan proteínas microbianas que luego son consumidos por los peces. Se puede decir que los peces comen la proteína dos veces: una vez con la alimentación y luego como proteínas microbianas.

Buford *et al*⁵³, 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, capacidad de filtración de la especie, la densidad del material floculante y del tamaño del mismo. Sin embargo, se concluye que este alimento contribuye en mayor cantidad proteína a los peces.

Moss *et al*⁵⁴, indica que los sólidos en suspensión, tomados de un estanque intensivo de camarón, estimularon el crecimiento de los camarones, además que la alimentación con biofloc aumentan la actividad específica de enzimas (proteasa de serina, colagenasa, amilasa, celulosa, lipasa y fosfatos ácidos). Uno de los factores probióticos probables es PHB, poli-β-hidroxibutirato, un bio-polímero almacenado en las células microbianas que llega al intestino de los peces y libera ácido butírico, conocido como un agente anti-microbiano. La composición nutricional de este alimento puede ser de importante en la producción económica de cultivos sanos, de alta calidad, además puede reemplazar las vitaminas suministradas en la alimentación comercial de camarón.

3.8.1 Tasa de alimentación. Según Hargreaves⁵⁵, una secuencia predecible de cambios se produce con el tiempo en sistemas de biofloc expuestos a la luz solar a medida que aumenta la tasa de alimentación. En tasas de alimentación diaria desde 100 a 200 kg/ha (10 a 20 g/m²), el agua aparecerá verde con una densa proliferación de algas. A una tasa de alimentación diaria de 300 kg/ha, hay un cambio abrupto, hay alta densidad de algas lo que impide la fotosíntesis. Las bacterias comienzan a crecer y el biofloc a desarrollar un aumento de sólidos suspendidos con una concentración (250 a 500 mg/L) y asociado a un aumento de respiración en el agua (6 mg O₂/L/hora). A pesar de estos cambios, el agua continúa verde y hay un ligero exceso de oxígeno producido. Cuando la tasa de alimentación es de 400 y 600 kg/ha por día, el agua aparecerá verde-marrón. Más allá de 700 kg/ha por día, el agua aparece de color marrón con biofloc y esencialmente no hay contribución de algas. Además el aumento de la tasa de alimentación requiere más poder de aireación.

⁵³ BURFORD, Michele, *et al.* Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. En: Aquaculture. Octubre, 2003.vol. 219. 393 – 411. p. 2.

⁵⁴ MOSS, S; *et al.* Stimulating effects of pond water on digestive enzyme activity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). En: Aquaculture Research. Febrero, 2001.vol. 32, no. 2. 125-131. p. 2

⁵⁵ HARGREAVES, Jhon A. Biofloc Production Systems for Aquaculture Op. cit ., p. 4

3.9 VENTAJAS DEL BIOFLOC EN ACUICULTURA

El Enfoque Ecosistémico para la Acuicultura (EEA)⁵⁶, ha registrado un crecimiento significativo y más rápido entre los sectores productores de alimentos convirtiéndose en una industria global grande y de vital importancia. Sin embargo, la acuicultura también ha demostrado causar importantes impactos ambientales y sociales adversos buscando dar una solución a posibles daños causados; mediante la implementación de mecanismos que requieren de acciones voluntarias y de manejo siendo una de ellas la reutilización del exceso de nutrientes a través del biofloc que se destaca en:

- **Producción.** Actúa como una opción ideal cuando hay limitaciones de tierra. Además es una alternativa para locaciones tropicales áridas e improductivas donde la disponibilidad de agua dulce es escasa, aumentando la densidad de siembra (6 - 40 Kg/m³ tilapia y 1-2 Kg/m³ Camarón) así mismo mejora la conversión alimenticia y disminuye los costos de alimentación.
- **Alimentación.** Convierte el exceso de nutrientes en los sistemas de acuicultura en biomasa microbiana, que a su vez es consumida por los peces en cultivo. Produce proteína unicelular y mejora la asimilación de ésta por parte de los animales cultivados (estimada 20-30%). Brindando una solución a problemas de a la utilización de harina y aceite de pescado.
- **Calidad de aguas.** Requiere de un aporte prácticamente nulo de renovación de agua en el cultivo sin sistemas de bombeo o tratamiento de agua como los que se puede encontrar en un Sistema de Recirculación para acuicultura (RAS), controlando la calidad del agua debido a que requieren de una intensa aireación, realizando una mezcla permanente de la columna de agua.
- **Medio ambiente.** Ofrece una alternativa a los problemas ambientales por la descarga de los productos de desechos en el medio reduciendo y controlando el vertimiento de efluentes. Además permite a los acuicultores mejorar sus estándares ambientales y establecer los protocolos de bioseguridad.

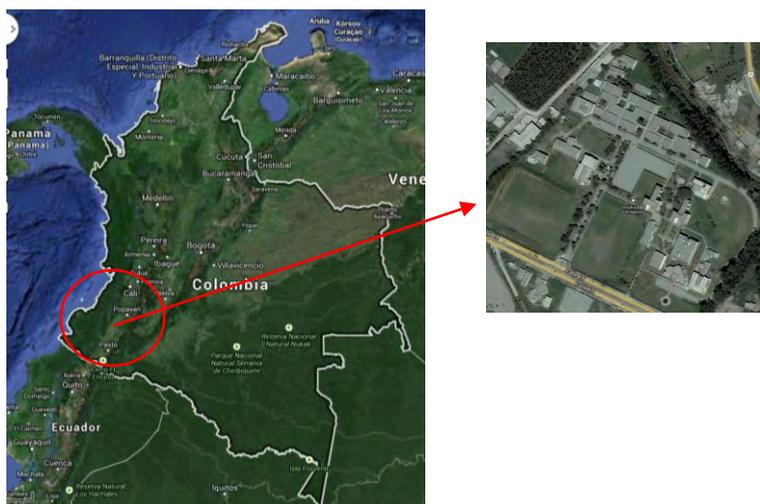
⁵⁶ FAO 2011. Orientaciones técnicas para la pesca responsable, 2011. p.23

4. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1 LOCALIZACIÓN

Esta investigación se realizó en el Laboratorio de Reproducción de Organismos Hidrobiológicos del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño (Figura 3), sede Torobajo, ubicado al noroeste de la Ciudad de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño, 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 1118 mm y humedad relativa de 75%⁵⁷.

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



Fuente Google Earth

4.2 PERIODO DE ESTUDIO

La investigación fue desarrollada en un periodo de cuatro meses, tiempo en el cual se realizó el montaje de la aireación, adecuación de los acuarios, recepción del material biológico, fase de adaptación, distribución de los ejemplares y desarrollo del trabajo de campo.

⁵⁷ IDEAM, Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales de Colombia, pronósticos de alerta sobre el clima.

4.3 INSTALACIONES

El Laboratorio de Reproducción de Organismos Hidrobiológicos del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola tiene un área de 60,77 m², está equipado de mesones, materiales de laboratorio, sistema de agua potable, instalaciones eléctricas y de gas (Figura 4).

Figura 4. Instalaciones



4.4 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

4.4.1 Materiales. Los materiales utilizados en esta investigación se describen a continuación:

- Acuarios 56L
- Manguera de aireación diámetro 3/16"
- Piedras difusoras
- Nasa área 4"
- Plástico azul
- Baldes plásticos 10L
- Conos imhoff 1000 mL

4.4.2 Equipos. Se utilizaron los siguientes equipos

- Oxímetro YSI 550A
- HACH DR850
- pH metro Vwt8010
- Balanza digital Ohaus 0,1 g - 4.000 g
- Balanza digital Ohaus 0,01 g - 600 g
- Pie de rey
- Aireador eléctrico P-500 doble salida
- Blower 0,042 MPa LP100 RESUN
- Termostatos 75 watts H229
- Planta eléctrica INTEK 3500W
- Computador portátil ASUS
- Cámara fotográfica Canon 14 Mp

4.4.3 Insumos. Se utilizaron los siguientes insumos

- Melaza
- Concentrado comercial 35% de proteína
- Sal marina
- Hipoclorito de sodio al 5,25%
- Aquadene inóculo bacteriano
- Eugenol
- Concentrado de gallinas ponedoras

4.5 MATERIAL BIOLÓGICO

Se evaluaron 480 animales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), con un peso promedio $0,36 \pm 0,08$ g, con una longitud promedio $3,05 \pm 0,27$ cm con una edad aproximada de 7 días (Figura 5), provenientes de la piscícola CORPOAMAZONIA ubicada en el municipio de Villagarzón en el Departamento del Putumayo.

Figura 5. Alevino de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)



4.5.1 Recepción y Aclimatación de animales. Una vez llegados los animales al laboratorio se colocaron las bolsas sin abrir en el tanque de recepción dando tiempo a que la temperatura interna se iguale con la del agua tanque (Figura 6); posteriormente se abrieron con el fin de equilibrar los parámetros físico químicos, para dar paso a la liberación de los peces; finalmente se sometió a un tratamiento profiláctico mediante la aplicación de sal a razón de 1 g/L en baños de inmersión prolongada de 24 horas.

Figura 6. Recepción y Aclimatación de animales



4.6 PLAN DE MANEJO

4.6.1 Adecuación de las instalaciones. La desinfección de las instalaciones y acuarios se realizó con hipoclorito de sodio comercial al 2.000 ppm y sal marina a concentraciones de 4g/L (Figura 7). Posteriormente se llevó a cabo la distribución de las unidades experimentales, ubicando 16 acuarios con capacidad de 56 L de agua, a cada uno se le instaló un sistema de aireación con un motor de aires

LP100 de 33 salidas y 0,042 Mpa, el aire que brinda este equipo fue distribuido por una manguera cristal de 3/16" conectada a una flauta de CPVC de 1/2" ubicada en el centro de los acuarios el llenado, finalmente se llevó acabo el forrado de los acuarios, ubicación de termostatos y del sistema de aireación.

Figura 7. Desinfección y adecuación



4.6.2 Transporte y siembra de alevinos. Los alevinos provenientes de la piscícola CORPOAMAZONIA fueron transportados en doble bolsa plástica, adicionándoles 1/3 parte de agua y 2/3 partes de oxígeno, después de un lapso de 24 horas de tratamiento profiláctico los animales fueron distribuidos de manera aleatoria en las unidades experimentales a una cantidad de 30 ejemplares por acuario de 56 L realizando la medición de peso, talla y aclimatación por goteo (Figura 8).

Figura 8. Distribución de los alevinos a las unidades experimentales.



4.6.3 Preparación del biofloc

- **Cálculo de la cantidad de melaza.** Se tuvo en cuenta el valor que genera la carga de nitrógeno amoniacal total (NAT) la que se basa en la tasa de alimentación de peces, para el cálculo se utilizó la ecuación (1) formulada por Thimmons *et al*⁵⁸.

$$P_{\text{NAT}} = F \times PC \times 0,092 = \text{Kg} / \text{día} \quad (1)$$

Dónde:

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

F = Cantidad de alimento (Kg alimento/ día)

PC = Porcentaje de proteína/día

0,092 = Constante

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

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

16% (proteína con 16% de nitrógeno)

80% nitrógeno es asimilado

80% nitrógeno asimilado es excretado

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

Para determinar la cantidad de melaza se utilizó las siguientes ecuaciones de Avnimelech modificado por Benavides y López (2) y (3)⁵⁹ donde se planteó la relación carbono/nitrógeno para cada tratamiento (T0: 0:1, T1: 5:1, T2: 10:1, T3: 15:1), empleando la siguiente ecuación (2).

$$X_{\text{kgC}} = \frac{A_{\text{kgC}} \times P_{\text{NAT}}}{A_{\text{kgN}}} \quad (2)$$

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

$A_{\text{kgC}} / A_{\text{kgN}}$ = relación Carbono / Nitrógeno de cada tratamiento

P_{NAT} = producción de Nitrógeno

Se aplicó la ecuación (2) y se calculó la cantidad de melaza con la ecuación (3) teniendo en cuenta la cantidad de carbono de la melaza que se determinó con el método de Walkley-Black colorimétrico (Anexo A)

⁵⁸ TIMMONS, Michael; *et al.* Op.cit., p 99.

⁵⁹ BENAVIDES, Alfredo y LOPEZ Wilmer. Op.cit., p 53.

$$Y_{kgC} = \frac{X_{kgC} \times 100}{\%C \text{ Melaza}} \quad (3)$$

- **Adición de bacterias nitrificantes.** Se adicionó a cada unidad experimental bacterias nitrificantes comerciales de tipo *Bacillus sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Aspergylus* y *Fungi*, para mantener una población estable, la cual fue determinada teniendo en cuenta el volumen del biofloc y los parámetros físico químicos del agua; la cantidad que se adicionó es recomendada por la casa comercial del producto (Figura 9).

Figura 9. Adición de bacterias nitrificantes



- **Adición de la melaza.** De acuerdo a la metodología utilizada por CENIACUA⁶⁰ la melaza fue pesada y disuelta para cada tratamiento según la relación Carbono/Nitrógeno (Anexo B), durante los primeros 12 días, posteriormente se adicionó melaza dos días por semana teniendo en cuenta el volumen del biofloc y los parámetros físicos químicos evaluados (Figura 10).

Figura 10. Adición de melaza a cada unidad experimental



⁶⁰ 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.

- **Adición del sustrato.** Como sustrato se adicionó concentrado de gallinas ponedoras durante 6 días consecutivos, para garantizar la formación de bacterias nitrificantes, zooplancton y fitoplancton.

4.6.4 Alimentación. Se suministró alimento balanceado con el 35% de proteína, en 6 comidas diarias (Anexo C).

4.6.5. Muestreo de alevinos. Se realizó cada 7 días tomando el 100% de la población para determinar peso y talla (Figura 11). Luego los animales se trasladaron a baldes plásticos donde se adicionó eugenol como anestésico a razón de 0,5 mL/L para evitar estrés, una vez obtenidos los datos los ejemplares fueron ubicados en otro recipiente con sal marina aplicada como tratamiento profiláctico a razón de 4 g/L para reintegrar los animales a cada acuario.

Figura 11. Medición de peso y talla de alevinos de *P. brachypomus*.



4.6.6. Medición de parámetros físicos y químicos. Se midió con una sonda YSI registrando temperatura (°C), Oxígeno disuelto (mg/L) y para pH(unidades)un equipo pH metro Vwt 8010; además mediante el equipo HACH DR850, se determinó nitritos (mg/L), nitratos (mg/L), amonio (mg/L) y DQO (mg/L) según horario establecido (Tabla 3), también se evaluó DBO₅ según la metodología de Estándar métodos edición No. 21 5210-B (Figura 12).

Figura 12. Equipos electrométricos

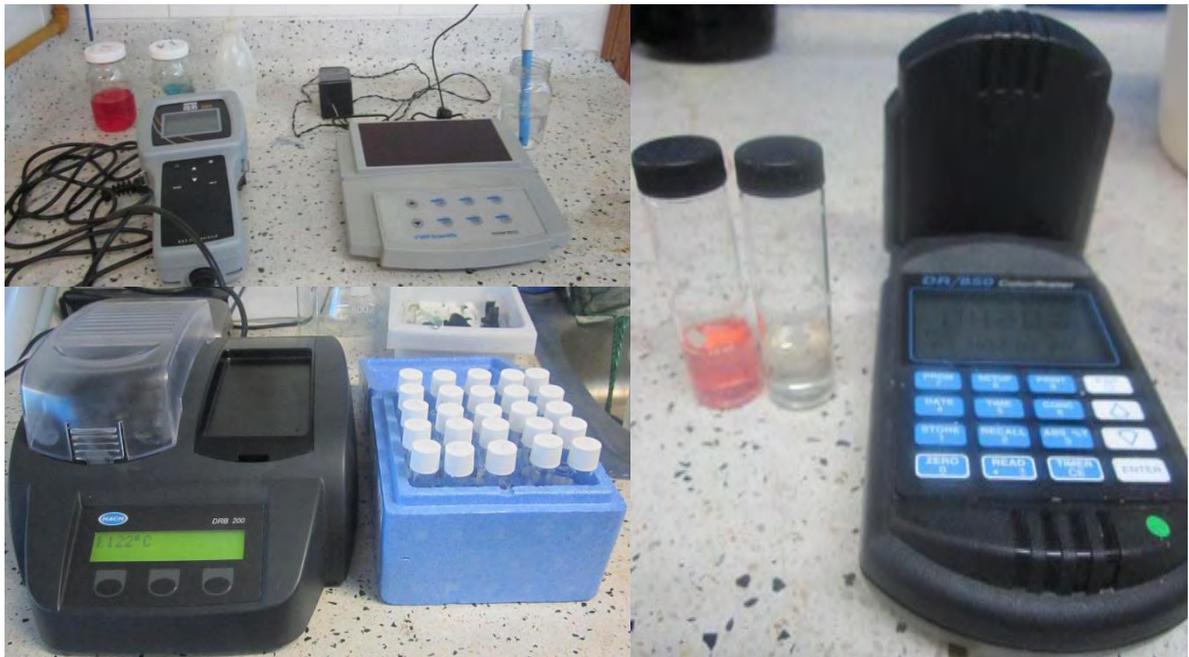


Tabla 3. Medición de parámetros físico-químicos.

Parámetros	Diario			Semanal				Quincenal
	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	DQO (mg/L)
7:00 am	X	X	X	X	X	X	X	X
12:00 m	X	X	X					
6:00 pm	X	X	X					

4.6.7. Medición de Volumen de Biofloc y sólidos suspendidos. El volumen del floc se realizó cada cuatro días mediante la utilización de conos imhoff dejando que se sedimente en un periodo de una hora. Para sólidos suspendidos (mg/L) se utilizó el equipo HACH DR850 (Figura 13).

Figura 13. Medición de volumen de biofloc y sólidos suspendidos.



4.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con sub-muestreo y arreglo factorial 4^2 , conformado por dieciséis unidades experimentales equivalentes a 16 tratamientos. Cada unidad experimental estuvo constituida por 30 peces en un acuario de 56 L; cada uno de los animales constituyó una unidad observacional, consideradas como réplicas biológicas. El modelo aplicado fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \beta_k + (\gamma\beta)_{jk} + \xi_{ijk} + \eta_{ijklm}$$

Dónde:

Y_{ijklm} =Variable respuesta

μ =Media Poblacional

τ_i =Efecto del i-ésimo tratamiento; $i = 1, 2, \dots, 16$

γ_j =Efecto del j-ésimo nivel del Factor 1; $j = 1, 2, 3, 4$

β_k =Efecto del k-ésimo nivel del Factor 2; $k = 1, 2, 3, 4$

$(\gamma\beta)_{jk}$ =Efecto de la interacción entre el j-ésimo nivel del Factor 1 y el k-ésimo nivel del Factor 2

ξ_{ijk} =Error experimental

η_{ijklm} =Error de muestreo asociado a la m-ésima muestra

Para las variables evaluadas, se verificaron los supuestos estadísticos de Normalidad (Chi-Cuadrado, Shapiro-Wilk y Valor-Z para asimetría), Homogeneidad de varianzas (Prueba de Cochran, Prueba de Levene) e Independencia (Estadístico Durbin-Watson) (Anexo D) para proceder a la aplicación del análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. En los casos en los cuales se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, se realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey o de comparación múltiple de Duncan, la primera cuando resultó un diseño balanceado, y la segunda cuando el diseño fue parcialmente balanceado, con el fin de establecer diferencias significativas entre las medias y así poder determinar el mejor tratamiento en cada una de las variables evaluadas. Todas las pruebas se efectuaron utilizando el software Statgraphics Centurion XV y Microsoft Excel 2010. Dado que muchas de las variables no cumplieron los supuestos estadísticos, se realizó la transformación de los datos, utilizando el modelo *arcocoseno*($\sqrt{y_i}$) para la variable tasa de crecimiento simple, el modelo ($1/y_i$) para temperatura y pH, el modelo ($\sqrt{y_i}$) que se utilizó para oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, amonio, DBO₅ y DQO por ultimo el modelo (acos) para sólidos suspendidos y volumen de biofloc obedeciendo al comportamiento de los mismos. En la variable Supervivencia se utilizó la prueba de Brand-Snedecor, basada en el estadístico de Chi-Cuadrado, según la siguiente fórmula:

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

Dónde:

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

n_i : Número de animales iniciales en el i-esímo tratamiento

p_i : Proporción de supervivencia en el i-esímo tratamiento

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

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

4.7.1 Tratamientos. Los factores que intervinieron en el experimento son:

Factor 1: Relación Carbono: Nitrógeno (C/N)

R: Relación Carbono: Nitrógeno

Con cuatro niveles de estudio.

Nivel R1: Relación carbono nitrógeno 0:1.

Nivel R2: Relación carbono nitrógeno 5:1.

Nivel R3: Relación carbono nitrógeno 10:1.

Nivel R4: Relación carbono nitrógeno 15:1.

Factor 2: Alimento comercial

A: Alimento

Con cuatro niveles de estudio. (10%)

Nivel A1: 100 % de la ración diaria

Nivel A2: 80 % de la ración diaria

Nivel A3: 60 % de la ración diaria

Nivel A4: sin alimento comercial.

De la interacción de los dos factores se obtuvo los tratamientos que se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Interacción de factores

Factores.	Nivel	Factor 1. C:N			
		R1	R2	R3	R4
Factor 2. Alimento Comercial	A1	R1A1	R2A1	R3A1	R4A1
	A2	R1A2	R2A2	R3A2	R4A2
	A3	R1A3	R2A3	R3A3	R4A3
	A4	R1A4	R2A4	R3A4	R4A4

T1 (R1A1)= Relación carbono nitrógeno 0:1 y alimento comercial 100%
T2 (R2A1)= Relación carbono nitrógeno 5:1 y alimento comercial 100%
T3 (R3A1)= Relación carbono nitrógeno 10:1 y alimento comercial 100%
T4 (R4A1)= Relación carbono nitrógeno 15:1 y alimento comercial 100%

T5 (R1A2)= Relación carbono nitrógeno 0:1 y alimento comercial 80%
T6 (R2A2)= Relación carbono nitrógeno 5:1 y alimento comercial 80%
T7 (R3A2)= Relación carbono nitrógeno 10:1 y alimento comercial 80%
T8 (R4A2)= Relación carbono nitrógeno 15:1 y alimento comercial 80%

T9 (R1A3)= Relación carbono nitrógeno 0:1 y alimento comercial 60%
T10 (R2A3)= Relación carbono nitrógeno 5:1 y alimento comercial 60%
T11 (R3A3)= Relación carbono nitrógeno 10:1 y alimento comercial 60%
T12 (R4A3)= Relación carbono nitrógeno 15:1 y alimento comercial 60%

T13 (R1A4)= Relación carbono nitrógeno 0:1 y sin alimento comercial
T14 (R2A4)= Relación carbono nitrógeno 5:1 y sin alimento comercial
T15 (R3A4)= Relación carbono nitrógeno 10:1 y sin alimento comercial
T16 (R4A4)= Relación carbono nitrógeno 15:1 y sin alimento comercial

4.7.2 Formulación de hipótesis. Para la ejecución del proyecto se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$: El efecto medio de los diferentes tratamientos sobre las variables evaluadas no presenta diferencias significativas.

H₁: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$: Al menos un tratamiento presenta un efecto medio diferente sobre las variables estudiadas.

4.7.3 Variables a evaluar

• **Incremento de Peso.** Ganancia de peso que alcanzan cada uno de los ejemplares durante el periodo de estudio mediante la siguiente ecuación.

$$IP = Pf - Pi \quad (4)$$

Dónde:

IP: Incremento de peso.

Pf: Peso final.

Pi: Peso inicial.

• **Incremento de Talla semanal.** Incremento de longitud semanal que alcanzan los ejemplares durante el periodo de estudio mediante la siguiente ecuación.

$$IT = Tf - Ti(5)$$

Dónde:

IT: Incremento de talla.

Tf: Talla final.

Ti: Talla inicial.

• **Tasa de Crecimiento Simple (TCE).** Permite determinar la ganancia de peso diaria promedio expresada en porcentaje. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$TCS(\%) = \frac{\ln(wf) - \ln(w0)}{T} \times 100 \quad (6)$$

Dónde:

TCS (%): Porcentaje de crecimiento mensual.

wf: Peso final.

w0: Peso inicial.

T: Tiempo.

- **Conversión Alimenticia Aparente (CAA).** Relación entre la cantidad de alimento suministrado y el incremento de peso obtenido.

$$CAA = \frac{AC}{IP} \quad (7)$$

Dónde:

AC: Alimento suministrado

IP: Incremento de Peso

- **Supervivencia.** Se determinó con el fin de concluir si el porcentaje de supervivencia se ve influenciado por los factores de estudio mediante la fórmula:

$$S = \frac{Nf}{Ni} \times 100 \quad (8)$$

Dónde:

Nf: Número de animales finales

Ni: Número de animales iniciales

- **Análisis de Relación Beneficio – Costo.** Resulta de dividir los beneficios (flujos de efectivo) con los costos variables, a precios actuales.

$$RBC = \frac{UB}{TE} \quad (9)$$

Dónde:

RBC: Relación beneficio - costo.

UB : Utilidad bruta.

TE: Total egresos

5. RESULTADOS.

5.1 PRODUCCIÓN DE BIOFLOC

El análisis de varianza para producción de biofloc y sólidos suspendidos no presentó diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos, Factor 1 y Factor 2 (Anexo G).

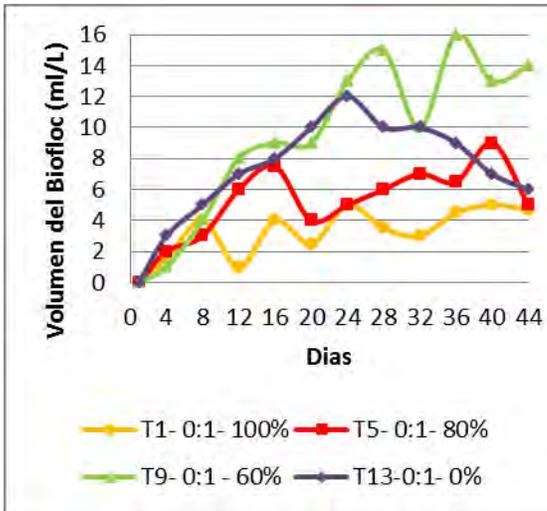
La producción de biofloc en todos los tratamientos inició a partir del cuarto día, desde ese momento el crecimiento fue ascendente. La producción de biofloc presentó picos de variación, independientemente de la relación C:N y el nivel de alimentación suministrado en las unidades experimentales (Figura 14) con oscilaciones entre $1,63\pm 0,7$ y $11,55\pm 3,6$ mL/L durante el periodo de estudio (Anexo E).

Los sólidos suspendidos para todos los tratamientos a lo largo del periodo experimental registran concentraciones promedio que fluctuaron considerablemente, el valor máximo en promedio se registró para el tratamiento T11 con $46,8\pm 3,57$ mg/L y el valor mínimo el T14 con $10,4\pm 3,57$ mg/L, (Anexo F).

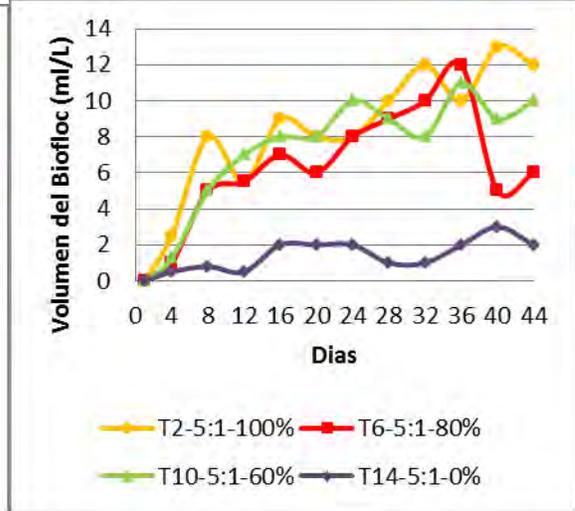
En este estudio se documentó la formación de biomasa microbiana a través de la presencia de microorganismos como rotíferos, ciliados, algas, nematodos y partículas en suspensión permitiendo el desarrollo y mantenimiento mediante la adición de una fuente de carbono, alimento balanceado y la calidad del sustrato agregado de una comunidad microbiana (Figura 15).

Figura 14. Volumen del biofloc (ml/L) en función del tiempo.

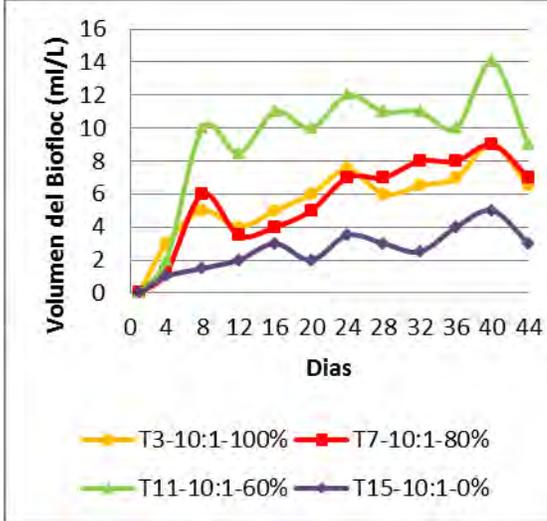
(A) Relación C:N de 0:1



(B) Relación C:N de 5:1



(C) Relación C:N de 10:1



(D) Relación C:N de 15:1

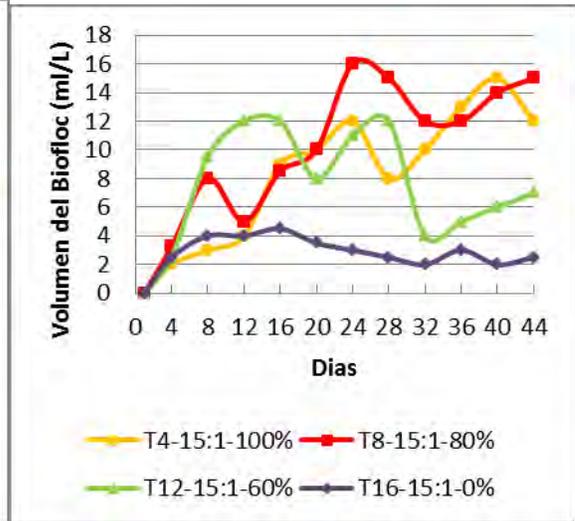
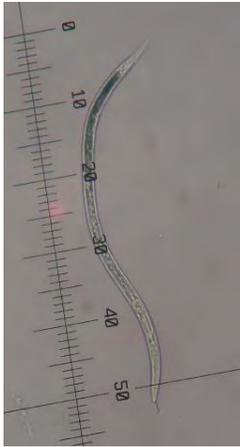
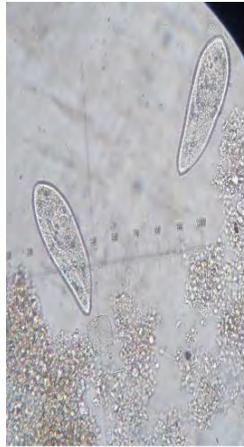


Figura 15. Microorganismos encontrados en el biofloc.

(A) Nemátodo



(B) Ciliados



(C) Rotífero



(D) Rizópodo



(E) Alga verde



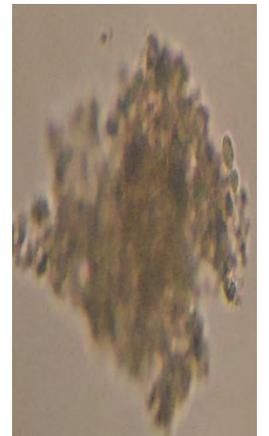
(F) Alga



(G) Bacterias



(H) Partícula de biofloc



5.2 PESO Y TALLA INICIAL.

Según el análisis de varianza (Anexo H y I), el peso y talla inicial no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$), como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen estadístico de peso y talla inicial de los tratamientos.

	Peso inicial (g)	Talla inicial (cm)
Promedio inicial	0,36±0,08	3,05±0,27
Coefficiente de variación inicial %	22,89	8,86

5.3 VARIABLES EVALUADAS

5.3.1 Tasa De Crecimiento Simple (TCS). Según el análisis de varianza (Anexo J), esta variable registró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos y Factor 2 indicando según la prueba de Duncan (Anexo K), que aquellos tratamientos que recibieron alimento (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 y T12) tienen una media superior con diferencias significativas ($p < 0,05$) respecto a los que no recibieron alimentación balanceado (T13, T14, T15, T16), independiente del nivel de biofloc (Tabla 6).

Tabla 6. Resumen estadístico del crecimiento durante el periodo del estudio

Tratamiento	TCS	Coefficiente variación (%)	Peso final promedio (g)	Long. final promedio (cm)
1	0,0722±0,111 ^a	8,45%	4,312	6,20
2	0,0596±0,113 ^a	8,45%	4,608	6,0
3	0,0651±0,087 ^a	6,61%	4,975	6,81
4	0,0686±0,081 ^a	6,16%	5,132	6,56
5	0,0610±0,097 ^a	7,32%	3,840	5,87
6	0,0723±0,100 ^a	7,61%	4,756	6,28
7	0,0658±0,086 ^a	6,53%	4,730	6,36
8	0,0730±0,095 ^a	7,25%	5,884	6,94
9	0,0612±0,085 ^a	6,41%	4,363	6,78
10	0,0699±0,100 ^a	7,61%	5,671	6,96
11	0,0666±0,079 ^a	6,04%	4,941	6,78
12	0,0696±0,077 ^a	5,90%	5,748	6,43
13	0,0250±0,075 ^b	5,30%	0,652	3,27
14	0,0398±0,073 ^b	5,35%	1,934	4,71
15	0,0324±0,102 ^b	7,26%	1,184	3,76
16	0,0406±0,085 ^b	6,14%	1,245	3,61
Total	0,0610±0,096	7,19%	4,36	6,09

Letras diferentes indican la existencia de diferencias significativas ($p < 0,05$).

En variables incremento de peso, talla y conversión alimenticia aparente no se realizó ANOVA debido a que éstas no cumplen con los supuestos estadísticos al encontrarse dentro de una serie de tiempo lo cual hace que haya auto-correlación entre los errores por lo tanto no se cumple el precepto de independencia y el modelo utilizado fue la tasa de crecimiento simple (TCS) para lograr un conjunto de datos en una variable independiente e idénticamente distribuida; sin embargo, el análisis inferencial para TCS es válido para las variables originales. Por otra parte el cálculo de la conversión alimenticia implica que no sea posible obtener valores individuales, situación que no valida el modelo con sub-muestreo al tener que trabajar con promedios.

5.3.2 Incremento de peso y de talla. El incremento de peso más representativo durante el periodo se pueden observar en los tratamientos T8, T10, T11 y T12 con 5,52 g, 5,31 g, 4,57 g y 5,36 g respectivamente (Figura 16). Para el incremento de talla lo registra los tratamientos T8 con 3,86 cm T10 3,93 cm y T12 con 3,79 cm (Figura 17).

Figura 16. Incremento de peso en el periodo de estudio



Figura 17. Incremento de talla en el periodo de estudio



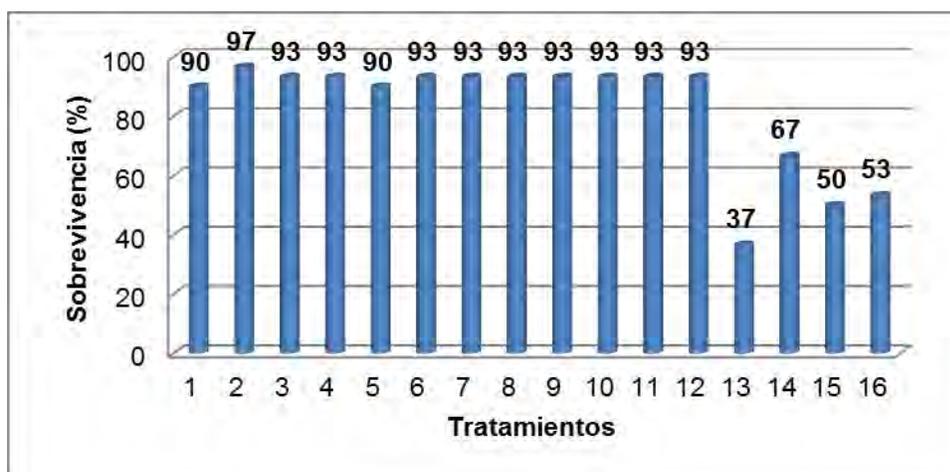
5.3.3 Conversión Alimenticia Aparente (CAA). Los valores obtenidos de muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Conversión alimenticia aparente por tratamiento

C/N 0:1		C/N 5:1	
T1 (100%)	2,74	T2 (100%)	3,00
T5 (80%)	2,11	T6 (80%)	1,73
T9 (60%)	1,43	T10 (60%)	1,43
T13 (0%)	0,00	T14 (0%)	0,00
C/N 10:1		C/N 15:1	
T3 (100%)	2,23	T4 (100%)	2,03
T7 (80%)	1,74	T8 (80%)	1,53
T11 (60%)	1,43	T12 (60%)	1,43
T15 (0%)	0,00	T16 (0%)	0,00

5.3.4. Supervivencia. La prueba de Brand-Snedecor indica que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) (Anexo L) entre los tratamientos que no recibieron alimento balanceado (T13, T14, T15, T16) con respecto a los que recibieron alimento que registran valores más altos de supervivencia (Figura 18).

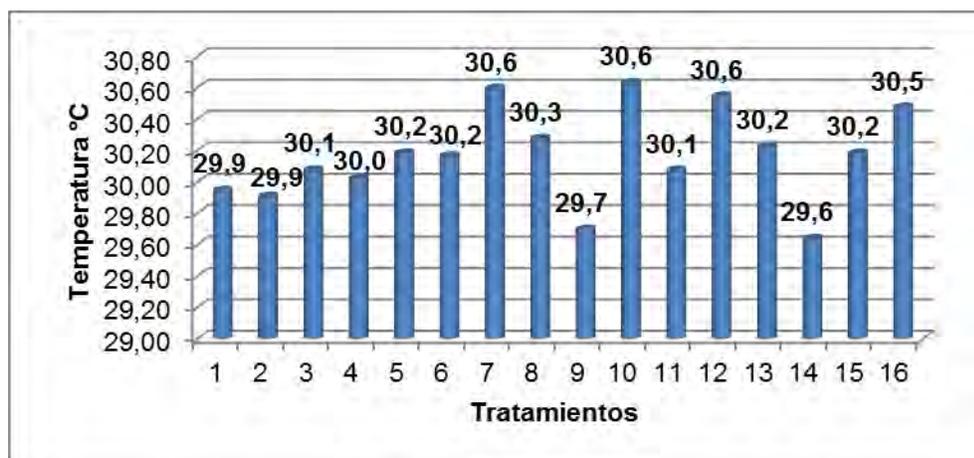
Figura 18. Supervivencia promedio en el periodo de estudio.



5.4 PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA.

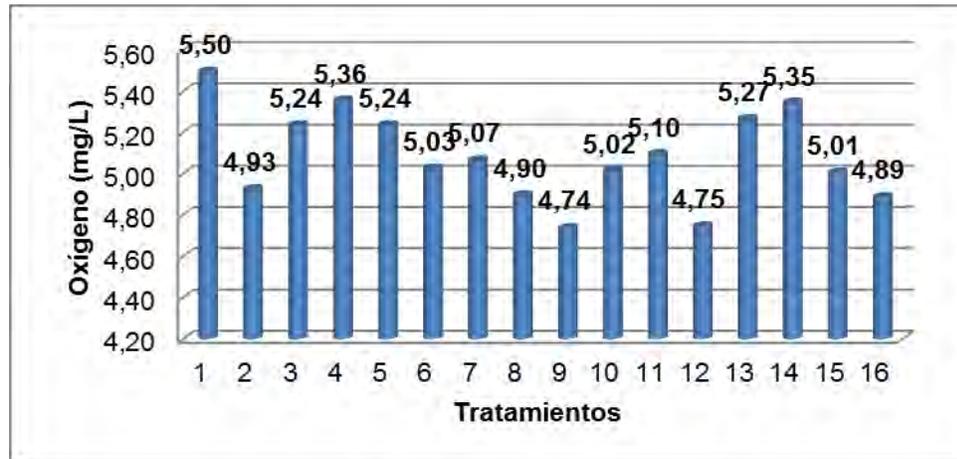
5.4.1 Temperatura. Los tratamientos T7 con $30,59 \pm 0,44$ °C, T10 con $30,66 \pm 0,44$ °C y T12 con $30,50 \pm 0,44$ °C registraron los valores máximos de temperatura al final del estudio y los mínimos se presentaron en los tratamientos T9 con $29,66 \pm 0,45$ °C, T11 con $29,86 \pm 0,46$ °C y T14 con $30,14 \pm 0,44$ °C como se observa en la Figura 19 (Anexo M).

Figura 19. Temperatura promedio en el periodo de estudio



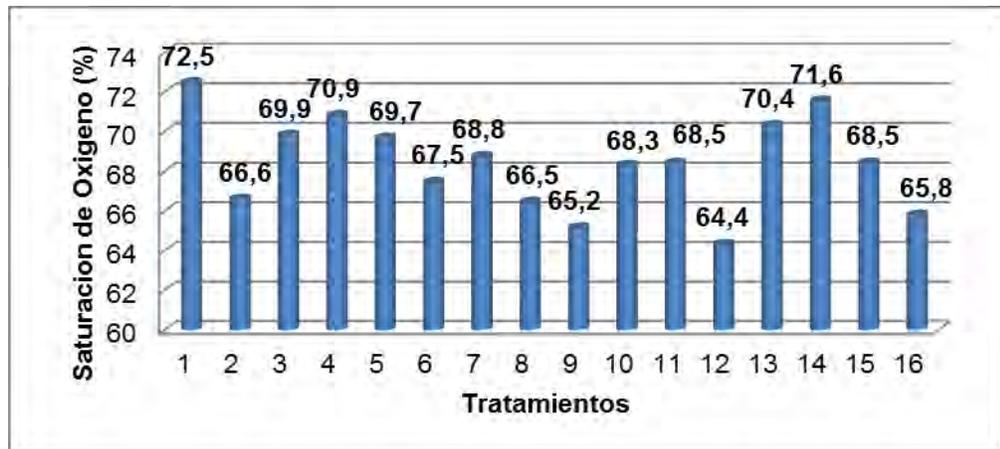
5.4.2 Oxígeno disuelto. Según el análisis de varianza (Anexo O) reportó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos para 7: 00 h, 12:00 h y 18:00 h. La prueba de Tukey al 95% de confiabilidad (Anexo P) los tratamientos T1, T3, T4, T5, T6, T7, T10, T11, T13, T14 y T15 demuestran una media superior con respecto al T2, T8, T9, T12 y T16 (Figura 20). Para el Factor 1 los tratamientos que recibieron relación C:N de 0:1, 5:1 y 10:1 presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto a los que recibieron relación C:N 15:1 y en el Factor 2 los tratamientos alimentados con 100%, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) con relación a los alimentados al 60%, 80% y sin balanceado.

Figura 20. Oxígeno disuelto promedio en el periodo de estudio



5.4.3 Saturación de Oxígeno. Para esta variable los tratamientos que registraron valores mayores a 70% son el T1, T13 y T14 (Anexo Q). Los valores mínimos se presentaron en tratamientos T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T15 y T16 (Figura 21).

Figura 21. Saturación de Oxígeno promedio en el periodo de estudio



5.4.4. Potencial de hidrogeniones pH. El pH promedio del periodo de estudio fue de $7,36 \pm 0,39$ (Figura 22) y tuvo una variación de 6,11 hasta 8,23 (Figura 23, B y A) (Anexo R).

Figura 22. pH promedio en el periodo de estudio

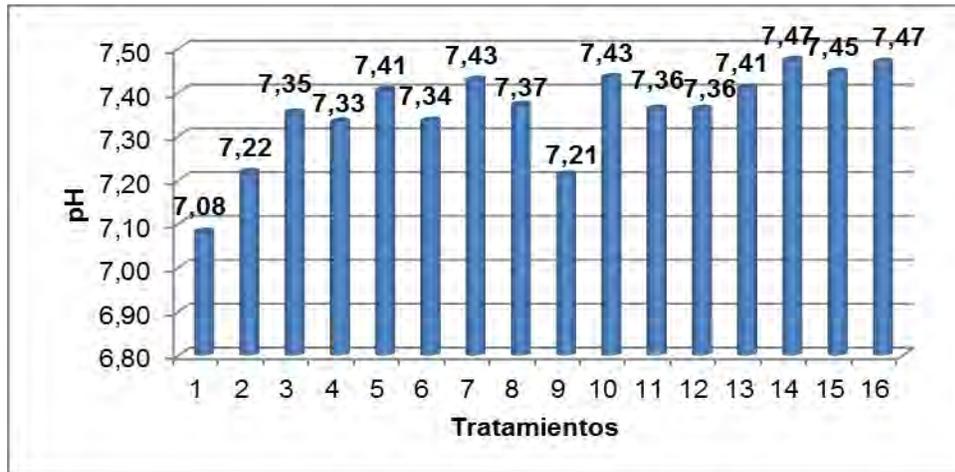
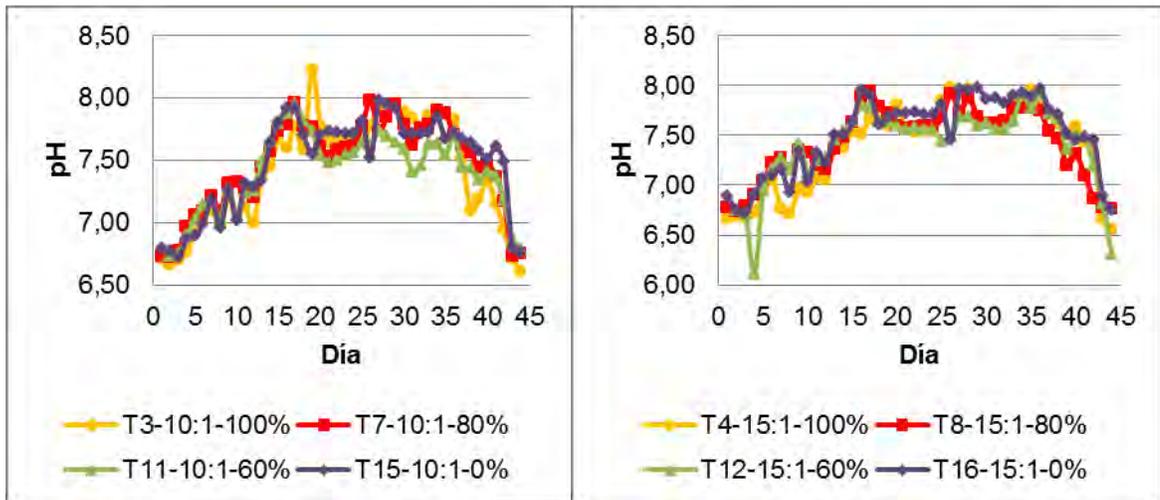


Figura 23. Comportamiento de pH en el periodo de estudio.

(A) pH máximo

(B) pH mínimo



5.4.5. Amonio – Nitritos – Nitratos.

Para estos parámetros según el análisis de varianza ($p > 0,05$) (Anexo T) y la prueba de Tukey al 95% de confiabilidad no existen diferencias significativas entre tratamientos, Factor 1 y Factor 2. Las concentraciones de amonio (Anexo S) promedio del periodo de estudio se mantuvieron en $1,39 \pm 0,32$ mg/L (Figura 24).

Durante el periodo de estudio se presentaron valores de nitritos mínimos de 0,001 mg/L y máximos de 15,4 mg/L (Figura 25) con una concentración promedio al final del periodo de $1,00 \pm 0,33$ mg/L (Anexo S).

En el caso de los nitratos durante el periodo de estudio se presentaron valores mínimos y máximos de 0,2 mg/L y 48 mg/L (Figura 26) con una concentración promedio al final del periodo de $4,17 \pm 2,87$ mg/L (Anexo S).

Figura 24. Comportamiento de Amonio semanal.

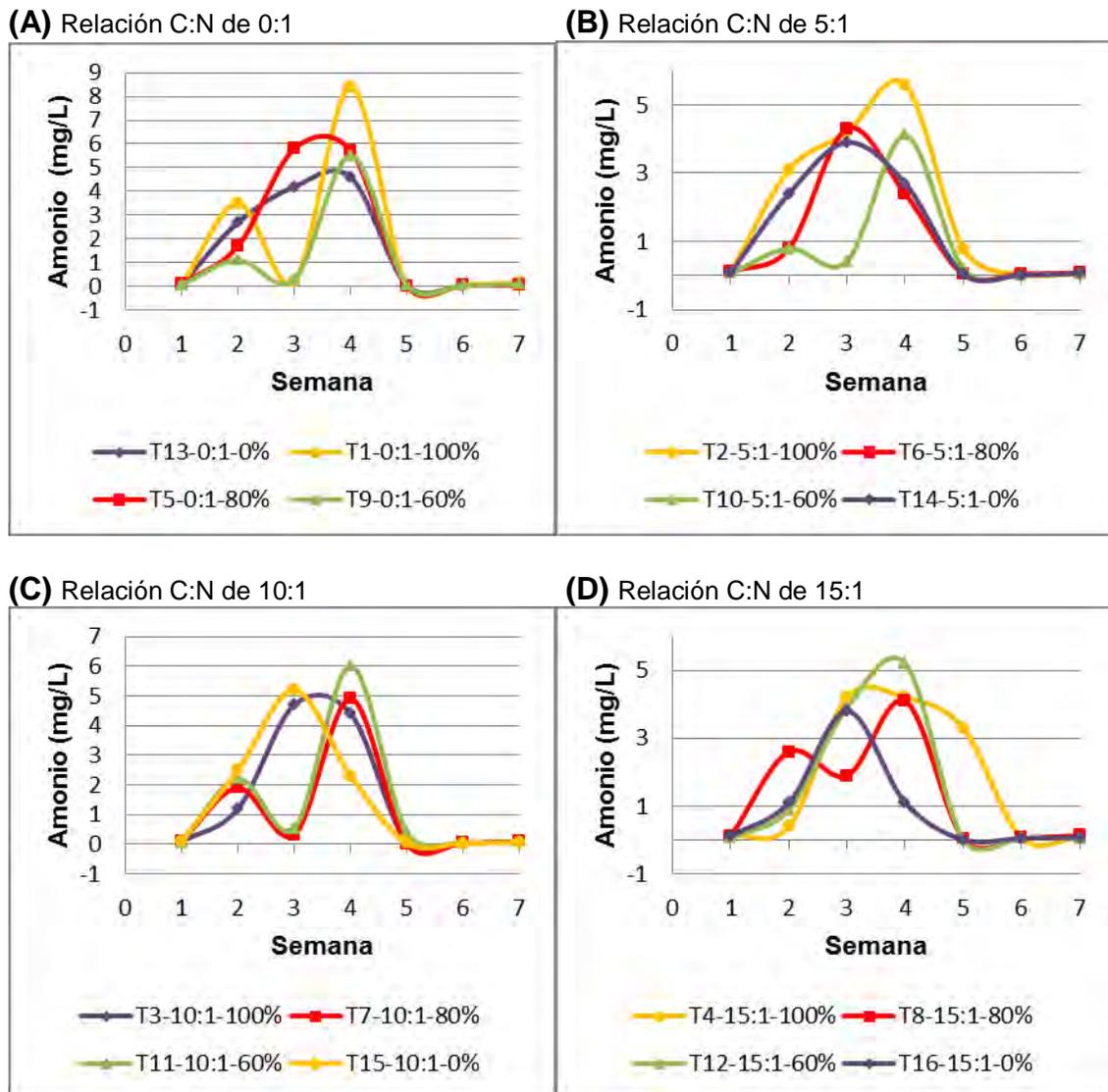
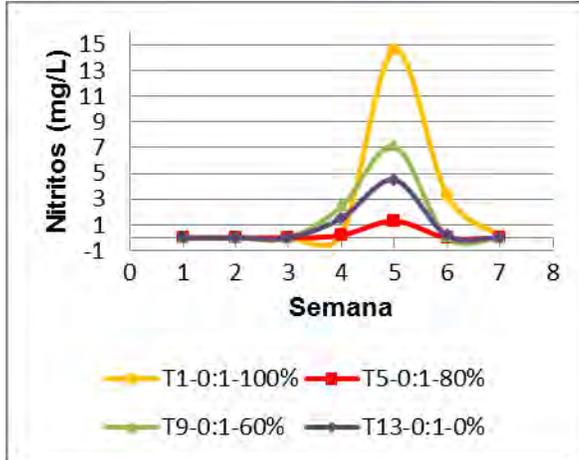
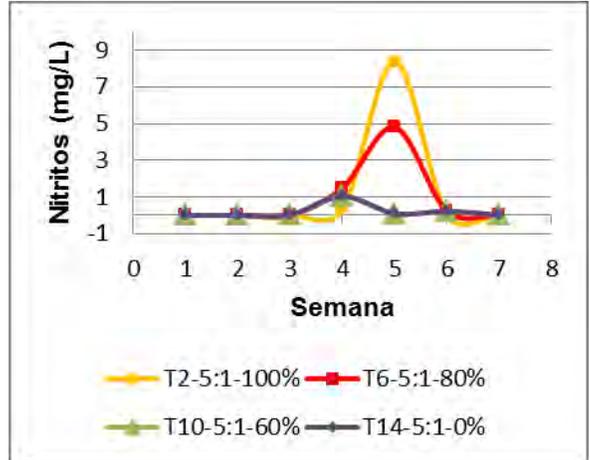


Figura 25. Comportamiento de Nitritos semanal

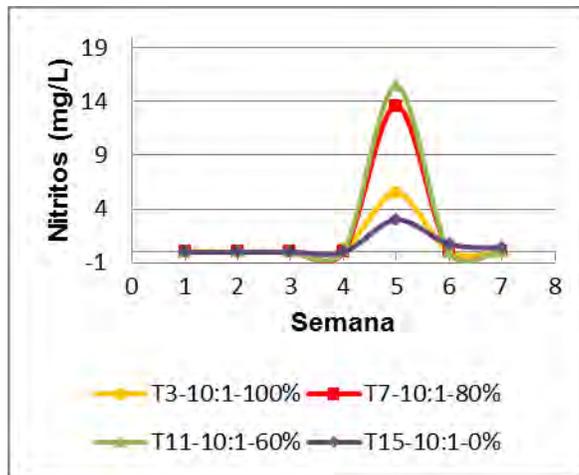
(A) Relación C:N de 0:1



(B) Relación C:N de 5:1



(C) Relación C:N de 10:1



(D) Relación C:N de 15:1

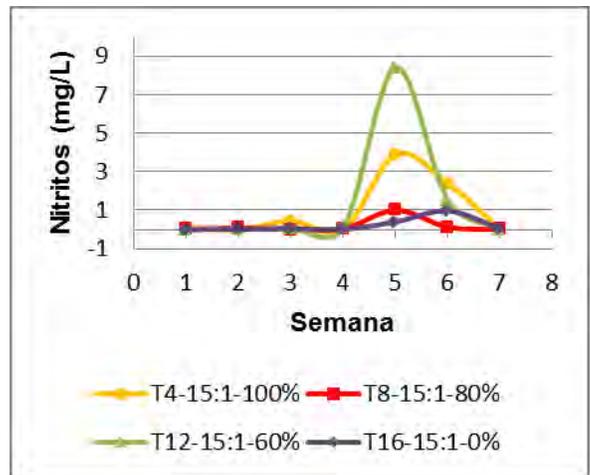
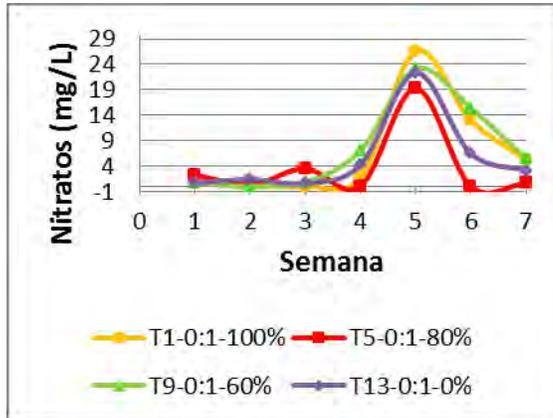
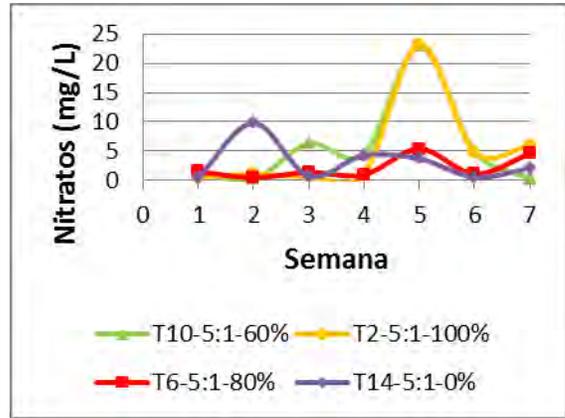


Figura 26. Comportamiento de Nitratos semanal

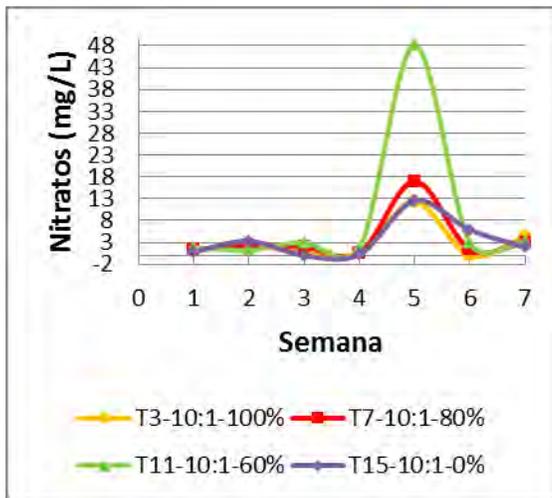
(A) Relación C:N de 0:1



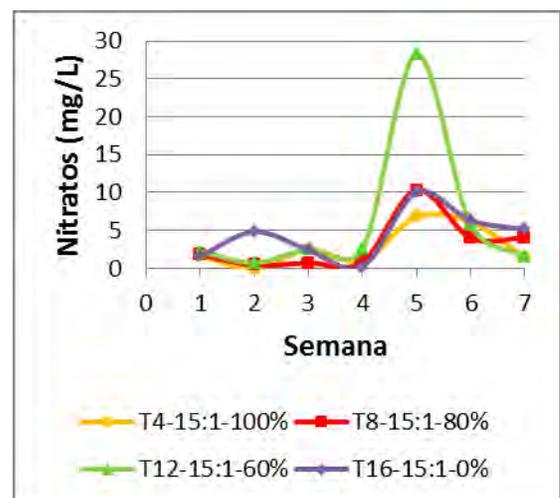
(B) Relación C:N de 5:1



(C) Relación C:N de 10:1



(D) Relación C:N de 15:1

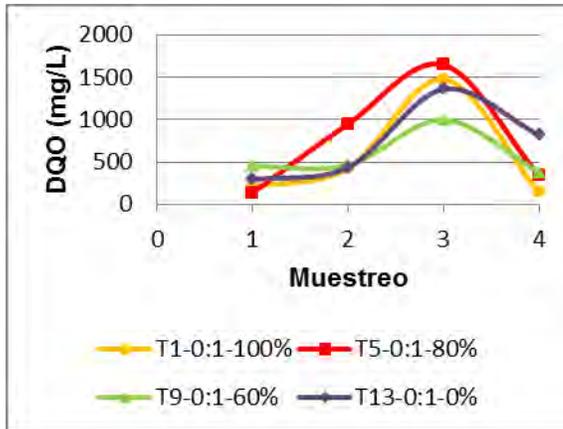


5.4.6. Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅).

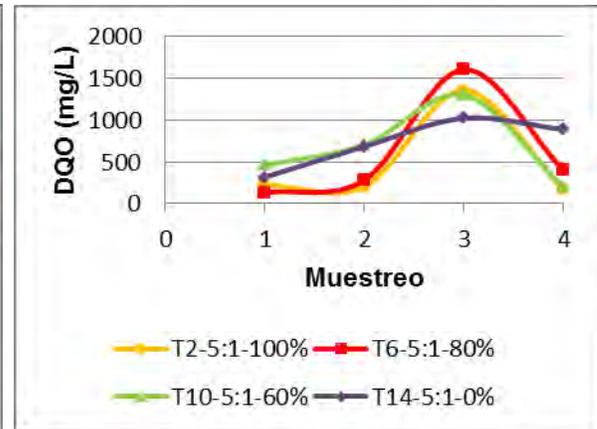
Según el análisis de varianza y la prueba de Tukey al 95% (Anexo V) de confiabilidad no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos, Factor 1 y Factor 2 (Anexo U). Se puede observar el ascenso en estos parámetros en el sistema (Figura 27 y 28) debido a la presencia de microorganismos como bacterias y fitoplancton.

Figura 27. Comportamiento de la DQO por tratamiento

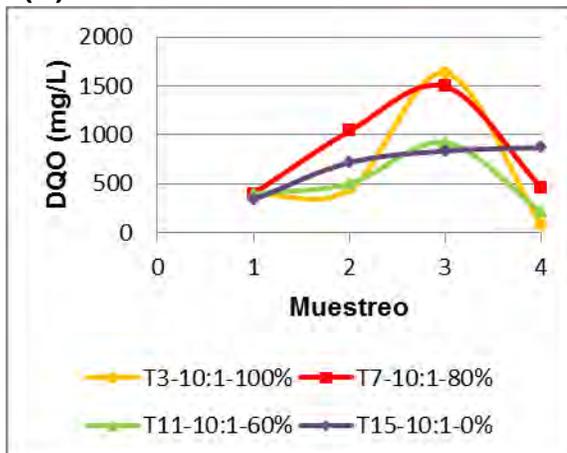
(A) Relación C:N de 0:1



(B) Relación C:N de 5:1



(C) Relación C:N de 10:1



(D) Relación C:N de 15:1

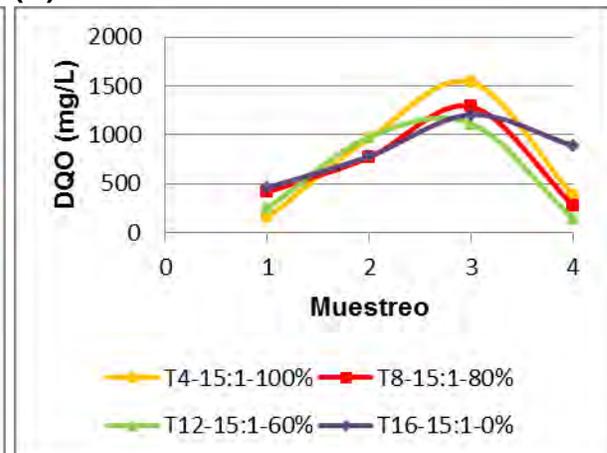
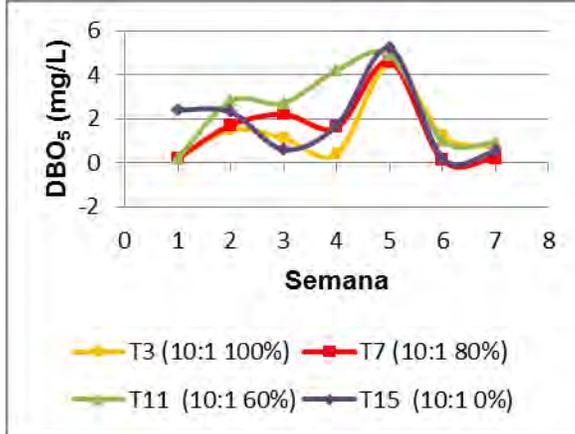
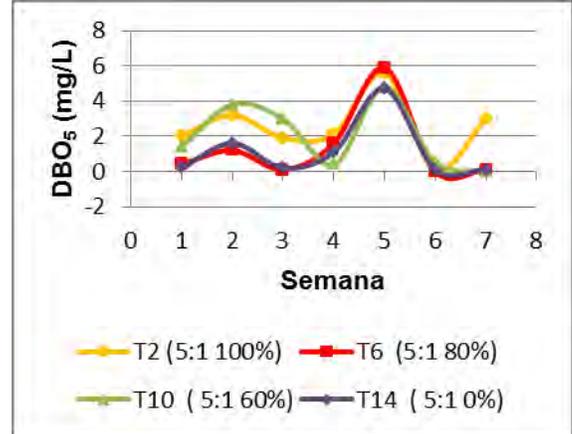


Figura 28. Comportamiento de la DBO₅ semanal por tratamiento.

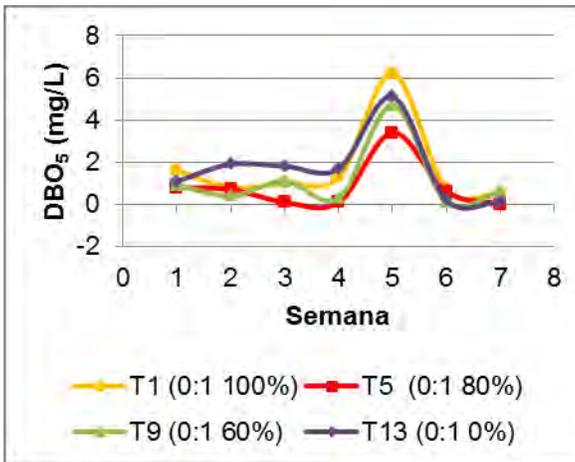
(A) Relación C:N de 0:1



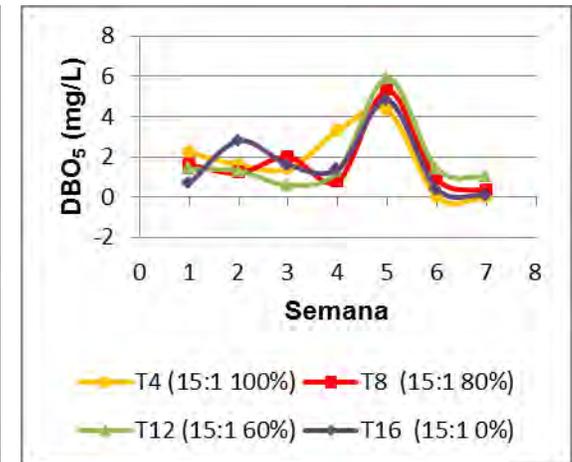
(B) Relación C:N de 5:1



(C) Relación C:N de 10:1



(D) Relación C:N de 15:1



5.4.7. Análisis parcial de costos. Para el análisis, se tuvo en cuenta: el costo de alevinos de cachama, materias primas, bacterias y otros (Anexo W) los valores del índice beneficio –costo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8. Cálculo de la relación beneficio costo.

Tratamiento	Costo Total (\$)	N° peces	Costo Venta (\$)	Ingreso	Beneficio/Costo
T1	4615,37	27	180	4860	1,05
T2	4775,05	29	180	5220	1,09
T3	4640,02	28	180	5040	1,09
T4	4620,54	28	180	5040	1,09
T5	4428,76	26	180	4680	1,06
T6	4483,05	28	180	5040	1,12
T7	4494,10	28	180	5040	1,12
T8	4586,63	28	180	5040	1,10
T9	4387,35	28	180	5040	1,15
T10	4479,66	28	180	5040	1,13
T11	4415,69	28	180	5040	1,14
T12	4511,73	28	180	5040	1,12
T13	3490,68	11	100	1100	0,32
T14	3510,71	20	100	2000	0,57
T15	3521,92	15	100	1500	0,43
T16	3534,63	16	100	1600	0,45

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. PRODUCCIÓN DE BIOFLOC

La producción de biofloc no presentó diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$) entre los tratamientos, Factor 1 y Factor 2 durante el periodo evaluado.

La reiterada variación en los sólidos suspendidos y el volumen de biofloc durante el periodo de estudio pudo ser por el consumo realizado por la especie, de igual forma la relación C/N en los tratamientos T8, T10 y T12, fue suficiente y logró suplir las necesidades de la comunidad bacteriana, indicando que los alevinos pueden ser alimentados con proteína microbiana, obteniendo los mejores incrementos de peso y longitud debido a los flóculos microbianos utilizados como suplemento alimenticio con alto valor nutricional en animales acuáticos que según Avnimelech⁶¹ se obtienen en sistemas de biofloc por la disponibilidad de alimento las 24 hora/día. Además Benavides y López⁶² mencionan que la Cachama acepta el biofloc como fuente de alimento, evidenciada en la filtración. También Emerenciano, *et al*⁶³, indican que no todas las especies son candidatas para alimentar con biofloc, pero si se debe tener en cuenta los hábitos alimenticios omnívoros y el sistema digestivo adaptable para asimilar bien las partículas microbianas.

En el transcurso de los días 16-24 las concentraciones de sólidos suspendidos en todos los tratamientos disminuyeron confirmando el consumo de biofloc por parte de los alevinos de cachama blanca esto corroborado por Emerenciano *et al*⁶⁴, quienes sostienen que la disminución de sólidos suspendidos en un sistema de biofloc para camarón rosado (*Farfantepenaeus brasiliensis*) pudo indicar que los juveniles de camarón consumieron una gran parte del biofloc presente en el tanque de macrocosmos o cambios en la composición y la abundancia de la microbiota.

En altas concentraciones de sólidos se observó que los animales no consumieron alimento balanceado ni flóculos microbianos debido a la disminución de visibilidad y el aumento en la presencia sustancias que no corresponden solo a biofloc sino

⁶¹ AVNIMELECH, Yoram. Feeding with microbial floes by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. Op. cit., p. 448

⁶² BENAVIDES, Luis y LOPEZ, Wilmer. Op cit. p. 65.

⁶³ EMERENCIANO, Mauricio; GAXIOLA, Gabriela y CUZON, Gerard. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. En: Intech open science. Abril, 2003.vol. 5.301-328., p. 306

⁶⁴ EMERENCIANO, M; *et al*. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). En: Aquaculture Research. Septiembre, 2012.Vol. 43.p. 451.

a materia orgánica, alimento no consumido, heces, mortalidades masivas de fitoplancton, algas, bacterias, etc. como lo corrobora Wilen *et al*⁶⁵, quien afirma que únicamente 2-20% de la fracción orgánica de los sedimentos de floc son células microbianas vivas mientras la materia orgánica total puede ser del 60 - 70% y de materia inorgánica 30-40%.

Aunque en este trabajo no se hayan estimado las concentraciones de fitoplancton ni de bacterias, el cambio en la coloración del agua, de verde a marrón intenso, que ocurrió alrededor de la semana 4, sugiere el paso de un sistema dominado por el fitoplancton (fotosintético) a otro dominado por bacterias (heterotrófico). Según Poleo, *et al*⁶⁶, quienes evaluaron la tolerancia de la Cachama blanca *P. brachypomus*, en cultivos con altas densidades en sistemas cerrados registraron que alrededor de la semana 15 se presentó este cambio cuyos resultados son mayores con respecto a este estudio debido al mayor volumen de agua y a la cantidad de alimento suministrado.

6.2 VARIABLES EVALUADAS

6.2.1 Tasa de crecimiento simple (TCS). Las diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$), en esta variable indican que los tratamientos que fueron sometidos al sistema de biofloc con adición de melaza como fuente de carbono y alimento balanceado, registraron una alta tasa de crecimiento en comparación con tratamientos que utilizaron biofloc sin alimento balanceado, no encontrando diferencias significativas ($p > 0,05$) en el aumento de la relación C:N.

Los mejores resultados obtenidos para la Tasa de Crecimiento Simple en alevinos de cachama blanca se registran para los tratamientos, que fueron alimentados con biofloc y balanceado al 35% de proteína, T1 con 7,21%, T4 con 6,86%, T6 con 7,23%, T8 con 7,29%, T10 con 6,98%, T11 con 6,66% y T12 con 6,96%, con cualquier nivel de alimentación (100%, 80% y 60% según la biomasa) y relación C:N (5:1, 10:1 y 15:1), estos valores probablemente están relacionados con el biofloc que se puede considerar como un dieta que complementa la alimentación de alevinos, al constituir partículas microbianas que pueden aportar nutrientes importantes, esto es corroborado por, Emerenciano *et al*⁶⁷ y Ju *et al*⁶⁸, quienes

⁶⁵ WILEN, B; JIN, B y LANT, P. Op cit ., p. 21-29.

⁶⁶ POLEO, *et al*. Op cit ., p. 434

⁶⁷ EMERENCIANO, Maurício; GAXIOLA, Gabriela y CUZON, Gerard. Op cit., p 306.

⁶⁸ JU, Z; *et al*. Enhanced growth effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from inclusion of whole shrimp floc fractions to a formulated diet. En: Aquaculture Nutrition. Marzo, 2008. Vol. 14, no. 6, 539 p.

afirman que el biofloc podría mejorar los efectos de la tasa de consumo de alimento, digestibilidad, adsorción, asimilación y bienestar animal.

El consumo continuo de diversa microbiota, durante este estudio mejoró la transferencia de nutrientes y el rendimiento de los peces, porque el biofloc utilizado como alimento suplementario, según Lovell⁶⁹ y Luna-Figueroa⁷⁰, suministra un balance apropiado con respecto a las proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales para una mayor tasa de crecimiento, aprovechando mejor estos nutrientes. Según De la Higuera⁷¹, la eficiencia de alimento se puede medir mediante la relación entre alimento ingerido y la ganancia en masa corporal, que se ve reflejado por el organismo en el mantenimiento, recuperación de los tejidos dañados y el crecimiento. Con lo anterior se ratifica que al suministrar biofloc como alimento se complementa las exigencias nutricionales de la cachama blanca teniendo un efecto positivo en el incremento de peso.

Las unidades experimentales que se alimentaron únicamente con biofloc T13 con 2,50%, T14 con 3,98%, T15 con 3,24 y T16 con 4,06% alcanzaron los valores más bajos para la tasa de crecimiento simple, esto es debido a que la densidad de los flóculos microbianos fue escasa y no lograron suplir las necesidades nutricionales de los alevinos, por tanto el biofloc se debe usar como un complemento en la alimentación de esta especie esto es corroborado por Kuhn *et al*⁷², quien menciona que el biofloc recupera la proteína en forma de biomasa y se obtienen mejores rendimientos cuando se adiciona alimento balanceado que proporciona los nutrientes necesarios para el crecimiento y formación de los biomasa microbiana, aumentando el consumo lo que ayuda a la retención de nitrógeno mejorando la tasa de crecimiento y conversión alimenticia.

6.2.2 Incremento de Peso y Talla. El mayor incremento para estas variables según la tasa de crecimiento lo registran el T8, T10, T11 y T12, afirmando que el uso de sistemas de biofloc como una alternativa de alimento en alevinos de cachama blanca, alimentando con el 80% y 60% y añadiendo relación C:N de 5:1, 10:1 ó 15:1 en comparación con los tratamiento alimentados con biofloc. Estos valores son probablemente por el contenido nutricional del biofloc que según Hargreaves⁷³, comprende 30-45% de proteína en peso seco con buenas fuentes

⁶⁹ LOVELL, R.T. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold, New York, NY mayo , (1988). 140 p.

⁷⁰ LUNA-FIGUEROA, J. Alimento vivo: importancia y valor nutritivo. En: Ciencia y Desarrollo, noviembre, 2002. Vol. 166. 74 p.

⁷¹ DE LA HIGUERA, M. Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. 53-98. En: CAICYT. Nutrición en Acuicultura II. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. Madrid, España. 1987. 318 p

⁷² KUHN, David; *et al.* Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. En: Aquaculture. Marzo, 2010. Vol. 303, no. 4, p. 30

⁷³ HARGREAVES, Jhon A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. Op cit ., p. 356

de vitaminas y minerales, especialmente de fósforo. Además del 20-30% de nitrógeno que es agregado en la alimentación como proteína es asimilado por los peces, lo que implica que 70-80% del nitrógeno de la alimentación, es liberado al ambiente de cultivo como residuos, para ser incorporado en las células bacterianas que son un componente principal del biofloc, por tanto, el consumo de esta proteína microbiana, contribuye a mejorar el crecimiento en peces.

Durante el periodo de estudio se observaron picos de variación en el incremento de peso (Figura 29) y Talla (Figura 30), para Mackenzie et al⁷⁴, estas fluctuaciones pueden ser, las condiciones alimenticias como disponibilidad y asimilación de nutrientes, al igual que las dietas a los cuales estén sometidos los peces a lo largo del tiempo.

Investigaciones realizadas por Wasielesky, et al⁷⁵, en juveniles de *L. vannamei* y Emerenciano, et al⁷⁶ en juveniles de *F. brasiliensis*, demostraron que estas especies alimentados con balanceado al 35% de proteína crecieron mejor en condiciones de biofloc en comparación con otras producciones en aguas claras, esto por la composición de partículas suspendidas como los flóculos microbianos ricos en minerales (calcio) y proteína, siendo eficaces en sistemas intensivos por generar una excelente ganancia de peso. Lo anteriormente mencionado es corroborado con este estudio donde se presentó los mayores incrementos en los tratamientos en los que se adiciono biofloc.

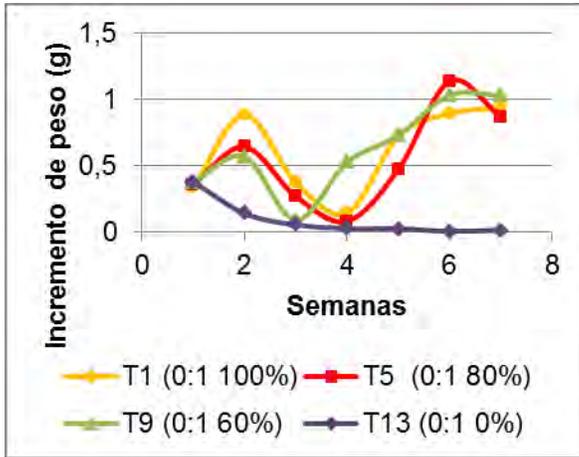
⁷⁴ MACKENZIE, D; VANPUTTE, C y LEINER, K. Nutrient regulation of endocrine function in fish. En: Aquaculture Research. Febrero, 1998. Vol. 161, No. 4. p. 20.

⁷⁵ WASIELESKY, et al. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. En: Aquaculture. Agosto, 2002.vol. 258.No. 4, p 397.

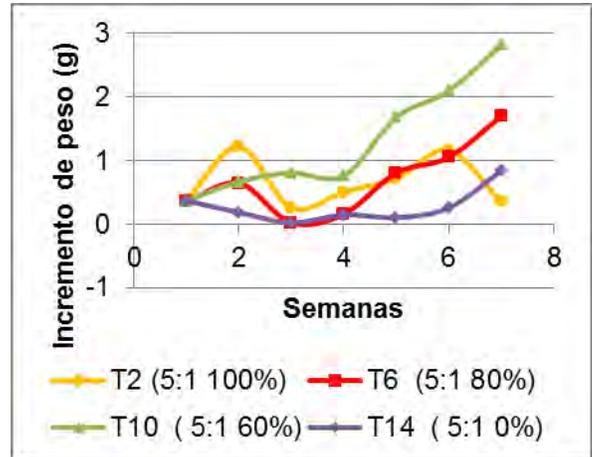
⁷⁶ EMERENCIANO, Mauricio; GAXIOLA, Gabriela y CUZON, Gerard. Op. cit., p. 449.

Figura 29. Comportamiento del incremento de peso promedio semanal.

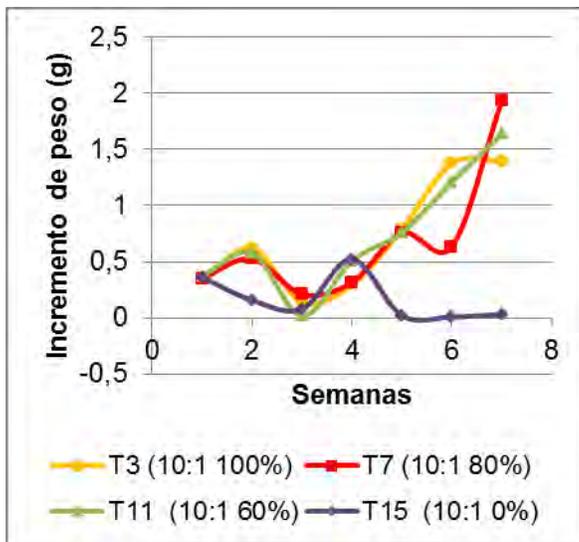
(A) Relación C:N de 0:1



(B) Relación C:N de 5:1



(C) Relación C:N de 10:1



(D) Relación C:N de 15:1

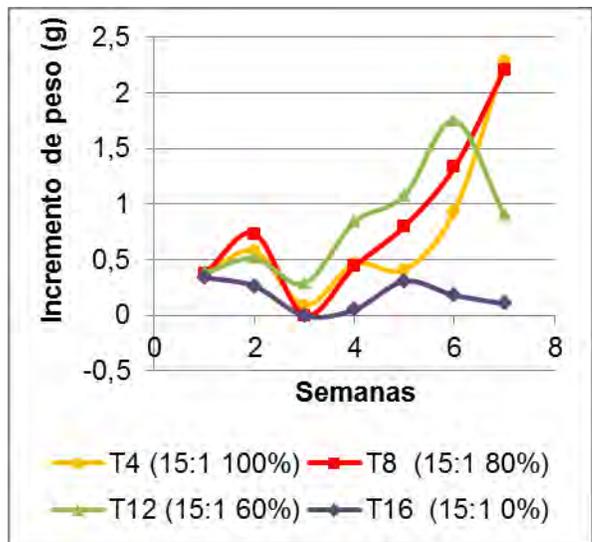
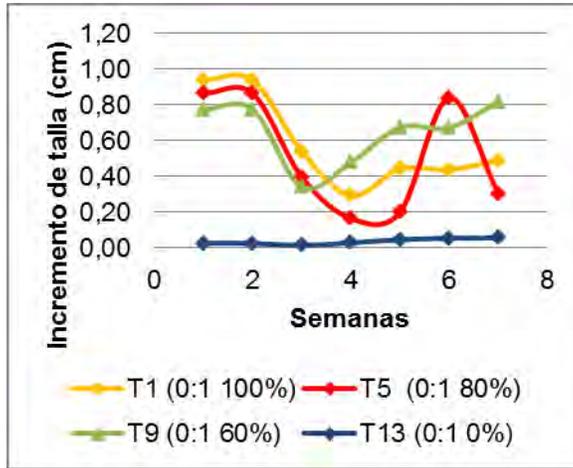
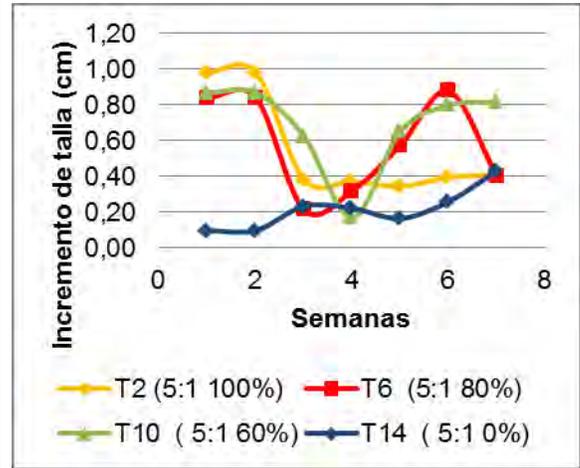


Figura 30. Comportamiento del incremento de talla promedio semanal.

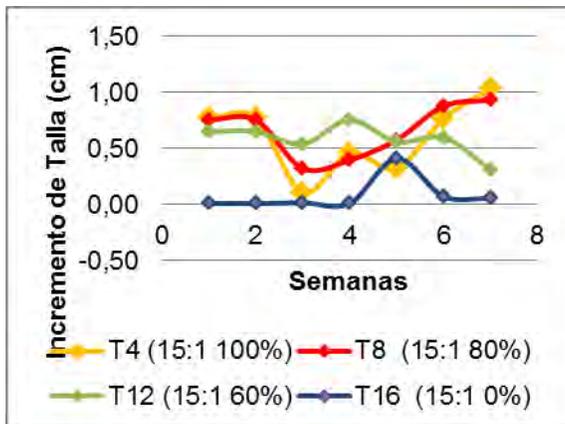
(A) Relación C:N de 0:1



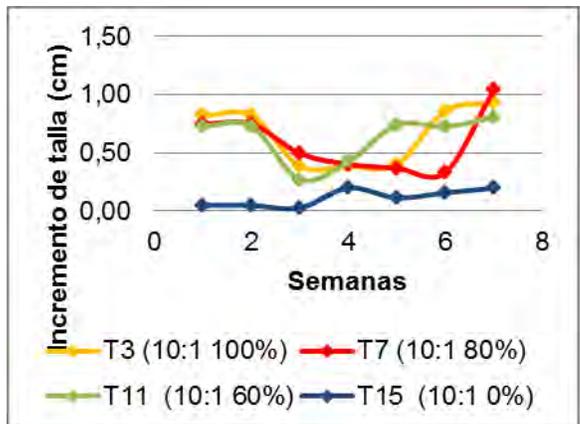
(B) Relación C:N de 5:1



(C) Relación C:N de 10:1



(D) Relación C:N de 15:1



La relación C:N evaluada en esta investigación no afectó directamente el crecimiento de los alevinos pero ayudó al desarrollo de la microbiota disponible en el agua de cultivo manteniendo el sistema en equilibrio, lo anterior lo explica Avnimelech⁷⁷, quien menciona que los alimentos utilizados en cultivos semi-intensivos para acuicultura proporcionan una relación C:N de 15:1, pero las bacterias requieren una cantidad mayor o igual de carbono por unidad de nitrógeno asimilable o en algunos casos puede ser menor dependiendo del tipo de bacterias disponibles en el sistema. Además Hagreaves⁷⁸ afirma que la población bacteriana no se desarrolla en un ambiente limitante de carbono por la

⁷⁷AVNIMELECH. Yoram. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems, Op cit., p 128.

⁷⁸HAGREAVES, Jhon A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. Op cit., p. 356

competencia entre microorganismos como resultado del metabolismo bacteriano activo, disminuyendo así el alimento disponible en la columna de agua.

6.2.3 Conversión Alimenticia Aparente (CAA). Los tratamientos alimentados al 60% de la biomasa con cualquier relación C:N registraron los valores más representativos para esta variable con 1,43:1 a una densidad de 1 animal/ 1,86 L. estos resultados fueron mucho más eficientes a los obtenidos por Poleo et al⁷⁹ que reportó una conversión alimenticia de 1,5 en cachama blanca en sistemas de biofloc a una densidad de 1 animal/10,6 litros. Así mismo es menor a la reportada por Rakocy, et al⁸⁰, quienes alcanzaron un promedio de conversión de alimento de 1,76 en la experiencia de cultivos de tilapia nilótica en sistemas de Biofloc. Por lo tanto la implementación de biofloc influyo sobre la conversión alimenticia aparente, teniendo en cuenta que la alimentación con concentrado comercial suministrado no fue igual para los tratamientos.

Los tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5) con conversiones superiores a 2,00:1, se asemejan a los resultados obtenidos por Granado⁸¹, que evaluó altas densidades de Cachama blanca en jaulas flotantes encontrando valores de 2,1. Igualmente Bautista et al⁸² registro valores altos de 2,8 a 3, evaluando dietas para alevines del híbrido cachama (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*), cultivados en jaulas utilizando melaza.

La conversión alimenticia obtenida en este estudio de 1,43:1 y 1,53:1 se puede explicar que los alevinos de *P. brachypomus*, aprovecharon los nutrientes del alimento balanceado y del floc bacteriano que se encuentra en el medio, lo que convierte al biofloc en un excelente alimento suplementario para la especie. Lo anterior es corroborado por Poersch, et al⁸³ quienes mencionan que un aspecto importante en relación con los agregados microbianos es mejorar el uso de los nutrientes y al ser consumidos puede aumentar la retención de nitrógeno de alimentación añadida, lo que resulta en una mejor conversión de alimento, incluso

⁷⁹ POLEO, Germán; ARANBARRIO, José; MENDOZA, Lismen y ROMERO, Oneida, Op cit., p. 9

⁸⁰ RAKOCY, James; et al. Tilapia production systems for the lesser antilles and other resource-limited tropical areas. En: International Symposium on Tilapia In Aquaculture Ministry of Agriculture. 2002, vol. 5, p. 11.

⁸¹ GRANADO, Angel. Efecto de la densidad de cultivo sobre el crecimiento del morocoto, *Piaractus brachypomus*, CUVIER,1818, (Pisces: Characiformes), confinado en jaulas flotantes. En: Saber. 2000. vol.12, No. 2. p. 5.

⁸² BAUTISTA, Edgar; et al. Use of Ecological Coffee Pulp Silage in Feeding for Cachama y Fingerlings (*Colossoma macropomus* x *Piaractus brachypomus*).En: Revista Científica, FCV-LUZ. Octubre, 2005. Vol. 15, no. 1, 38 p.

⁸³ POERSCH, Luis Miguel; et al. Biofloc, una alternativa saludable a la granja de camarones en la Laguna de Santa Catarina, para volver a operar con éxito por el virus de la mancha blanca. Universidad Federal de Rio Grande - FURG, Instituto de Oceanografía, Programa de Posgrado en Acuicultura. Marzo, 2010. Vol. 162, No. 1. p. 2

a altas densidades de siembra, y la posibilidad de la utilización de dietas con menor proteína en su composición.

6.2.4 Supervivencia. Aunque la disponibilidad del biofloc fue permanente; en todas las unidades experimentales, se puede observar una marcada diferencia de supervivencia en los tratamientos alimentados con biofloc (T13, T14, T15, T16), lo anterior, probablemente debido a que no existió altas densidades de biofloc y se observó la sedimentación del mismo en zonas muertas donde no llegó suficiente aireación, disminuyendo la tasa de descomposición, los niveles de oxígeno y el aumento de depósitos negros, mientras que estos no se encontraron en los otros tratamientos, lo que indica un cambio en la finalidad del biofloc como lo ratifica Buschmann⁸⁴, al mencionar que la materia orgánica acumulada estimula la producción bacteriana, cambiando la composición química, la estructura y funciones de los sedimentos. Asimismo Sharma, *et al*⁸⁵, mencionan que en un sistema sin aireación, los biofloc se asientan y fuera de la suspensión pueden formar sólidos que consumen rápidamente oxígeno disuelto, estas zonas anaeróbicas pueden conducir a la liberación de sulfuro de hidrógeno, metano y amoníaco que son altamente tóxicos para los camarones y peces aumentando mortalidades en un sistema de cultivo.

La mayor supervivencia se presentó en los tratamientos alimentados con biofloc y balanceado (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11 y T12) los cuales se encuentran en los rangos de 90% a 97%, lo cual indica que esta especie presenta alta adaptabilidad y resistencia a enfermedades, acepta manejo en confinamiento y soporta altas densidades. Esto es corroborado con los resultados reportados por Poleo, *et al*⁸⁶, quienes obtuvieron una sobrevivencia 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. Así mismo Gutiérrez, *et al*⁸⁷, mencionan que alcanzó sobrevivencias del 90% con diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) al evaluar el crecimiento de alevinos de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) a una densidad de 10 animales/m² con el uso de un probiótico.

⁸⁴ BUSCHMANN, H. Un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos. En: Impacto ambiental de la acuicultura el estado de la investigación en Chile y el mundo. Diciembre, 2001.p.15.

⁸⁵ SHARMA, B y ALERT, R. Nitrification and Nitrogen Removal. En: Water Research. Julio, 1977.No. 2, p.3.

⁸⁶ POLEO, Germán; *et al.* Op cit ., p. 431

⁸⁷ GUTIERREZ, Juliana; MOJICA, Hermes O. y QUINTERO Luis G. Evaluación del crecimiento de alevinos de cachama blanca *Piaractus brachypomus* con el uso de un probiótico. En: Aquaculture. Marzo, 2010.Vol. 5.

6.3 PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA

Según la Escuela de Producción Agropecuaria⁸⁸, una temperatura por debajo de la ideal, según la especie, tiene una mayor incidencia en términos económicos que patológicos porque disminuye el apetito y el índice de crecimiento es mínimo. Para este estudio los valores de temperatura se mantuvieron en el rango adecuado, oscilando entre 29,6°C y 30,7°C según lo recomendado por Gonzales y Heredia⁸⁹, quienes afirman que la Cachama blanca es considerada un pez de aguas cálidas, que alcanza su máximo desarrollo en temperaturas entre los 28 y 31°C. Al mismo tiempo Hagreaves⁹⁰, menciona que las temperaturas tropicales (27–28°C) son ideales para mantener una alta concentración de bacterias suspendidas en la columna de agua.

El oxígeno disuelto presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos, Factor 1 y Factor 2, en los tres horarios de medición. Según Boyd⁹¹, al ser una variable crítica en sistemas de biofloc se debe tener en cuenta el ciclo diario de la concentración de oxígeno disuelto. La concentración más baja ocurre a la madrugada, durante el día aumenta por efecto de la fotosíntesis y la máxima concentración de oxígeno disuelto es por la tarde. Por la noche la fotosíntesis se detiene, pero como las necesidades de oxígeno de los organismos continúan, las concentraciones de oxígeno disminuyen. El ciclo diario del oxígeno disuelto es más pronunciado en estanques con brotes fuertes de fitoplancton (Figura 31).

La Figura 32 indica el comportamiento del oxígeno disuelto en los tratamientos, presentando variaciones durante el periodo de estudio que pudieron ser causados por el plancton, sedimentos del fondo y la alimentación esto lo sustenta Boyd⁹², quien menciona que conforme aumenta la tasa de fertilización o de provisión de alimento balanceado se incrementa el fitoplancton durante el día. Esto permite una acuicultura más productiva, pero también hace que la fluctuación del oxígeno disuelto sea mayor entre el día y la noche disminuyendo su concentración por acumulación de materia orgánica en el fondo o en una interfase agua-suelo, donde la actividad microbiana es alta. Cuando el agua no se mueve con libertad dentro del sedimento, la actividad microbiana rápidamente reduce el oxígeno disuelto en el agua ocurriendo procesos aeróbicos.

⁸⁸ Memorias .Curso de extensión en piscicultura. Escuela de Producción Agropecuaria. Facultad De Ciencias Agrarias. Universidad De Antioquia. Mayo, 2004. p. 6.

⁸⁹ GONZÁLES, J y HEREDIA, B. Op cit., p. 134.

⁹⁰ HAGREAVES, Jhon A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. Op cit., p. 350.

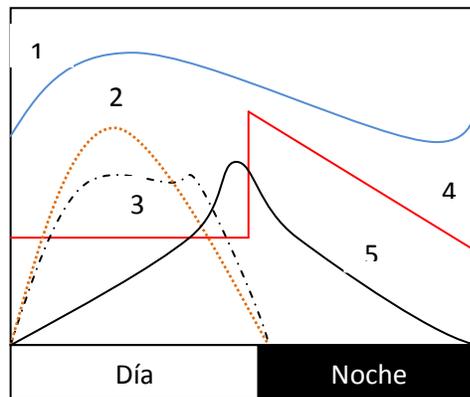
⁹¹ BOYD, Claude. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. 2009. (Citado 10 Septiembre, 2013). 5 p. Disponible en internet: <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>.

⁹² Ibid., p. 17

En la medida que baja la concentración de oxígeno disuelto y prosperan las condiciones anaeróbicas en el suelo, aparecen sustancias reducidas como nitritos, hierro ferroso, manganeso manganeso, sulfuro de hidrógeno, metano, y muchos compuestos orgánicos por efecto de las reacciones químicas y de la respiración de bacterias anaeróbicas. Sin embargo se puede ajustar la alimentación, porque no hay una cantidad única que brinde un nivel adecuado de plancton y de oxígeno.

Figura 31. Ciclo diario en la ecología de un estanque. 1: Oxígeno, 2: Iluminación, 3: Tasa de fotosíntesis (producción primaria), 4: Tasa de pastoreo del zooplancton, 5: Tasa de respiración.

Fuente Boyd.



En sistemas de biofloc, las variaciones en concentración de oxígeno probablemente son por la alta densidad de plancton, corroborado por Ebeling⁹³, quien menciona que cuando predomina el fitoplancton, son altas las variaciones de oxígeno disuelto, pH y amonio existiendo cambios a largo plazo en la densidad de organismos microscópicos por la mortalidad frecuente. Además Azim y Little⁹⁴, mencionan que las algas proporcionan oxígeno para la descomposición y sus restos son una fuente importante de sustrato orgánico para el crecimiento bacteriano. Asimismo se logró mantener los niveles de oxígeno adecuados para la especie que según Casas⁹⁵, este parámetro debe encontrarse sobre 4mg/L (Tabla 9).

La saturación de oxígeno se mantuvo en una concentración superior a 60%. Carbo y Celades⁹⁶, afirman que la aireación es importante para mantener el nivel de

⁹³ EBELING, James; et al. *Op. cit.*, p. 234

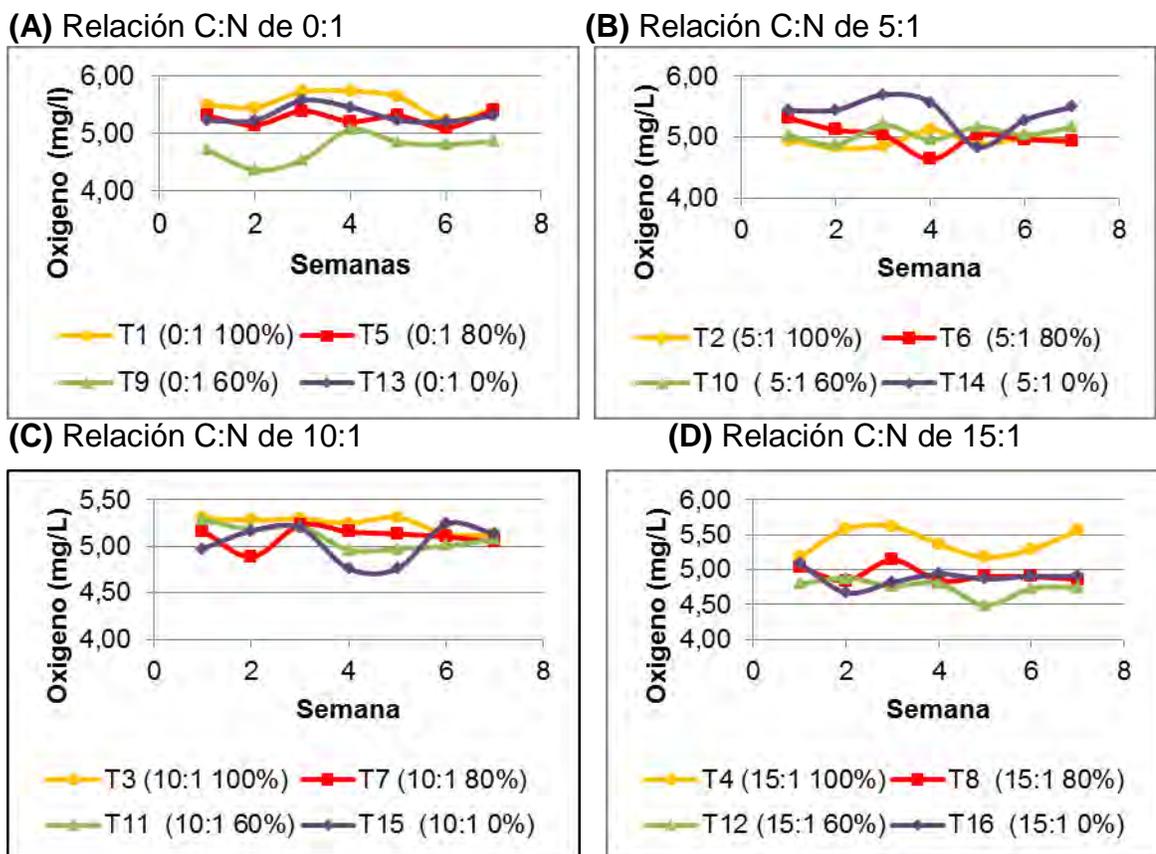
⁹⁴ AZIM, M.E. y LITTLE, D.C. *Op. cit.*, p. 2.

⁹⁵ CASAS, David. *Op. cit.*, p. 15.

⁹⁶ CARBÓ, R Y CELADES, J. *Op. cit.*, p. 2

saturación entre 95 – 100% permitiendo la eliminación de CO₂ y por otro lado mantener en suspensión todos los sólidos, evitando así posibles zonas anaeróbicas. Poleo *et al*⁹⁷, confirman que en sistemas con biofloc, la aireación es esencial para mantener los niveles de saturación, 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. Además Boyd⁹⁸, menciona que el efecto diario del ciclo del oxígeno sobre los peces es poco conocido, pero un buen crecimiento se logra cuando las concentraciones no descienden más de 30 ó 40% de saturación y siempre que éste bajo nivel de concentración de oxígeno no perdure más de 1 ó 2 horas.

Figura 32. Comportamiento de Oxígeno promedio semanal.



El pH promedio del periodo de estudio fue de $7,36 \pm 0,39$ y tuvo una variación de 6,11 hasta 8,23. Estos niveles están dentro de los rangos adecuados para las

⁹⁷ POLEO, Germán; *et al.* Op cit ., p. 432

⁹⁸ BOYD, Claude. Op cit., p. 17

bacterias nitrificantes como lo confirman Wheaton *et al*⁹⁹, quienes mencionan que estos niveles están dentro del rango óptimo de 6-9 para las bacterias en la nitrificación. Según Clavijo¹⁰⁰, los rangos adecuados de pH para la producción de cachama blanca son 6,5 - 8,5 que en comparación con los conseguidos en este estudio son inferiores en algunos tratamientos (T1, T2 y T9) aunque no se reportaron mortalidades.

Tabla 9 Parámetros de calidad de agua, obtenidos en estudios realizados con cachama blanca (*Piaractus brachypomus*).

Parámetro	Casas ¹⁰¹	Poleo, <i>et al</i> ¹⁰² SRA			Poleo, <i>et al</i> ¹⁰³ SCR			Huacas y Velásquez SBA		
	óptimos	Min	Media	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Max
Temperatura °C	25 -30	23,6	27,4	31,5	22,9	26,9	34,4	29,6	30,13	30,7
OD (mg/L)	>4	3,3	5,0	6,6	2,5	4,8	6,8	4,37	5,09	5,74
pH	6,4 – 9	6,1	7,6	8,3	6,4	7,8	8,4	6,1	7,36	8,3
Amonio (mg/L)	0,1 – 0,3	0,0	0,08	0,41	0,0	0,10	0,51	0,01	1,39	8,4
Nitrito (mg/L)	< 1	0,0	0,49	2,18	0,07	0,69	2,05	0,001	1,00	15,4
Nitrato (mg/L)	< 200	0,4	13	51,4	5,3	16,7	58,6	0,2	4,74	48

SCR: sistema de cero recambio SRA: sistema de recirculación de agua SBA: sistema de biofloc+ alimento balanceado.

Durante algunas semanas los peces estuvieron en aguas con concentraciones de amonio y nitritos superiores a los reportados por Casas¹⁰⁴ y Poleo *et al*¹⁰⁵, confirmando nuevamente la alta tolerancia y fácil adaptación de la cachama blanca a condiciones de laboratorio. El amonio se mantuvo en promedio de 1,39±0,32 mg/L registrando altas concentraciones a partir de la semana 1 hasta la semana 4 en todos los tratamientos debido al incremento de la tasa de

⁹⁹ WHEATON, F; *et al*. Nitrification filter principles. En: Aquaculture Water Reuse Systems: Engineering Design and Management. 2 ed. Amsterdam: Michael Timmons y Thomas Losordo, 1994. p. 101–126.

¹⁰⁰ CLAVIJO, Laura. Desarrollo de metodología para la determinación de la digestibilidad de materias primas no convencionales en Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Tesis de grado de Maestría en ciencias agrarias con énfasis en producción animal tropical. Palmira: Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Facultad de ciencias agropecuarias. Coordinación general de posgrados, 2011. 28p.

¹⁰¹ CASAS, David. *Op. cit.*, p. 15

¹⁰² POLEO, Germán; *et al*. *Op cit.*, p. 430

¹⁰³ *Ibid.*, p. 430

¹⁰⁴ CASAS, David. *Op. cit.*, p. 15

¹⁰⁵ POLEO, Germán; *et al*. *Op. cit.*, p. 433

descomposición bacteriana, al metabolismo de los peces y al exceso de alimento comercial (en tratamientos como T1, T2, T3 y T4) lo anteriormente expuesto es corroborado por Asaduzzaman, *et al*¹⁰⁶, quienes mencionan que la descomposición microbiana de la materia orgánica conduce a un aumento de los niveles de NAT y nitritos, asimismo Merino y Sal¹⁰⁷, sostienen que el amoníaco es el principal producto final del catabolismo de la proteína y es excretado por los peces como amoníaco no ionizado (NH₃) a través de las branquias. Del mismo modo Boyd¹⁰⁸ afirma que las bacterias descomponen el alimento no consumido liberando amonio y un incremento en el alimento, producirá una mayor concentración de amonio en el agua. Por otro lado los peces de aguas cálidas poseen un metabolismo máximo que se da a temperaturas de 30-35 °C. La presencia de amoníaco está relacionada con el metabolismo de los peces.

Los nitritos y nitratos promedio estuvieron en 1,00±0,33 mg/L y 4,17±2,87 mg/L con altas concentraciones en la semana 5 lo que indica el desarrollo de la fase final de la nitrificación sin embargo se observa un retraso en la finalización de este proceso porque debía haber ocurrido inmediatamente a la semana 4; donde se presentan las altas concentraciones de amonio y es probable que haya sucedido un colapso entre microorganismos esto confirmado por Nootong, *et al*¹⁰⁹, quienes sostienen que el retraso en el desarrollo de la nitrificación en los tanques de tratamiento (utilizando el tiempo pico del amoníaco como un indicador) se pueden explicar por la competencia por el sustrato amoníaco entre heterótrofos y nitrificantes.

Poleo, *et al*¹¹⁰, afirman que la toxicidad del amonio o de los nitritos varía con la especie, el tamaño y la composición iónica del agua.

Según Rakocy¹¹¹, especies de aguas cálidas como las tilapias comienzan a morir, cuando las concentraciones de amonio no ionizado (NH₃-N) alcanzan valores de 2 mg L⁻¹ y las concentraciones de nitritos (NO₂-N) sobrepasan los 5 mg L⁻¹. Costa,

¹⁰⁶ ASADUZZAMAN, M.; *et al*. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. En: Aquaculture. Mayo, 2010. Vol. 306. p. 135

¹⁰⁷ MERINO, Oscar y SAL, Facundo. Sistemas de recirculación y tratamiento de agua. (citado 20 de julio, 2013). p. 18. Disponible en internet: http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/acuicultura/01=Cultivos/03Otros_Sistemas/_archivos/000003sistem as%20de%20recirculaci%C3%B3n%20y%20tratamiento%20de%20agua.pdf

¹⁰⁸ BOYD, Claude. Op., cit. p. 21

¹⁰⁹ NOOTONG, K y PAVASANT, P. Op., cit. p. 344.

¹¹⁰ POLEO. Op cit. p. 434.

¹¹¹ RAKOCY, J. Tank culture of tilapia. Stoneville: Southern Regional. En: Aquaculture Center, 1989. Publication, p. 1

*et al*¹¹², han observado que *C. macropomum* es poco tolerante a bajas concentraciones de nitritos, concentraciones de 0,28 mg L⁻¹ ya comienzan a ser letales para esta especie. Ochoa *et al* citado por Gonzales *et al*¹¹³, en un estudio previo realizado en juveniles de cachama blanca obtuvo mortalidades de 7, 27 y 33% cuando fueron expuestas durante 96h a 35, 50 y 65 ppm de N-NO₂ respectivamente.

La Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Biológica de Oxígeno registraron concentraciones altas para los dieciséis tratamientos en la semana 5 debido a una mayor cantidad de bacterias y microorganismos presentes en las unidades experimentales que necesitan el consumo de oxígeno para la degradación de la materia orgánica. Además el aumento puede deberse al aporte de nutrientes por heces y alimento no consumido, sin embargo Boyd¹¹⁴, afirma que la excesiva demanda de oxígeno en el fondo se relaciona más con la cantidad de nuevas deposiciones de materia orgánica, que con la cantidad de materia residual la cual es más resistente y se ha acumulado con el tiempo.

En tratamientos con la DBO₅ y la DQO con valores inferiores probablemente se debe a que la presencia de bacterias y microorganismos fue nula o mínima para la degradación de la materia orgánica esto confirmado por Pérez, *et al*¹¹⁵, quienes mencionan que al no existir altos contenidos de bacterias y microorganismos que degraden la materia orgánica la DQO y la DBO₅ tienden a disminuir.

6.4 RELACIÓN BENEFICIO-COSTO

Aquellos tratamientos que fueron alimentados con biofoc y alimento balanceado, el índice de beneficio-costos indica que fue superior contrariamente a los tratamientos sin alimento comercial explicando que esta tecnología no genera un aumento en el costo de producción, permite aumentar densidades de siembra obteniendo alevinos de mejor calidad para iniciar la fase de levante, además permitió disminuir la cantidad de alimento a adicionar según la ración diaria, sin afectar el crecimiento de los peces. Lo anteriormente expuesto es una ventaja debido a que el factor más costoso en la producción acuícola es la alimentación esto

¹¹² COSTA, O; FERREIRA, D; MENDONÇA, F y FERNÁNDEZ, M. Susceptibility of the amazonian fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalminae), to short-term exposure to nitrite. En: Aquaculture, 2004. vol. 232. p. 627-636.

¹¹³ GONZALES, J; SUÁREZ, R; GIL, B Y TORRES, G. Exposición aguda a tres concentraciones de nitrito en juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*). En: Rev.Med. Vet.Zoot. 2005.vol. 52.p. 41.

¹¹⁴ BOYD, Claude. Op.cit. p. 25

¹¹⁵ PEREZ, Jenny; *et al*. Modelo matemático para determinar la calidad del agua en dos puntos del arroyo Guachinango. En: Revista ciencias técnicas agropecuarias. Mayo, 2009. Vol. 18, No. 3. p. 3.

corroborado por Gutiérrez, *et al*¹¹⁶, quienes mencionan que la proteína es uno de los más importantes nutrientes que afecta el rendimiento piscícola pero a su vez es uno de los componentes más costosos en la dieta. Para contrarrestar este inconveniente es necesario utilizar otras alternativas adicionales de alimentación como lo que plantean Craig y Helfrich¹¹⁷, quienes mencionan que el uso de Biofloc no permite una completa sustitución de la comida tradicional, pero todavía puede llevar a cabo una disminución sustancial de los costos de procesamiento donde la alimentación representa el 40-50% de los costos totales de producción.

¹¹⁶ GUTIÉRREZ, *et al*. Utilización de la proteína dietaria por alevinos de la gamitana, (*Colossoma macropomum*), alimentados con dietas isocalóricas. En: Revista peruana de biología. Agosto, 2010. Vol. 17. No. 2. p. 20.

¹¹⁷ CRAIG, Steven y HELFRICH, L. A. Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding [en línea] Virginia Cooperative Extension, Yorktown (Virginia), 2002 [citado 15 junio de 2013]. Disponible en internet: <http://pubs.ext.vt.edu/420/420-256/420-256.html>

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias estadísticas significativas en la variable Tasa de Crecimiento Simple (TCS). La prueba de Duncan (95%) sugiere que los mejores tratamientos con respecto a variables como TCS, incremento de peso, incremento de talla son el T8, T10 y T12 destacándose la mejor media en el T8, sin que afecte la disminución del alimento. Así el uso de sistemas de biofloc podría ser utilizado como alternativa de alimentación para alevinos de Cachama blanca *P. brachypomus* y como tratamientos para efluentes de cualquier sistema de producción de acuícola.

La variable Conversión Alimenticia Aparente demuestran que los alevinos de los tratamientos (T9, T10, T11 y T12) alimentados al 60%, aprovecharon mejor los nutrientes del alimento balanceado y del floc bacteriano, en comparación con los otros tratamientos, lo que convierte al biofloc en un excelente alimento suplementario para la especie.

La relación beneficio costo es mayor en los tratamientos alimentados con biofloc y balanceado al 35% de proteína relación C:N 5:1 10:1 y 15:1 por lo cual el uso de hidratos de carbonos es muy buena opción para la producción de cachama blanca en sistemas de biofloc.

El aumento de la relación C:N, incrementó el volumen de fitoplancton, bacterias heterótrofas, protozoos y macro-invertebrados bentónicos.

La cachama blanca puede tolerar altas densidades de cultivo en sistemas cerrados o sistemas de biofloc con bajo consumo de agua y alta biomasa de peces por unidad de área.

Los valores de sobrevivencia indican que no hubo alta mortalidad en alevinos de Cachama blanca implementando sistemas de biofloc.

Los parámetros de calidad del agua se encontraron dentro de los rangos deseados para el desarrollo de la cachama blanca en términos de oxígeno disuelto, pH y temperatura.

7.2 RECOMENDACIONES

Se necesitan más investigaciones para comparar diferentes fuentes de carbono en sistemas de producción de biofloc, además identificar la calidad nutricional del biofloc y sus componentes para comparar los beneficios económicos con otros sistemas de cultivo alternativos.

Determinar si los ingredientes alternativos derivados de tratamientos biológicos de residuos de pescado, biofloc (flóculos microbianos), podrían ser un ingrediente sustituto adecuado en dietas de para otras especies acuícolas.

Evaluar cualitativa y cuantitativamente las concentraciones de fitoplancton y los microorganismos para evaluar la calidad del biofloc.

Evaluar el desempeño de los sistemas de biofloc por su efecto probiótico en la salud de los peces.

Identificar las relaciones ecológicas entre las bacterias nitrificantes y los heterótrofos en sistemas de biofloc y si la adición de carbono orgánico se puede realizar hasta el establecimiento de la nitrificación completa o se utiliza como una estrategia para reducir rápidamente las concentraciones de NAT y nitritos.

8. BIBLIOGRAFÍA

ACUERDO NACIONAL PISCÍCOLA. Colombia. [citado 1 agosto., 2013]
Disponibile en internet:
http://www.huila.gov.co/documentos/A/Acuerdo_Nacional_Piscicola.pdf.

ANTHONISEN, A.C; LOEHR, R. C.; PREKASAM T.B. y SRINATH E. G. Inhibition of nitrification of ammonia and nitrous acid. En: Journal (Water Pollution Control Federation). Mayo, 1976. vol 48.no. 5, p. 835–852.

ARAUJO-LIMA, C y GOULDING, M. So Fruitful a Fish: Ecology, conservation and aquaculture of the amazon's tambaqui. En: Fundación Conservación del Medio Ambiente. Septiembre, 2008. Vol. 03. p. 279-289

AVNIMELECH, Yoram. Bio-filters: the need for an new comprehensive approach. En: Aquac. Eng. Mayo, 2006. vol.34, no.3. p.172–178.

----- . Overview of Aquaculture Systems. En: Biofloc technology–A practical guide book. Louisiana (E.U): THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY, 2009. 182 p.

----- . Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. En: Aquaculture. Febrero, 1999. vol. 176, no. 3–4. p. 227–235.

----- . Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. En: Aquaculture. Abril, 2007. vol. 264. p. 140-147.

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*). En: Aquaculture. Octubre, 2008. vol. 283. p. 29–35.

ASADUZZAMAN. M; RAHMAN, M.M.; AZIM, M.E.; ISLAM, Ashrafu; WAHAB, M.A.; VERDEGEM, M.C.J. y VERRETH, J.A.J. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. En: Aquaculture. Mayo, 2010. Vol. 306. p. 127-136.

BAUER, William; PRENTICE-HERNANDEZ, Carlos; BORGES, Marcelo; WASIELESKY, Wilson y POERSCH, Luís. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. En: Aquaculture. Febrero, 2012. Vol. 3, Vol 4, p. 112–116

BAUTISTA, Edgar; PERNÍA, Jasael; BARRUETA, David y USECHE, Manuel. Use of Ecological Coffee Pulp Silage in Feeding for Cachamay Fingerlings (*Colossoma macropomus x Piaractus brachypomus*). En: Revista Científica, FCV-LUZ. Octubre, 2005. Vol. 15, No. 1. p. 33-40.

BENAVIDES, Alfredo y LOPEZ Wilmer. Evaluación del efecto del biofloc en la producción de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) en condiciones de laboratorio. Trabajo de grado IPA. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. 2012. 137p

BOYD, Claude. E. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. 2009. (Citado 10 Septiembre, 2013). p. 30. Disponible en internet: <http://www.cesasin.com.mx/CentroAmerica/1Calidad%20del%20agua.pdf>.

BURFORD, Michele; THOMPSON, Peter J.; MCINTOSH, Robins P.; BAUMAN, Robert H. y PEARSON, Doug C. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. En: Aquaculture. Octubre, 2003. vol. 219. p. 393 – 411.

BUSCHMANN, Alejandro H. Impacto Ambiental de la Acuicultura el Estado de la Investigación en Chile y el Mundo. Terram Publicaciones., 2001. ASLLR-339. [citado 4 junio 2013], 6 p. Disponible en internet: <http://www.cetmar.org/DOCUMENTACION/dyp/ImpactoChileacuicultura.pdf>

CLAVIJO, Laura. Desarrollo de metodología para la determinación de la digestibilidad de materias primas no convencionales en Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Tesis de grado de Maestría en ciencias

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. 15 p.

CRAB, R, et al. Nitrogen removal in aquaculture towards sustainable production. En: Aquaculture, 2007. vol, 270. 14 p.

CARBÓ, R Y CELADES, J. Ensayos preliminares de engorde de Tenca (*Tinca tinca*) con Tecnología de Biofloc. En: IRTA (Investigación y Tecnología Agroalimentaria). Carles de la Ràpita, Tarragona. p. 2 [Citado el 17 de junio.,2013]. Disponible en internet: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:OsbhasvF09cJ:www.recercat.cat/bitstream/handle/2072/179057/P-175-Carb%25C3%25B3R.pdf%3Fsequence%3D36+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>

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.

COSTA, O; FERREIRA, D; MENDONÇA, F y FERNÁNDEZ, M. Susceptibility of the amazonian fish, *Colossoma macropomum* (Serrasalminae), to short-term exposure to nitrite. En: Aquaculture, 2004. vol. 232. p. 627-636.

CRAIG, Steven y HELFRICH, L. A.. Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding [en línea] Virginia Cooperative Extension, Yorktown (Virginia), 2002 [citado 15 junio de 2013]. Disponible en internet: <http://pubs.ext.vt.edu/420/420-256/420-256.html>

DE LA HIGUERA, M. Requerimientos de proteína y aminoácidos en peces. 53-98. En: CAICYT. Nutrición en Acuicultura II. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. Madrid, España. 1987. 360 p.

DIAZ, F.J. Y LOPEZ, R.A. El cultivo de la Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) y la Cachama Negra (*Colossoma macropomum*).1993. Villavicencio, Colombia. 254 p.

EBELING, James; TIMMONS, Michael y BIOSOGNI, J. J.Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. En: Aquaculture. March, 2006. vol 257. p. 346–358.

EMERENCIANO, Mauricio; BALLESTER, Eduardo L. C.; O CAVALLI, Ronaldo y WASIELESKY, Wilson. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). En: Aquaculture Research. Septiembre, 2012. Vol. 43. p. 447–457.

EMERENCIANO, Maurício; GAXIOLA, Gabriela y CUZON, Gerard. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. En: Intech open science. Abril, 2003. Vol. 5. p. 301-328.

ERAZO, Silvia y VALLES, Cristina. Determinación de condiciones de crecimiento para el manejo de cachama (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado Ingeniero en Recursos Naturales). Ibarra-Ecuador; Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. 2007. 26p. [citado el 17 junio, 2012] Disponible en internet: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/116>

FAO- INCODER. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia. 2011. [citado 31 julio., 2013] Disponible en internet: http://www.ceniagua.org/archivos/Diagnostico_para_revision_Dic_5_2011_v1.pdf

FAO- INCODER. ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA. Estadísticas de la pesca y Acuicultura en Colombia. 2009 [citado el 28 mayo, 2012]. Disponible en internet: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es.

----- . Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. Roma, 2011. [Citado el 28 mayo, 2012]. Disponible en internet: <http://www.fao.org/docrep/014/i1750s/i1750s00.htm>

FAJARDO, Erika y SARMIENTO Sandra. Evaluación de la melaza de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Trabajo de grado. Microbiología industrial. Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ciencias, 2007. 120 p.

GARCÍA, J. J.; CELIS L. M.; VILLALBA E. L.; MENDOZA L. C.; BRÚ S. B.; ATENCIO V. J. y PARDO S. C. Evaluación del policultivo de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*) utilizando superficies fijadoras de perifiton. En: Revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia. Octubre, 2011. vol 58, no. 2. [Citado 31 julio., 2013] Disponible en internet: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remezvez/article/view/25398/27485>.

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

GONZALES, J; SUÁREZ, R; GIL, B Y TORRES, G. Exposición aguda a tres concentraciones de nitrito en juveniles de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*). En: Rev.Med.Vet.Zoot. 2005. vol. 52. p. 36-43.

GUTIÉRREZ, F; QUISPE, M; VALENZUELA, L; CONTRERAS, G y ZALDÍVAR, J. Utilización de la proteína dietaria por alevinos de la gamitana, (*Colossoma macropomum*), alimentados con dietas isocalóricas. En: Revista peruana de biología. Agosto, 2010. Vol. 17. No. 2. p. 219-223.

GRANADO, Angel. Efecto de la densidad de cultivo sobre el crecimiento del morocoto, *Piaractus brachypomus*, CUVIER, 1818, (Pisces: *Characiformes*), confinado en jaulas flotantes. En: Saber. 2000. vol.12. p.3-7.

HARGREAVES, John A. Biofloc Production Systems for Aquaculture. En: SRAC. Abril, 2013 no. 4503, p.1. [citado 25 junio, 2013]. Disponible en internet: [<https://srac.tamu.edu/index.cfm/event/getFactSheet/whichfactsheet/259/>](https://srac.tamu.edu/index.cfm/event/getFactSheet/whichfactsheet/259/).

HARGREAVES, John A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. En: Aquacultural engineering. Mayo, 2006. vol. 34. No. 3. p. 344-363

HAGOPIAN, D.S y RILEY, J.G. A closer look at the bacteriology of nitrification. En: Aquacultura Engineering. Octubre, 1998. vol. 18, no. 4 p. 223-244

HOULIHAN, D; BOUJARD, T y JOBLING, M. Food intake in fish. Oxford, UK: Blackwell Science; 1st edition. 2008. p. 178.

JU, Z; FORSTER, I; CONQUEST, L y DOMINY, W. Enhanced growth effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from inclusion of whole shrimp fecal fractions to a formulated diet. En: Aquaculture Nutrition. Marzo, 2008. Vol. 14, no. 6. p. 533-543.

JOVER, M. Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. Revista AquaTIC, 9. (2000). [consultado 4 junio 2013] Disponible en internet URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c =82>

KUHN, David D.; LAWRENCE, Addison L.; BOARDMAN, Gregory D.; PATNAIK, Susmita; MARSH, Lori y FLICK, George J. Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. En: Aquaculture. Marzo, 2010. Vol. 303, no. 4, 28-33 p.

LANDINEZ, Miguel y MOJICA, Hermes. Manejo y reproducción de Carácidos. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2005. p.2. Disponible en internet, URL <http://www.arcoiris.org.ec/uploads/File/pdf/PSUR/Manejo.pdf>

LOVELL, R.T. Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostrand Reinhold, New York, NY, mayo, 1988. 260 pp

LUNA-FIGUEROA, J. Alimento vivo: importancia y valor nutritivo. En: Ciencia y Desarrollo, noviembre, 2002. Vol. 166 p. 70-77

LADINO G y RODRIGUEZ J. Efecto de *Lactobacillus casei*, *saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomona palustris* (microorganismos eficientes) y melaza en la ganancia de peso de tilapia *Oreochromis sp.* en condiciones de laboratorio. [en línea], Orinoquia. Vol. 13, Núm. 1. Meta, Colombia. 2009 [citado 16 junio., 2012] Disponible en internet: <http://redalyc.uaemex.mx/scr/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=89612776006>.

MACKENZIE, D; VANPUTTE, C y LEINER, K. Nutrient regulation of endocrine function in fish. En: Aquaculture Research. Febrero, 1998. Vol. 161, No. 4. p. 3-25.

Memorias Curso de extensión en piscicultura. Escuela de Producción Agropecuaria. Facultad De Ciencias Agrarias. Universidad De Antioquia. Mayo, 2004.

MOSS, S; DIVAKARAN, S; KIM, B.G. Stimulating effects of pond water on digestive enzyme activity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone). En: Aquaculture Research. Febrero, 2001.vol. 32, no. 2. p.125-131.

NARVÁEZ, 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. 25 p.

NOOTONG, K. and PAVASANT, P. Effects of Organic Carbon Addition in Controlling Inorganic Nitrogen Concentrations in a Biofloc System. En: Journal of the World Aquaculture society. June, 2011. vol. 42, no. 3. p. 339-346.

PEREZ, Jeny; LOPEZ, Teresa; HERNANDEZ, Geisy y GONZÄLES, Felicita. Modelo matemático para determinar la calidad del agua en dos puntos del arroyo Guachinango. En: Revista ciencias técnicas agropecuarias. Mayo, 2009. Vol. 18, No. 3. p. 23.

POLEO, Germán; ARANBARRIO, José; MENDOZA, Lismen y ROMERO, Oneida. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y dos sistemas cerrados. En: Pesq. agropec. bras., Brasília. Abril, 2011. vol.46, no. 4. [citado el 16 de junio., 2012] Disponible en internet: [http:// www.scielo.br/pdf/pab/v46n4/13.pdf](http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n4/13.pdf).

POERSCH, Luís Henrique; GERALDO, Enemigos; KRUMMENAUER, Dariano; ROMANO, Luis A. y WASIELESKY, Wilson Júnior. Biofloc, una alternativa saludable a la granja de camarones en la Laguna de Santa Catarina, para volver a operar con éxito por el virus de la mancha blanca. Universidad Federal de Rio Grande - FURG, Instituto de Oceanografía, Programa de Posgrado en Acuicultura. Marzo, 2010. Vol. 162, No. 1. p. 7

RAKOCY, James; BAILEY, Donald; MARTIN, J y SHULTZ, Charlie. Tilapia production systems for the lesser antilles and other resource-limited tropical areas. En: International Symposium on Tilapia In Aquaculture Ministry of Agriculture. 2002, Vol. 5, p.651-662.

RAKOCY, James. Tank culture of tilapia. Stoneville: Southern Regional. En: Aquaculture Center, 1989. Publication, 282.

REYES, Manuel. Aplicación de tecnología Bioflocs en cultivo de tilapia. [En línea] Revista industria acuícola. Junio, 2006. vol 6, no. 4. [citado 16 junio., 2012] Disponible en internet: <http://issuu.com/industriaacuicola/docs/industria-acuicola-bol.-6.6>.

SCHRYVER, P.; CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOON, N. y VERSTRAETE, W. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. En: Aquaculture. Junio, 2008. vol 277, no. 3. p. 125–137.

SHARMA, Bhavender y ALERT, R. Nitrification and Nitrogen Removal. En: Water Research. Julio, 1977. Vol. 11. no. 2. p. 897-925

SCHNEIDER, O; CIFRADO, V; EDING, EH; VERRETH, J. melaza como fuente C para producción de bacterias heterótrofas en los desechos de pescado sólido. En: Acuicultura, Junio, 2006.vol.261. p. 1239-1248.

TIMMONS, Michael B.; EBELING, James M.; WHEATON, Fred W.; SUMMERFELT, Steven T. y VINCI, Brian J. Sistemas de Recirculación para la Acuicultura. Edición en español. Santiago, Chile. Fundación Chile. 2002, p 741.

TZACHI, M. Avances en investigación sobre métodos de tratamiento de agua para raceways intensivos con biofloc en Texas. En: Global Acuaculture. Vol. 15, no. 5. Alicorp SAA – Nicovita National Renderers Association. Septiembre/octubre, 2012. 1-60 p.

VÁSQUEZ-TORRES, W; HERNANDEZ-AREVALO, G; GUTIERRES-ESPINOZA, M y YOSSA, M. Effects of dietary protein level on growth and serum parameters in Cachama (*Piaractus brachypomus*). En: Revista colombiana de ciencias pecuarias. Septiembre, 2012. Vol. 25. No.3. p. 450-461.

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. 204 p.

VINATEA, Luis. Principios químicos de qualidade de agua em aquicultura. Editoria da UFSC. Florianopolis. 2004. 231 p.

WASIELESKY, Wilson. ATWOOD, Heidi. STOKES, Al y BROWDY, Craig. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. En: Aquaculture. Agosto, 2006. vol. 258. No. 4, p 396–403.

WILEN, B; JIN, B y LANT, P. The influence of key chemical constituents in activated sludge on surface and flocculating properties. En: WaterResearch. Mayo, 2003. Vol. 37 No. 9.p. 2127–2139.

WHEATON, F; HOCHHEIMER, J.N.; KAISER, G.E; KRONES, M.J.; LIBEY, G.S. y EASTER, C.C. Nitrification filter principles. En: Aquaculture Water Reuse Systems: Engineering Design and Management. 2 ed. Amesterdam: Michael Timmons y Thomas Losordo, 1994. p. 101–126.

WRIGHT, 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

ANEXOS

Anexo A. Cantidad de Carbono orgánico de la melaza.

 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-153-12
Solicitante:	Ana Lilian Huacas Ramírez	Muestra	Melaza	Código lab	736
Dirección:	Cra 17 E No. 24 - 42	Procedencia			
Buesaquillo		Pasto			
cc / nit:	1.085.252.764				
Teléfono:	7 32 42 29	Fecha de Muestreo	DD 10 MM 12 AA 12		
e-mail	lylianitha@hotmail.com	Fecha Recepción Muestra	DD 10 MM 12 AA 12		
		Fecha Reporte	DD 18 MM 12 AA 12		
ANÁLISIS SOLICITADO		Carbono orgánico			
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE DE DETECCIÓN	Melaza
Carbono orgánico	Walkley Black	Espectrofotométrica	g/100g		33,5
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				


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

Elaboró: GSE 18/12/2012
 Revisó: GSE 18/12/2012

Anexo B. Cantidad de melaza (g)

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T2	0,55	2,23	2,59	3,30	4,30	5,93	6,42
T3	1,01	2,70	3,09	3,78	5,91	9,63	13,39
T4	1,58	3,93	4,16	6,02	7,70	11,49	20,71
T5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T6	0,42	1,19	1,11	1,29	2,16	3,29	5,12
T7	0,81	2,02	2,33	3,01	4,64	6,01	10,18
T8	1,26	3,81	3,56	4,98	7,57	11,87	19,00
T9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T10	0,31	0,89	0,89	0,94	1,45	2,30	3,14
T11	0,64	1,64	1,56	2,38	3,60	5,56	7,98
T12	0,99	2,24	2,86	4,89	7,50	11,75	13,92
T13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T14	0,55	2,23	2,59	3,30	4,30	5,93	6,42
T15	1,01	2,70	3,09	3,78	5,91	9,63	13,39
T16	1,58	3,93	4,16	6,02	7,70	11,49	20,71

Anexo C. Registro semanal de alimentación de alevinos de cachama blanca (g) por tratamiento.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T1	7,22	24,98	31,49	34,27	48,49	63,68
T2	8,02	32,56	37,79	48,13	62,71	86,45
T3	7,36	19,68	22,56	27,59	43,10	70,16
T4	7,69	19,12	20,22	29,27	37,39	55,80
T5	6,04	16,31	19,28	20,52	26,65	43,24
T6	6,13	16,45	16,28	18,81	31,49	47,99
T7	5,91	14,74	17,04	21,98	33,85	43,80
T8	6,16	18,50	17,29	24,19	36,76	57,64
T9	4,80	11,97	12,24	28,44	37,01	69,17
T10	4,60	13,05	13,05	13,78	21,16	33,55
T11	4,68	11,95	11,37	17,35	26,28	40,56
T12	4,85	10,92	13,90	23,77	36,44	57,05
T13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
T16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anexo D. Verificación de supuestos estadísticos.

Variable	Modelo	Normalidad	Homogeneidad	Independencia Durbin-Watson
Tasa crecimiento simple (TCS)	$\text{arccoseno}(\sqrt{y_i})$	Chi-Cuadrado ($p < 0,48932$)	Cochran ($p < 0,573239$)	($p < 0,9975$)
Volumen de biofloc (ml/L)	$\text{arccoseno}(y_i)$	Chi-Cuadrado ($p < 0,05652$)	Levene's ($p < 0,6941$)	($p < 0,9960$)
Sólidos suspendidos (mg/L)	$\text{arccoseno}(y_i)$	Chi-Cuadrado ($p < 0,40871$)	Levene's ($p < 0,560947$)	($p < 0,9994$)
Oxígeno disuelto (mg/L)	7:00 h	Chi-Cuadrado($p < 0,0658$)	Levene's ($p < 0,110192$)	($p < 0,1139$)
	12:00 h	$(\sqrt{y_i})$ Chi-Cuadrado($p < 0,69128$)	Levene's ($p < 0,551404$)	($p < 0,1373$)
	18:00 h	Valor-Z asimetría ($p < 0,05616$)	Levene's ($p < 0,494023$)	($p < 0,1819$)
Amonio (mg/L)	$(\sqrt{y_i})$	Valor-Z asimetría ($p < 0,02047$)	Levene's ($p < 0,651595$)	($p < 0,9995$)
Nitritos (mg/L)	$(\sqrt{y_i})$	Valor-Z asimetría ($p < 0,11356$)	Levene's ($p < 0,121614$)	($p < 0,8626$)
Nitrato (mg/L)	$(\sqrt{y_i})$	Valor-Z asimetría ($p < 0,0633$)	Levene's ($p < 0,2719$)	($p < 0,5828$)
DBO ₅	$(\sqrt{y_i})$	Valor-Z asimetría ($p < 0,28859$)	Levene's ($p < 0,941898$)	($p < 0,3571$)
DQO	$(\sqrt{y_i})$	Valor-Z asimetría ($p < 0,54711$)	Levene's ($p < 0,5282$)	($p < 0,6317$)

Anexo E. Registros de Volumen del biofloc (ml/L)

Trato	Inicio	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28	Día 32	Día 36	Día 40	Día 44
T1	0	1,50	4,0	1,0	4,0	2,5	5,0	3,5	3,0	4,5	5	4,7
T2	0	2,50	8,0	5,5	9,0	8,0	8,0	10,0	12,0	10,0	13	12,0
T3	0	3,00	5,0	4,0	5,0	6,0	7,5	6,0	6,5	7,0	9	6,5
T4	0	2,00	3,0	4,0	9,0	10,0	12,0	8,0	10,0	13,0	15	12,0
T5	0	2,00	3,0	6,0	7,5	4,0	5,0	6,0	7,0	6,5	9	5,0
T6	0	1,00	5,0	5,5	7,0	6,0	8,0	9,0	10,0	12,0	5	6,0
T7	0	1,25	6,0	3,5	4,0	5,0	7,0	7,0	8,0	8,0	9	7,0
T8	0	3,25	8,0	5,0	8,5	10,0	16,0	15,0	12,0	12,0	14	15,0
T9	0	1,00	4,0	8,0	9,0	9,0	13,0	15,0	10,0	16,0	13	14,0
T10	0	1,25	5,0	7,0	8,0	8,0	10,0	9,0	8,0	11,0	9	10,0
T11	0	2,00	10,0	8,5	11,0	10,0	12,0	11,0	11,0	10,0	14	9,0
T12	0	2,50	9,5	12,0	12,0	8,0	11,0	12,0	4,0	5,0	6	7,0
T13	0	3,00	5,0	7,0	8,0	10,0	12,0	10,0	10,0	9,0	7	6,0
T14	0	0,50	0,8	0,5	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	3	2,0
T15	0	1,00	1,5	2,0	3,0	2,0	3,5	3,0	2,5	4,0	5	3,0
T16	0	2,50	4,0	4,0	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	3,0	2	2,5

Anexo F. Registro de sólidos suspendidos (mg/L)

Tratamientos	Inicio	Día 4	Día 8	Día 12	Día 16	Día 20	Día 24	Día 28	Día 32	Día 36	Día 40	Día 44
T1	0	3	7	37	35	41	52	48	47	42	49	40
T2	0	1	22	50	34	43	56	43	50	44	46	32
T3	0	3	12	22	20	27	63	33	34	30	38	32
T4	0	4	18	26	28	48	56	43	29	40	16	18
T5	0	1	34	35	30	20	9	23	24	16	14	17
T6	0	2	16	25	18	20	25	16	34	63	50	30
T7	0	4	21	23	30	37	26	38	44	39	34	28
T8	0	2	35	40	48	34	54	45	43	40	32	28
T9	0	4	12	35	38	33	59	57	38	54	24	27
T10	0	3	20	68	28	22	18	32	32	32	38	40
T11	0	2	41	51	53	48	29	49	55	52	40	45
T12	0	3	49	56	59	28	55	37	35	17	22	20
T13	0	1	35	34	52	33	55	41	36	44	25	10
T14	0	4	10	13	16	8	7	5	11	9	10	15
T15	0	1	22	31	28	25	28	27	28	27	23	20
T16	0	2	20	23	28	22	34	20	24	33	35	40

Registro promedio de sólidos suspendidos periodo (mg/L)

Tratamiento	Sólidos suspendidos (mg/L)	Tratamiento	Sólidos suspendidos (mg/L)
T1	43,4±3,57	T9	40,5±3,57
T2	44,2±3,57	T10	34,4±3,57
T3	34,6±3,57	T11	46,8±3,57
T4	33,7±3,57	T12	36,5±3,57
T5	20,8±3,57	T13	36,6±3,57
T6	31,2±3,57	T14	10,4±3,57
T7	33,2±3,57	T15	26,3±3,57
T8	40,2±3,57	T16	28,7±3,57

Anexo G. Análisis de varianza para Volumen del biofloc y sólidos suspendidos

Análisis de varianza Volumen de biofloc

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,0406466	15	0,00270977	0,18	0,9997
A:Factor 1	0,00577238	3	0,00192413	0,13	0,9438
B:Factor 2	0,0147958	3	0,00493192	0,33	0,8063
AB	0,0200784	9	0,00223094	0,15	0,9981
RESIDUOS	2,17612	144	0,0151119		
TOTAL	2,21677	159			

Análisis de varianza Sólidos suspendidos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,0574739	15	0,00383159	0,33	0,9910
A:Factor 1	0,00608059	3	0,00202686	0,18	0,9128
B:Factor 2	0,0086418	3	0,0028806	0,25	0,8616
AB	0,042578	9	0,00473089	0,41	0,9280
RESIDUOS	1,46655	127	0,0115477		
TOTAL	1,52403	142			

Anexo H. Registro de los valores de Peso (g) y Longitud (cm)

Registro de peso (g)

Tratamiento 1

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,44	1,03	4,25	1,55	2,70	5,40	4,00
2	0,25	3,24	2,02	4,52	1,66	3,33	4,20
3	0,44	1,08	1,46	3,10	5,42	3,01	4,41
4	0,38	0,83	2,07	2,11	2,58	4,00	5,09
5	0,41	1,12	1,21	1,19	3,42	3,78	4,97
6	0,31	1,19	2,18	1,50	3,35	2,83	5,60
7	0,39	0,90	1,62	1,50	2,74	2,40	5,90
8	0,31	1,39	1,62	1,48	1,68	3,08	5,69
9	0,19	1,12	1,17	1,84	2,47	4,63	5,44
10	0,38	0,90	1,41	2,45	2,36	3,73	3,80
11	0,42	0,90	2,00	2,00	1,62	3,39	4,28
12	0,27	0,83	1,30	1,23	2,49	1,80	3,87
13	0,31	1,35	1,17	2,16	1,73	4,99	3,75
14	0,33	1,21	1,12	0,99	2,22	3,21	2,79
15	0,45	1,01	1,37	1,23	2,04	4,47	3,69
16	0,34	0,78	1,73	1,17	2,70	1,53	4,59
17	0,54	1,19	1,64	2,49	3,71	2,40	2,20
18	0,44	3,75	1,53	2,79	2,34	5,16	3,01
19	0,29	1,32	1,66	1,50	1,95	3,82	4,00
20	0,49	1,10	1,93	1,12	1,35	3,19	4,83
21	0,31	0,60	1,32	1,82	2,34	3,19	2,90
22	0,32	0,96	1,32	1,62	1,93	2,85	5,54
23	0,39	1,37	0,99	1,32	3,35	3,37	4,20
24	0,40	0,87	1,01	1,39	1,12	3,33	4,52
25	0,28	1,08	1,48	0,92	2,34	2,29	3,64
26	0,27	0,69	1,23	1,19	3,75	2,49	5,15
27	0,24	1,59	1,98	1,91	2,16	3,30	4,38
28	0,25	1,32	1,19	0,87	1,75	--	--
29	0,16	0,96	--	--	--	--	--
30	0,31	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 2

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,36	1,19	1,17	1,80	3,51	5,63	4,07
2	0,28	1,15	2,05	2,16	4,74	5,33	5,08
3	0,24	2,58	2,28	1,68	4,59	5,63	4,13
4	0,49	1,79	1,53	2,55	2,88	5,13	4,24
5	0,39	2,49	1,29	2,82	4,62	5,11	5,48
6	0,36	1,77	1,53	1,92	2,49	5,16	4,35
7	0,27	2,85	1,29	3,60	3,42	5,65	4,14
8	0,49	1,95	1,62	2,22	3,15	5,24	4,56
9	0,28	2,46	1,80	2,58	4,53	5,73	5,98
10	0,31	1,92	2,07	2,67	1,71	2,97	4,17
11	0,49	2,22	1,11	2,61	2,91	3,66	5,78
12	0,69	2,34	2,67	2,10	2,22	4,11	4,29
13	0,24	1,62	1,83	2,46	2,10	3,39	4,11
14	0,48	1,02	3,15	2,40	1,89	3,30	5,24
15	0,14	1,83	1,86	1,86	3,42	2,70	5,35
16	0,38	1,35	1,80	2,04	4,23	4,02	4,38
17	0,46	1,17	2,67	2,64	4,29	3,21	4,77
18	0,32	1,59	2,40	2,76	2,31	4,56	4,05
19	0,22	1,23	1,98	3,00	2,07	2,82	3,66
20	0,4	1,26	1,11	2,34	5,52	2,46	3,87
21	0,34	1,05	2,70	3,18	3,18	4,38	5,85
22	0,40	1,14	1,77	2,70	2,25	4,83	5,61
23	0,44	1,05	1,50	3,33	2,70	3,51	5,22
24	0,24	1,38	2,17	4,08	3,42	4,27	4,56
25	0,62	1,13	2,31	2,46	2,13	3,93	4,14
26	0,36	1,29	1,11	1,20	2,19	3,87	4,35
27	0,45	1,38	1,38	1,17	2,25	4,80	4,20
28	0,52	1,26	1,53	1,20	2,37	3,99	4,16
29	0,46	1,05	2,31	1,23	2,49	4,11	3,87
30	0,33	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 3

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,36	1,17	0,99	1,46	2,74	4,11	5,85
2	0,42	0,94	1,12	1,64	3,06	2,45	3,93
3	0,25	1,35	0,90	1,73	2,16	4,65	5,84
4	0,40	1,19	1,64	1,62	2,45	3,78	5,95
5	0,36	1,19	1,23	1,57	2,65	4,14	4,77
6	0,47	1,46	0,94	1,35	2,88	3,93	5,02
7	0,28	0,63	0,99	1,50	1,75	2,79	5,69
8	0,4	0,63	1,03	1,37	2,47	3,91	5,36
9	0,34	0,74	1,01	1,14	3,24	3,51	5,04
10	0,3	0,67	1,17	1,21	2,11	2,79	5,54
11	0,36	0,60	1,64	0,85	2,47	3,91	4,95
12	0,33	1,05	1,10	1,53	2,43	3,01	5,36
13	0,28	1,37	1,01	1,03	1,53	2,74	5,01
14	0,4	1,03	1,44	1,28	1,80	5,06	5,33
15	0,23	0,96	1,26	2,40	1,44	4,61	5,42
16	0,30	1,17	1,30	1,59	2,65	4,63	4,25
17	0,42	1,46	1,19	1,37	1,84	2,40	5,64
18	0,47	0,63	1,01	1,08	2,63	4,70	3,25
19	0,38	0,63	0,92	1,59	2,49	3,75	5,40
20	0,26	0,74	1,30	1,10	2,92	4,54	5,22
21	0,38	0,67	0,83	0,94	2,43	4,32	5,61
22	0,40	0,67	0,99	1,64	1,84	3,55	4,79
23	0,38	1,05	1,28	1,14	2,07	1,82	3,57
24	0,33	1,37	1,01	1,53	1,46	2,65	4,47
25	0,22	1,03	0,69	1,21	1,39	2,85	3,85
26	0,37	0,96	1,39	1,59	1,46	3,17	5,46
27	0,3	1,12	1,01	1,55	1,50	3,53	4,68
28	0,32	0,69	0,90	1,41	1,71	2,92	4,07
29	0,51	0,94	0,94	--	--	--	--
30	0,29	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 4

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,29	1,03	0,78	1,47	1,91	3,10	5,85
2	0,39	1,01	0,78	1,29	1,86	5,35	5,63
3	0,28	0,81	0,81	1,60	3,46	3,06	5,04
4	0,44	0,74	0,81	1,23	1,53	5,24	4,65
5	0,42	1,26	0,83	1,45	1,68	2,27	5,58
6	0,53	1,26	0,85	1,50	2,16	2,36	4,74
7	0,38	0,65	0,74	1,61	1,73	1,95	5,89
8	0,46	0,83	0,81	1,56	1,68	2,79	5,06
9	0,38	0,72	0,72	1,15	3,30	4,95	4,23
10	0,40	1,01	0,85	1,64	1,89	2,88	5,26
11	0,35	1,03	0,72	2,05	1,91	2,85	5,95
12	0,39	1,03	1,14	1,52	1,75	3,21	5,51
13	0,25	0,96	1,39	1,89	1,55	2,02	3,55
14	0,32	0,67	0,90	1,68	1,50	3,89	5,71
15	0,30	1,19	1,55	1,59	3,06	2,43	5,82
16	0,42	1,21	1,59	1,40	2,61	2,40	4,00
17	0,46	0,83	0,90	1,23	1,55	1,62	3,75
18	0,26	0,96	1,48	1,24	1,50	2,72	4,74
19	0,30	0,78	0,72	1,52	1,68	2,76	5,49
20	0,44	0,69	0,85	1,34	1,55	2,34	5,06
21	0,47	1,21	0,72	1,23	1,62	2,52	5,24
22	0,26	0,94	1,14	1,35	1,98	2,58	5,31
23	0,36	0,96	1,39	1,22	1,91	2,43	5,15
24	0,35	0,72	0,90	1,33	1,57	2,34	5,06
25	0,49	0,94	1,55	1,84	1,55	2,38	5,10
26	0,25	1,08	1,59	1,35	1,53	2,52	5,49
27	0,30	0,78	0,90	1,92	1,71	2,49	5,84
28	0,29	1,17	1,48	1,62	1,68	2,27	5,00
29	0,36	0,85	--	--	--	--	--
30	0,39	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 5

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,38	1,17	0,83	0,83	1,53	4,44	5,27
2	0,38	0,92	0,96	1,08	1,55	4,42	5,39
3	0,24	0,83	1,23	1,01	2,08	1,05	5,14
4	0,36	0,78	1,10	0,90	2,65	4,00	4,35
5	0,31	1,08	1,17	1,10	2,02	3,87	5,42
6	0,42	1,17	0,74	1,08	1,41	3,46	5,73
7	0,40	1,35	0,92	1,01	2,00	2,65	3,44
8	0,42	1,62	0,85	1,10	3,17	2,81	2,79
9	0,34	1,21	1,19	0,92	1,46	3,19	2,81
10	0,25	0,99	0,78	0,65	1,64	3,72	2,52
11	0,37	0,92	1,28	1,10	2,29	2,20	2,54
12	0,20	1,17	1,26	1,10	1,71	2,40	2,72
13	0,30	0,76	0,85	1,14	1,53	3,48	5,34
14	0,44	0,65	0,74	1,01	2,13	2,54	6,02
15	0,35	1,10	1,50	1,73	1,57	2,63	4,42
16	0,36	1,01	1,41	1,28	1,35	2,79	4,56
17	0,45	0,85	1,26	1,08	1,21	2,65	3,42
18	0,60	0,85	1,26	1,64	1,62	2,13	2,74
19	0,38	1,19	1,59	1,23	0,96	2,97	1,12
20	0,30	1,10	1,50	1,71	2,18	3,48	4,16
21	0,36	1,64	2,04	1,01	1,48	2,79	3,46
22	0,21	0,81	1,21	1,71	2,18	3,48	3,73
23	0,33	0,58	2,18	2,67	2,34	2,92	3,60
24	0,36	1,30	1,37	1,86	2,43	2,27	2,94
25	0,36	0,56	2,16	2,65	1,62	2,58	3,26
26	0,52	0,85	1,46	1,95	1,48	2,29	2,97
27	0,43	0,96	1,59	2,09	--	--	--
28	0,38	0,92	--	--	--	--	--
29	0,32	0,78	--	--	--	--	--
30	0,27	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 6

Datos	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,32	1,10	1,10	0,99	2,02	4,50	5,37
2	0,62	0,96	1,03	1,05	2,74	3,57	6,05
3	0,47	1,23	1,10	1,39	3,17	3,28	4,54
4	0,21	0,90	0,96	1,19	2,22	4,11	5,67
5	0,44	1,08	0,56	1,28	1,57	3,17	5,31
6	0,42	1,03	0,47	2,00	2,16	1,82	4,43
7	0,4	1,03	0,78	0,83	3,24	4,50	5,06
8	0,38	0,81	1,03	1,93	2,00	2,00	5,31
9	0,34	1,14	1,57	1,30	2,07	3,57	5,62
10	0,28	1,32	1,55	1,77	2,07	3,57	5,60
11	0,36	1,35	0,63	1,05	2,90	3,35	5,40
12	0,29	0,83	0,94	1,44	1,46	1,89	5,16
13	0,47	2,76	0,83	1,21	2,16	5,64	3,78
14	0,28	1,01	0,72	0,45	1,23	4,47	5,08
15	0,21	1,41	0,65	1,46	1,75	2,36	4,20
16	0,30	1,03	1,10	1,12	1,12	2,07	5,01
17	0,31	0,76	0,65	1,12	2,31	3,10	2,94
18	0,59	0,72	0,76	1,35	2,22	3,44	4,79
19	0,33	1,32	3,26	1,19	0,60	3,12	5,69
20	0,34	0,99	1,14	1,14	2,13	2,63	5,35
21	0,38	0,99	0,92	1,35	3,82	3,03	3,60
22	0,42	0,40	1,26	0,69	1,89	3,46	5,24
23	0,54	0,42	1,03	1,12	1,12	2,00	3,35
24	0,42	0,92	0,63	1,12	2,02	1,50	5,43
25	0,42	0,78	1,87	0,51	1,73	3,24	2,16
26	0,28	0,60	0,69	0,87	2,38	2,47	4,90
27	0,28	0,90	0,99	0,85	1,14	1,08	4,18
28	0,31	0,76	0,85	1,82	0,99	2,76	3,96
29	0,31	0,83	--	--	--	--	--
30	0,23	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 7

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,30	0,87	1,26	1,57	2,07	3,55	5,85
2	0,34	0,74	0,87	1,57	2,79	3,46	5,18
3	0,44	1,21	1,46	1,73	0,85	4,23	4,45
4	0,42	0,99	1,17	0,74	2,70	2,02	5,91
5	0,24	0,87	1,14	1,66	2,25	3,10	4,54
6	0,45	0,63	0,69	1,26	2,92	4,92	6,6
7	0,30	0,83	1,55	1,28	2,38	4,61	5,56
8	0,36	0,47	1,05	1,75	2,36	4,47	5,02
9	0,29	0,96	0,99	1,23	2,13	2,90	5,64
10	0,20	0,76	1,39	1,64	1,98	4,09	6,29
11	0,31	1,17	0,78	1,53	1,46	3,71	6,43
12	0,43	1,01	0,85	1,86	2,34	3,19	5,49
13	0,39	0,74	1,48	1,14	1,91	3,03	6,63
14	0,25	1,21	0,76	1,14	2,13	0,96	6,16
15	0,39	0,99	1,32	1,59	3,35	2,45	1,75
16	0,32	0,87	1,17	1,08	2,20	2,81	6,34
17	0,26	0,63	1,37	1,28	1,46	2,04	5,42
18	0,39	0,83	1,55	1,71	2,18	3,80	5,44
19	0,27	0,47	1,05	1,03	2,18	2,67	1,82
20	0,39	0,96	0,47	0,63	2,61	0,94	2,2
21	0,40	0,76	1,01	2,43	2,36	1,59	1,17
22	0,22	0,69	0,90	1,44	1,62	1,80	6,34
23	0,43	0,94	0,96	1,21	1,19	2,16	5,42
24	0,42	0,94	1,03	1,26	1,68	2,79	5,44
25	0,40	0,85	0,81	1,14	2,79	0,85	1,82
26	0,34	1,14	1,17	1,50	2,2	2,70	2,2
27	0,43	0,87	1,08	1,41	2,18	1,46	1,17
28	0,38	0,87	1,10	1,44	2,18	1,91	6,18
29	0,35	1,1	--	--	--	--	--
30	0,45	0,96	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 8

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,38	1,17	0,83	1,01	6,03	5,55	6,10
2	0,35	1,32	1,32	1,62	2,40	4,54	6,19
3	0,33	0,85	1,66	1,77	2,67	3,51	6,88
4	0,39	2,09	0,83	1,55	3,42	2,83	6,96
5	0,46	1,21	0,72	2,76	3,01	4,20	4,56
6	0,42	1,39	0,69	2,16	2,85	2,99	6,06
7	0,20	1,59	1,08	2,31	3,46	3,12	5,96
8	0,34	1,12	1,01	1,64	1,44	3,53	3,55
9	0,47	1,53	0,85	1,30	1,12	2,25	5,53
10	0,43	1,10	1,46	1,17	2,11	4,43	3,35
11	0,31	1,57	1,41	1,19	2,09	4,90	6,03
12	0,45	0,96	1,30	1,05	2,81	4,20	5,98
13	0,40	0,96	0,78	1,41	1,80	4,68	6,00
14	0,28	1,08	0,87	1,39	1,75	4,27	6,23
15	0,40	0,92	0,99	3,93	2,09	4,11	5,46
16	0,36	1,57	0,94	1,46	1,71	3,48	6,07
17	0,36	0,96	0,96	1,01	2,29	2,85	6,54
18	0,38	0,67	0,51	1,26	2,38	3,91	6,09
19	0,40	0,76	0,94	1,17	2,27	3,69	6,24
20	0,44	0,72	1,41	1,53	3,57	3,39	6,74
21	0,36	0,74	1,28	1,05	1,01	3,96	5,10
22	0,33	1,08	1,01	1,62	2,45	2,83	6,90
23	0,47	0,78	0,92	0,60	2,09	3,06	6,72
24	0,34	0,83	1,21	1,28	2,88	3,51	6,96
25	0,44	1,46	1,48	1,01	1,01	2,83	4,56
26	0,17	1,01	1,55	1,62	1,62	4,20	6,06
27	0,37	0,67	1,46	1,77	1,77	2,99	5,96
28	0,22	1,32	1,41	1,55	1,55	3,12	5,98
29	0,31	0,94	--	--	--	--	--
30	0,44	0,67	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 9

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,38	1,64	1,35	2,70	3,03	3,54	3,17
2	0,44	1,17	1,03	1,57	2,88	3,60	4,72
3	0,49	0,85	1,17	0,76	2,22	2,34	4,61
4	0,27	1,50	1,05	0,87	2,43	3,80	4,61
5	0,40	0,49	0,56	2,20	2,72	3,64	4,83
6	0,39	1,08	0,83	2,49	1,86	3,93	4,05
7	0,40	1,28	0,81	0,63	2,29	3,91	4,26
8	0,36	1,01	0,92	2,00	3,12	3,43	4,24
9	0,40	0,65	1,32	1,05	2,04	3,28	4,16
10	0,24	1,44	0,83	1,89	2,79	2,70	4,72
11	0,21	1,53	1,03	2,11	2,45	2,94	4,88
12	0,35	0,58	0,81	1,89	1,53	3,84	4,61
13	0,31	0,99	1,35	1,01	2,04	3,28	4,24
14	0,32	0,92	1,03	0,94	1,84	3,66	4,27
15	0,39	0,67	1,19	1,44	2,65	2,92	2,85
16	0,52	0,58	1,10	1,77	1,86	3,53	4,32
17	0,27	0,67	1,01	1,50	1,77	3,46	4,60
18	0,44	0,56	0,83	1,35	1,80	2,92	4,61
19	0,40	0,54	1,08	1,91	0,99	3,46	4,35
20	0,25	1,23	0,92	1,80	0,85	1,59	4,75
21	0,51	1,01	1,35	1,84	2,61	4,07	4,54
22	0,50	1,21	1,08	1,53	2,52	2,81	4,46
23	0,44	1,05	0,81	1,30	2,67	3,60	4,31
24	0,31	0,76	1,37	1,95	2,29	2,34	4,68
25	0,44	0,99	1,03	1,57	3,03	3,80	4,52
26	0,25	0,69	1,19	0,76	2,88	3,64	4,51
27	0,49	0,58	1,05	0,87	2,43	3,91	4,23
28	0,28	1,10	1,05	2,20	2,72	3,33	4,07
29	0,23	0,72	--	--	--	--	--
30	0,76	1,01	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 10

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,49	0,94	1,23	2,70	2,99	5,28	5,91
2	0,49	1,21	1,37	2,16	3,78	4,59	5,35
3	0,50	1,12	0,63	1,98	2,88	4,43	5,46
4	0,46	1,03	0,92	1,32	2,76	4,92	5,58
5	0,38	0,60	0,85	1,55	3,03	4,20	6,26
6	0,46	1,71	1,48	2,45	3,21	3,93	5,71
7	0,28	1,62	1,05	2,11	2,38	2,81	6,34
8	0,28	0,96	0,94	2,29	2,00	5,26	6,00
9	0,40	0,76	1,48	2,31	1,35	5,13	5,73
10	0,42	0,54	1,66	1,95	1,73	4,81	6,03
11	0,34	1,03	1,48	1,41	2,99	3,10	5,71
12	0,30	1,26	0,94	1,08	3,03	3,60	4,74
13	0,43	0,90	0,94	1,35	2,97	3,06	6,32
14	0,40	0,51	2,16	0,74	2,38	3,71	6,90
15	0,29	0,63	0,74	2,49	3,15	4,43	6,69
16	0,27	1,35	1,19	3,08	2,20	4,09	5,19
17	0,36	1,41	1,39	1,39	4,05	4,74	3,08
18	0,30	1,46	0,58	1,05	4,14	3,44	4,92
19	0,36	1,28	1,64	1,98	2,13	3,39	5,51
20	0,48	1,03	1,37	1,95	3,06	1,86	4,56
21	0,39	0,76	1,59	2,11	3,62	1,89	5,08
22	0,27	1,12	1,41	1,26	2,99	4,29	6,76
23	0,44	1,26	1,23	2,09	3,37	2,56	5,58
24	0,20	1,17	0,74	2,25	1,28	3,42	5,33
25	0,30	1,17	0,72	1,35	2,99	4,20	5,71
26	0,31	0,94	1,41	2,16	3,78	3,93	6,34
27	0,35	0,94	0,74	1,08	2,88	2,81	6,00
28	0,42	0,85	0,94	0,74	2,76	5,26	6,00
29	0,30	0,83	--	--	--	--	--
30	0,28	0,69	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 11

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,44	0,99	0,67	1,50	2,18	4,16	4,74
2	0,43	1,46	1,01	1,19	2,18	3,66	4,99
3	0,36	1,46	0,96	0,96	2,43	3,60	5,85
4	0,47	0,72	0,92	1,08	2,90	4,16	3,89
5	0,51	1,41	1,10	0,76	2,25	4,05	4,16
6	0,29	1,05	1,01	0,87	1,80	2,45	5,10
7	0,49	1,26	1,19	1,91	1,30	3,73	6,21
8	0,43	1,17	0,96	2,07	1,26	3,48	5,73
9	0,40	0,58	0,51	1,44	2,45	2,22	5,01
10	0,24	0,65	0,99	1,39	2,29	5,67	5,33
11	0,45	0,63	0,63	1,80	1,32	3,93	3,82
12	0,46	1,26	0,72	1,64	2,20	4,23	4,11
13	0,33	0,85	1,19	1,98	2,61	3,12	5,42
14	0,28	1,21	0,69	1,62	2,09	3,26	5,80
15	0,37	0,54	1,01	1,62	2,20	2,79	5,76
16	0,22	0,65	0,99	1,68	2,72	2,13	5,44
17	0,42	0,63	0,92	1,59	1,95	3,37	5,80
18	0,33	1,26	1,20	1,66	2,56	2,90	5,26
19	0,42	0,85	1,01	1,77	3,37	2,36	4,47
20	0,30	1,21	1,21	1,57	2,67	3,24	3,78
21	0,33	0,54	0,96	1,64	2,38	2,58	4,11
22	0,29	0,51	0,54	1,46	1,50	3,55	3,98
23	0,34	0,51	0,99	1,48	2,47	4,00	5,04
24	0,26	0,94	1,08	1,57	2,29	3,78	4,56
25	0,40	1,17	1,69	1,41	2,40	2,72	4,43
26	0,42	0,69	0,72	1,5	2,18	4,16	4,74
27	0,50	1,26	1,19	1,19	2,18	3,66	4,99
28	0,32	1,41	1,01	0,96	2,43	3,60	5,85
29	0,38	0,78	--	--	--	--	--
30	0,27	0,81	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 12

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,42	0,99	1,03	2,02	3,06	5,08	5,42
2	0,51	0,94	1,46	2,40	3,87	5,27	5,42
3	0,38	0,47	1,14	1,62	2,76	4,38	6,13
4	0,48	1,05	1,21	2,27	3,48	5,76	6,60
5	0,43	0,74	1,30	2,04	3,35	5,40	6,49
6	0,32	0,60	0,78	1,39	2,18	3,57	4,32
7	0,44	1,23	0,67	1,91	2,58	4,50	5,62
8	0,33	0,76	0,72	1,48	2,20	3,69	6,16
9	0,42	1,14	0,69	1,84	2,54	4,38	5,06
10	0,33	1,19	1,53	2,72	4,25	5,97	6,13
11	0,37	0,45	0,99	1,44	2,43	3,87	6,63
12	0,50	0,99	0,51	1,50	2,02	3,53	5,82
13	0,37	0,38	0,87	1,26	2,13	3,39	6,48
14	0,26	0,67	4,00	2,68	4,68	6,68	5,87
15	0,62	0,81	1,28	2,09	3,37	5,46	5,01
16	0,39	1,03	1,17	2,20	3,37	5,58	6,07
17	0,35	0,69	1,12	1,82	2,94	4,77	6,36
18	0,52	3,66	1,14	4,81	4,96	4,82	3,90
19	0,34	1,01	0,78	1,80	2,58	4,38	6,35
20	0,45	1,01	1,01	2,02	3,03	5,06	5,69
21	0,34	0,45	1,37	1,82	3,19	5,01	5,71
22	0,3	0,54	0,81	1,35	2,16	3,51	4,59
23	0,34	0,90	1,03	1,93	2,97	4,90	6,15
24	0,2	0,87	1,46	2,34	3,8	6,14	6,33
25	0,28	0,81	1,14	1,95	3,10	5,06	6,49
26	0,38	0,58	1,21	1,80	3,01	4,81	4,32
27	0,28	0,78	1,30	2,09	3,39	5,49	5,67
28	0,44	0,63	1,37	2,00	3,37	5,37	6,16
29	0,4	0,63	--	--	--	--	--
30	0,35	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 13

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,42	0,72	0,46	0,58	0,87	0,86	0,86
2	0,51	0,78	0,66	0,84	0,76	0,78	0,5
3	0,38	0,58	0,69	0,78	0,79	0,81	0,6
4	0,48	0,84	0,48	0,46	0,48	0,49	0,78
5	0,43	0,45	0,75	0,79	0,81	0,82	0,46
6	0,32	0,35	0,70	0,45	0,46	0,48	0,59
7	0,44	0,48	0,63	0,45	0,46	0,48	0,5
8	0,33	0,45	0,42	0,49	0,51	0,52	0,65
9	0,42	0,54	0,73	0,58	0,60	0,61	0,63
10	0,33	0,51	0,37	0,66	0,67	0,69	0,68
11	0,37	0,54	0,79	0,45	0,46	0,48	0,93
12	0,5	0,73	0,70	0,55	0,57	--	--
13	0,37	0,37	0,57	0,52	0,54	--	--
14	0,26	0,42	0,58	0,52	0,54	--	--
15	0,62	0,55	0,48	0,58	0,60	--	--
16	0,39	0,52	0,43	0,84	0,84	--	--
17	0,35	0,45	0,42	0,78	0,79	--	--
18	0,52	0,54	--	--	--	--	--
19	0,34	0,49	--	--	--	--	--
20	0,45	0,49	--	--	--	--	--
21	0,34	0,49	--	--	--	--	--
22	0,3	0,63	--	--	--	--	--
23	0,34	0,30	--	--	--	--	--
24	0,18	0,45	--	--	--	--	--
25	0,28	0,60	--	--	--	--	--
26	0,38	0,42	--	--	--	--	--
27	0,28	0,66	--	--	--	--	--
28	0,44	0,36	--	--	--	--	--
29	0,40	--	--	--	--	--	--
30	0,35	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 14

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,43	0,69	0,39	0,77	0,90	1,32	2,22
2	0,3	0,60	0,69	0,86	0,75	1,34	2,09
3	0,35	0,53	0,45	0,74	0,81	1,29	2,10
4	0,39	0,72	0,72	0,77	0,65	0,82	1,47
5	0,25	0,81	0,69	0,51	1,01	1,10	2,10
6	0,57	0,47	0,47	0,48	0,87	0,88	1,75
7	0,37	0,68	0,39	0,74	0,86	1,26	2,12
8	0,45	0,81	0,71	1,02	0,87	0,74	1,61
9	0,42	0,77	0,60	0,77	0,77	1,19	1,95
10	0,41	0,53	0,65	0,68	0,77	0,96	1,73
11	0,32	0,38	0,36	0,45	0,81	0,95	1,76
12	0,21	0,60	0,93	0,77	0,90	1,28	2,18
13	0,45	0,63	0,50	0,81	0,80	1,20	2,00
14	0,34	0,68	0,66	0,90	0,89	1,20	2,09
15	0,34	0,54	0,57	0,65	0,57	1,20	1,77
16	0,26	0,54	0,32	0,71	0,65	0,84	1,48
17	0,33	0,51	0,50	0,63	0,95	1,40	2,34
18	0,47	0,66	0,65	0,99	0,99	1,28	2,27
19	0,43	0,41	0,90	0,65	1,04	0,98	2,01
20	0,32	0,30	0,53	0,87	0,96	0,69	1,65
21	0,34	0,57	0,77	0,90	--	--	--
22	0,44	0,47	0,42	0,65	--	--	--
23	0,5	0,57	0,50	0,80	--	--	--
24	0,31	0,53	0,72	0,53	--	--	--
25	0,4	0,45	--	--	--	--	--
26	0,54	0,33	--	--	--	--	--
27	0,4	0,42	--	--	--	--	--
28	0,42	--	--	--	--	--	--
29	0,22	--	--	--	--	--	--
30	0,28	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 15

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,2	0,53	0,99	1,31	1,09	1,34	1,23
2	0,32	0,59	0,60	1,16	1,07	1,19	1,32
3	0,3	0,39	0,69	1,08	1,16	1,11	1,19
4	0,31	0,59	0,54	1,08	1,10	1,11	1,16
5	0,29	0,60	0,32	1,13	1,19	1,16	1,31
6	0,34	0,69	0,44	1,11	1,13	1,14	1,32
7	0,52	0,50	0,86	1,20	1,12	1,23	1,10
8	0,39	0,30	0,35	1,07	1,07	1,10	1,22
9	0,42	0,59	0,54	1,06	1,33	1,08	1,08
10	0,47	0,56	0,57	1,15	1,18	1,17	1,11
11	0,38	0,45	0,39	1,09	1,10	1,11	1,19
12	0,41	0,66	0,83	1,18	1,10	1,20	1,37
13	0,51	0,48	0,68	1,12	1,15	1,14	1,07
14	0,39	0,62	0,63	1,10	1,13	1,13	1,08
15	0,28	0,33	0,48	1,06	1,22	1,08	1,02
16	0,34	0,50	0,86	--	--	--	--
17	0,48	0,42	0,54	--	--	--	--
18	0,42	0,60	0,57	--	--	--	--
19	0,42	0,51	0,39	--	--	--	--
20	0,28	0,78	0,83	--	--	--	--
21	0,35	0,45	0,68	--	--	--	--
22	0,39	0,39	0,63	--	--	--	--
23	0,32	0,53	0,48	--	--	--	--
24	0,29	0,59	0,50	--	--	--	--
25	0,28	0,39	0,75	--	--	--	--
26	0,44	0,59	0,54	--	--	--	--
27	0,38	0,60	0,63	--	--	--	--
28	0,37	0,45	--	--	--	--	--
29	0,44	--	--	--	--	--	--
30	0,25	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 16

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	0,28	0,74	0,54	0,80	0,77	0,95	1,05
2	0,42	0,84	0,51	0,39	1,40	1,58	1,68
3	0,35	0,84	0,63	0,74	1,25	1,43	1,53
4	0,45	0,41	0,59	0,66	0,99	1,17	1,28
5	0,40	0,78	0,72	0,56	0,84	1,02	1,13
6	0,45	0,87	0,59	1,16	1,19	1,37	1,47
7	0,39	0,75	0,50	0,99	1,01	1,19	1,29
8	0,27	0,68	0,48	0,95	0,89	1,07	1,17
9	0,44	0,68	0,62	0,72	0,86	1,04	1,14
10	0,49	0,42	0,42	0,86	1,22	1,40	1,50
11	0,40	0,71	0,53	0,51	0,60	0,78	0,89
12	0,44	0,41	0,86	0,63	0,71	0,89	0,99
13	0,18	0,39	0,77	0,44	0,98	1,16	1,26
14	0,26	0,65	0,45	0,77	1,04	1,22	1,32
15	0,30	0,66	0,63	0,38	0,84	1,02	1,13
16	0,30	0,66	0,51	0,57	0,86	1,04	1,14
17	0,30	0,45	0,39	0,38	--	--	--
18	0,29	0,51	0,87	0,35	--	--	--
19	0,35	0,53	0,48	--	--	--	--
20	0,36	0,42	0,78	--	--	--	--
21	0,37	0,75	0,62	--	--	--	--
22	0,46	0,71	0,53	--	--	--	--
23	0,25	0,45	0,78	--	--	--	--
24	0,46	0,51	0,78	--	--	--	--
25	0,27	0,59	--	--	--	--	--
26	0,28	0,50	--	--	--	--	--
27	0,40	0,54	--	--	--	--	--
28	0,23	0,66	--	--	--	--	--
29	0,23	--	--	--	--	--	--
30	0,31	--	--	--	--	--	--
		--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Registro de longitud (cm)

Tratamiento 1

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	3,00	3,82	5,99	4,94	5,49	6,00	6,20
2	3,00	5,50	5,27	6,50	4,83	5,79	6,21
3	2,80	4,18	4,61	6,47	6,87	5,68	6,20
4	3,20	3,82	4,70	6,46	5,20	6,50	6,96
5	3,00	3,70	4,21	4,68	6,09	6,08	6,50
6	3,30	4,26	5,13	4,68	5,98	5,21	6,61
7	3,20	3,70	4,64	4,74	5,46	5,44	6,42
8	3,30	4,28	4,83	4,61	5,05	6,08	6,86
9	2,60	4,14	4,34	5,03	5,20	6,60	6,86
10	3,30	3,70	4,19	5,16	5,20	5,95	5,78
11	3,20	3,82	4,87	4,68	4,79	5,95	6,77
12	3,10	3,70	4,01	4,26	5,33	5,04	6,20
13	3,00	4,30	4,00	4,48	4,95	6,86	5,98
14	3,10	4,06	4,18	4,44	5,03	5,46	5,34
15	3,20	3,70	4,61	4,18	5,05	5,29	6,13
16	3,10	4,30	4,70	4,48	5,33	4,79	6,50
17	3,10	4,09	4,62	5,34	6,04	5,20	5,26
18	2,50	4,26	4,48	4,48	5,20	6,48	5,83
19	3,20	4,04	4,70	4,61	5,20	6,09	6,20
20	2,40	3,68	4,71	4,16	4,22	5,68	6,50
21	3,10	3,72	4,03	4,74	5,20	5,95	5,60
22	2,90	4,26	4,95	4,74	4,47	5,16	6,42
23	2,70	3,80	3,90	4,74	5,96	5,33	6,47
24	3,20	3,46	3,87	4,48	4,27	5,48	6,34
25	3,10	3,58	4,18	4,74	5,20	5,3	5,66
26	3,20	4,76	4,18	4,48	6,09	5,52	5,70
27	3,10	4,26	4,87	4,74	5,20	5,35	6,00
28	3,40	3,46	4,31	4,23	4,79	--	--
29	3,10	3,56	--	--	--	--	--
30	3,30	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 2

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	3,00	4,41	4,03	4,42	5,47	5,27	6,06
2	3,00	4,25	4,04	4,55	5,99	5,26	6,42
3	3,10	4,74	4,94	4,17	5,86	5,25	6,39
4	3,70	4,65	4,42	4,53	4,91	6,35	6,93
5	3,20	4,51	4,09	4,70	4,77	5,68	5,22
6	3,10	4,14	4,48	4,19	4,82	5,34	5,43
7	2,80	4,77	4,64	6,47	5,34	6,36	5,69
8	2,70	4,64	4,90	4,42	5,31	6,63	6,31
9	3,30	4,42	4,83	5,22	5,73	5,34	6,08
10	3,20	4,14	4,64	5,48	5,03	5,44	5,34
11	3,10	4,26	4,81	5,31	5,17	5,57	6,20
12	3,30	4,28	4,62	4,78	4,61	5,82	6,47
13	3,30	4,11	4,49	4,91	4,60	5,69	5,96
14	3,40	3,51	4,92	5,05	4,48	5,31	6,63
15	3,50	4,29	4,68	4,21	5,66	4,62	6,08
16	3,10	3,85	4,87	5,17	5,38	5,70	5,96
17	3,10	3,86	4,91	5,20	5,91	5,52	6,21
18	2,80	4,15	5,04	5,31	4,91	5,13	5,40
19	3,10	3,78	4,73	5,26	4,60	5,33	5,42
20	3,00	4,15	4,12	5,04	6,25	5,13	5,48
21	3,00	3,57	4,08	5,38	5,17	6,08	6,61
22	2,90	3,74	4,43	5,31	4,78	6,08	6,77
23	3,40	3,57	4,08	5,30	5,49	5,43	6,97
24	3,40	3,69	4,16	5,17	5,65	6,50	5,33
25	2,90	4,76	4,18	4,05	4,6	5,39	5,73
26	3,20	4,06	4,12	4,45	5,22	6,01	6,49
27	3,90	4,05	4,77	4,56	5,35	5,14	5,42
28	3,60	3,72	4,65	4,83	5,62	6,42	6,76
29	3,00	3,60	4,12	4,19	4,99	5,39	5,33
30	2,20	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 3

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	3,10	4,09	4,04	5,76	5,20	6,47	7,51
2	3,10	3,94	4,16	4,53	5,57	5,34	5,18
3	2,80	4,10	4,04	5,69	4,91	5,69	7,38
4	3,00	3,82	4,92	4,40	5,47	6,08	7,51
5	3,10	4,05	4,64	4,53	5,57	6,47	6,40
6	2,70	4,77	4,48	4,40	5,36	5,95	7,33
7	3,60	3,37	4,32	4,65	4,48	5,83	7,04
8	2,60	3,46	4,01	4,40	5,22	6,50	7,00
9	3,40	3,66	4,17	4,27	5,56	5,47	7,63
10	3,00	3,69	4,05	4,25	5,20	5,83	7,37
11	3,30	3,57	4,87	4,01	5,59	6,35	6,73
12	3,40	4,02	4,14	4,53	5,20	5,78	7,12
13	3,30	4,06	3,70	4,17	4,53	5,51	7,76
14	3,10	3,82	5,08	4,43	4,92	6,00	7,08
15	2,70	3,78	4,56	4,52	4,48	6,74	7,35
16	3,10	4,06	3,95	4,48	5,36	5,94	6,18
17	3,00	4,77	4,05	5,79	4,62	5,31	6,68
18	3,40	3,45	4,14	4,30	5,31	5,65	5,17
19	2,80	3,49	3,87	5,05	5,05	6,01	7,51
20	3,10	3,62	4,04	4,17	5,78	6,69	7,48
21	2,90	3,60	4,30	4,49	5,20	6,47	6,61
22	3,10	3,48	4,01	5,07	4,62	6,09	6,64
23	2,80	4,06	4,40	4,79	5,29	5,12	5,90
24	3,00	4,10	4,27	4,62	4,13	5,65	6,47
25	3,20	3,82	3,86	4,23	4,53	5,31	6,21
26	3,20	3,70	4,82	5,07	4,52	5,22	6,77
27	2,90	4,06	3,92	4,53	4,56	5,85	6,74
28	3,30	3,60	4,17	4,43	4,52	5,56	6,17
29	2,50	3,81	4,04	--	--	--	--
30	2,50	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 4

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	3,10	3,84	3,74	4,53	5,01	5,86	6,80
2	3,40	3,96	3,85	4,09	5,00	6,50	7,45
3	3,30	3,72	3,90	4,10	5,83	5,73	6,63
4	3,40	3,72	3,90	4,12	4,13	6,76	6,24
5	2,90	4,20	3,63	4,09	4,40	5,04	6,87
6	3,30	4,20	3,67	4,18	4,91	5,36	6,18
7	3,20	3,48	3,73	4,06	4,53	4,95	6,87
8	2,70	3,60	3,62	4,04	4,52	5,62	6,21
9	2,90	3,48	3,73	4,18	5,67	6,64	6,20
10	3,10	3,84	3,69	4,76	4,65	5,48	6,69
11	3,10	3,84	3,64	5,01	4,45	5,73	7,17
12	3,50	3,96	4,00	4,30	4,48	5,56	6,99
13	3,20	3,84	4,13	4,87	4,39	5,04	5,70
14	3,80	3,72	3,78	4,94	4,40	6,18	6,13
15	2,60	4,32	4,14	4,80	5,39	5,44	6,89
16	3,20	4,20	4,14	4,68	5,35	5,31	6,24
17	3,90	3,72	4,38	4,24	4,27	4,53	5,59
18	2,90	4,08	4,32	4,40	4,53	5,34	6,86
19	3,00	3,84	3,78	4,56	4,78	5,38	6,79
20	2,60	3,24	3,80	4,16	4,62	5,21	6,61
21	3,00	4,32	3,89	4,16	4,50	5,25	6,55
22	2,90	4,08	4,27	4,30	5,00	5,36	6,47
23	2,90	4,20	4,64	4,42	5,00	5,39	6,99
24	3,20	3,60	4,00	4,05	4,67	5,23	6,95
25	3,10	3,96	4,27	5,00	4,73	5,21	6,81
26	3,00	4,08	4,26	4,68	4,65	6,46	6,56
27	3,00	3,72	3,96	5,00	4,80	5,14	6,46
28	3,30	3,72	4,61	4,58	4,67	5,09	5,92
29	2,80	3,84	--	--	--	--	--
30	2,70	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 5

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	3,10	3,98	4,04	4,48	4,56	6,78	6,52
2	3,20	3,70	4,04	4,31	4,44	6,94	7,91
3	3,00	3,57	4,3	4,19	5,29	4,04	7,77
4	3,60	4,04	4,31	4,01	5,39	6,35	7,65
5	3,00	4,24	4,43	4,34	5,17	6,18	6,87
6	3,20	4,39	3,92	4,35	4,48	6,04	5,17
7	3,30	4,59	4,04	4,05	4,78	5,69	6,64
8	3,10	4,33	3,54	4,01	5,56	5,78	5,22
9	3,50	4,09	4,56	4,74	4,34	5,91	5,65
10	3,30	3,73	4,01	4,01	4,66	6,69	5,21
11	3,00	4,06	4,04	4,14	5,05	5,17	5,21
12	3,00	3,32	3,82	4,01	4,88	4,91	5,21
13	3,30	3,70	4,23	4,05	4,74	6,04	7,08
14	3,00	4,06	4,62	4,49	4,91	5,49	7,37
15	3,20	3,85	4,39	4,7	4,66	5,49	6,46
16	3,10	3,61	4,13	7,25	4,48	5,65	5,43
17	2,50	3,75	4,29	4,27	4,4	5,36	5,05
18	3,30	4,05	4,83	4,43	4,48	5,31	4,12
19	3,00	4,05	4,61	4,18	3,91	5,21	5,47
20	3,10	4,33	5,13	4,61	4,62	5,23	5,49
21	3,10	3,74	4,27	4,77	5,03	5,64	5,90
22	3,10	4,27	4,84	5,2	4,12	4,73	4,81
23	3,00	4,24	4,82	5,07	5,01	5,22	5,35
24	3,10	3,57	4,09	4,10	4,13	4,74	4,88
25	3,20	3,86	4,40	4,42	4,43	5,04	5,17
26	2,80	4,22	5,01	5,03	5,05	5,39	5,47
27	2,70	4,21	5,00	5,01	5,05	5,33	5,53
28	2,60	3,61	--	--	--	--	--
29	3,20	3,73	--	--	--	--	--
30	3,30	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 6

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	3,00	3,73	4,05	4,09	5,35	6,47	6,50
2	3,30	3,61	4,05	4,13	5,57	5,40	6,50
3	2,80	4,14	3,91	4,65	5,91	5,78	5,86
4	3,00	3,74	3,96	4,64	5,48	6,46	6,50
5	3,10	3,74	3,97	4,61	4,57	6,46	6,50
6	2,80	3,76	2,79	5,23	5,31	5,00	6,21
7	2,90	3,79	4,19	4,05	5,99	7,47	6,50
8	3,60	3,64	4,64	3,87	5,33	5,09	6,35
9	3,20	4,14	4,74	4,65	5,07	6,13	6,90
10	3,30	4,46	4,01	5,17	5,08	6,25	6,50
11	3,50	4,34	4,05	4,38	5,49	6,13	7,42
12	3,00	3,97	4,01	4,82	4,60	5,09	5,86
13	2,80	5,10	3,99	4,38	5,35	7,25	6,50
14	2,80	3,90	3,91	3,91	4,17	6,72	5,87
15	3,00	4,50	4,17	4,82	4,91	5,22	6,64
16	3,00	4,14	3,99	4,30	4,17	5,17	5,47
17	3,20	3,62	3,91	4,01	5,34	6,12	6,50
18	3,20	3,54	5,49	4,48	5,20	6,35	6,76
19	3,40	4,38	4,30	4,75	3,48	5,78	6,89
20	2,50	4,16	3,90	4,53	4,9	5,78	5,82
21	3,20	3,73	4,35	4,68	6,05	6,04	6,65
22	3,00	3,34	4,16	3,90	5,16	5,86	5,83
23	3,20	3,18	4,21	4,35	4,22	4,77	6,69
24	2,80	3,93	4,18	4,48	5,17	6,07	4,91
25	2,50	3,62	3,96	4,04	4,74	6,09	6,69
26	2,50	3,46	3,79	4,09	5,05	5,68	6,26
27	3,00	3,88	4,25	4,04	4,21	4,19	4,57
28	3,40	3,62	3,96	4,82	4,14	5,78	6,26
29	3,00	3,62	--	--	--	--	--
30	3,40	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 7

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	3,10	3,70	4,32	4,86	5,21	6,07	6,77
2	2,50	3,69	4,06	4,99	5,78	5,95	7,00
3	3,20	4,06	4,58	4,99	4,01	6,35	6,18
4	3,10	3,73	4,32	4,08	5,73	5,31	6,51
5	3,00	3,73	4,45	4,86	5,33	5,69	6,22
6	2,30	3,33	3,67	4,47	5,49	5,83	7,82
7	3,30	3,78	4,97	4,73	4,91	6,50	7,22
8	3,00	3,37	4,32	5,12	5,29	6,50	7,16
9	3,00	3,85	3,93	5,12	5,21	6,35	7,91
10	3,00	3,61	4,58	4,99	5,33	6,18	7,64
11	2,90	4,06	3,80	4,60	4,04	5,78	6,86
12	2,70	3,93	4,06	5,38	5,34	5,65	6,33
13	3,20	3,73	4,32	4,47	5,33	5,60	6,73
14	3,00	4,05	3,93	4,60	5,20	4,19	7,39
15	3,20	3,73	4,71	4,73	5,91	5,20	4,74
16	3,00	3,70	4,45	4,34	5,20	5,49	7,80
17	2,80	3,30	4,71	4,60	4,62	4,91	6,52
18	2,90	3,73	4,45	4,86	5,20	6,04	6,48
19	3,00	3,33	4,19	3,82	4,74	5,70	4,78
20	3,30	3,81	3,41	3,56	5,05	3,74	4,79
21	3,00	3,61	4,32	5,38	5,20	4,92	4,05
22	3,00	3,34	3,93	4,73	5,20	4,78	7,80
23	3,00	3,84	3,93	4,34	4,65	3,95	6,52
24	2,90	3,92	4,45	4,73	3,61	5,12	6,48
25	3,20	3,81	4,19	4,38	4,78	4,49	4,78
26	2,90	3,60	3,93	4,12	4,16	4,52	4,79
27	3,00	3,74	4,09	4,27	4,88	4,05	4,05
28	3,40	3,90	4,26	4,44	4,48	4,35	7,00
29	2,80	4,14	--	--	--	--	--
30	2,80	3,81	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 8

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	4,00	3,94	3,75	4,52	5,38	6,32	6,80
2	3,10	3,99	4,40	4,49	5,21	5,98	6,69
3	3,30	3,31	4,55	4,79	5,21	5,83	7,69
4	3,10	4,17	3,87	4,48	5,83	5,7	6,91
5	2,80	4,05	3,90	5,35	5,57	6,22	6,12
6	3,10	4,05	3,90	4,77	5,44	5,6	7,26
7	3,70	4,17	4,00	5,20	5,83	5,79	6,77
8	2,60	4,05	4,12	4,49	4,53	6,07	5,96
9	3,00	4,17	3,90	3,92	5,34	5,39	6,77
10	3,10	4,04	4,53	4,40	5,05	6,65	5,57
11	3,30	4,08	4,40	4,52	5,20	6,87	7,68
12	3,10	3,82	4,53	4,04	5,22	6,35	6,90
13	3,40	3,36	3,92	4,30	4,78	6,50	6,50
14	3,30	3,81	4,09	4,78	5,04	6,4	7,80
15	2,90	3,81	3,91	6,44	5,05	6,38	7,16
16	3,20	3,87	4,27	4,49	5,03	6,00	6,50
17	2,60	3,70	4,27	3,90	5,20	5,54	6,77
18	3,00	3,62	3,92	4,40	5,34	6,50	7,42
19	2,90	3,62	4,04	4,40	5,31	5,38	6,77
20	3,10	3,57	4,43	4,92	5,83	6,07	7,39
21	3,00	3,61	4,25	4,17	4,48	6,37	7,52
22	3,10	3,94	3,91	4,48	5,20	5,37	6,50
23	2,80	3,61	4,01	3,39	4,91	6,11	7,16
24	3,20	3,73	4,40	4,30	5,22	5,83	7,93
25	3,50	4,11	4,05	4,52	4,52	5,30	7,78
26	2,80	3,82	4,05	4,69	4,65	6,22	6,11
27	2,80	3,61	4,56	4,87	4,79	5,74	7,26
28	2,50	3,94	4,43	4,48	4,52	5,83	6,77
29	2,90	3,82	--	--	--	--	--
30	3,10	3,61	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 9

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	3,10	4,41	4,78	5,69	5,78	6,00	6,69
2	2,70	3,93	4,40	4,00	5,50	6,00	6,50
3	3,20	3,6	4,69	3,73	5,68	5,08	6,50
4	3,20	4,14	4,10	4,13	5,43	6,20	6,53
5	3,20	2,98	3,50	4,92	5,56	6,13	6,50
6	3,00	3,81	3,87	5,00	4,86	6,00	6,08
7	3,70	4,06	3,60	3,67	5,20	6,00	6,53
8	3,40	4,18	4,00	4,92	5,11	6,00	6,59
9	3,00	3,06	4,27	4,13	5,20	5,12	6,74
10	3,00	4,18	3,53	5,16	5,85	5,34	6,50
11	3,10	4,18	4,13	5,17	5,59	5,70	6,56
12	3,00	3,18	4,00	5,2	4,88	6,24	6,50
13	3,30	3,78	4,82	4,25	5,20	6,00	6,69
14	2,70	3,74	4,12	4,05	5,00	6,50	7,76
15	2,70	3,30	4,26	4,44	5,82	5,59	6,50
16	2,80	4,45	4,18	4,27	5,00	6,00	6,95
17	2,60	3,38	4,04	4,48	4,94	6,00	7,30
18	3,10	3,09	3,54	4,48	4,78	6,00	7,21
19	2,90	2,97	3,91	4,74	4,16	6,12	7,09
20	3,00	4,42	4,31	4,68	4,04	5,26	7,38
21	2,80	4,05	4,31	5,14	5,59	6,12	7,21
22	3,30	4,29	4,23	5,14	5,20	5,78	6,65
23	3,30	4,06	3,55	4,42	5,70	6,12	6,79
24	2,90	3,78	4,77	5,14	5,20	6,59	6,64
25	2,90	4,02	4,00	4,78	5,82	6,12	7,08
26	2,90	3,73	4,71	4,17	5,82	6,47	6,47
27	2,60	3,33	4,14	4,14	5,65	6,24	6,95
28	3,20	4,05	4,04	5,16	5,56	6,25	7,04
29	2,80	3,57	--	--	--	--	--
30	3,10	4,06	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 10

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	2,60	3,70	5,03	5,38	5,70	6,90	6,61
2	3,10	4,05	4,90	5,29	6,43	6,51	7,08
3	2,98	3,78	5,00	5,00	5,70	6,77	6,95
4	3,30	3,61	4,29	4,21	5,48	6,64	6,95
5	3,20	3,36	4,32	4,40	5,70	6,35	6,69
6	3,00	4,17	5,36	5,37	5,78	6,21	7,65
7	3,00	4,14	5,16	5,17	5,21	5,47	7,03
8	3,10	3,60	5,00	5,17	5,13	6,90	7,21
9	3,00	3,57	5,05	5,20	4,40	7,00	7,21
10	3,10	3,21	4,79	5,00	4,40	6,77	7,13
11	2,90	3,73	4,53	4,40	5,83	5,70	6,87
12	3,20	4,16	4,00	3,97	5,83	5,96	7,00
13	3,00	3,74	4,01	4,13	5,34	5,86	7,82
14	3,20	3,00	3,65	3,90	5,22	5,96	7,08
15	3,50	3,37	4,58	4,40	5,57	6,50	7,65
16	2,90	4,57	5,00	5,70	4,91	6,35	5,52
17	3,10	4,40	4,53	4,39	5,20	6,50	6,95
18	2,60	4,53	3,48	4,14	5,31	5,96	5,95
19	3,10	4,14	4,53	5,31	5,05	5,83	6,69
20	3,20	4,06	4,66	4,79	5,47	4,61	6,61
21	2,70	3,60	4,66	5,05	5,83	5,05	6,50
22	2,90	4,05	4,40	4,12	5,83	6,38	7,65
23	2,80	4,41	4,40	5,22	5,70	5,31	6,99
24	3,20	4,14	4,78	5,20	4,29	5,83	6,99
25	2,60	4,28	4,23	4,44	4,91	6,35	6,73
26	3,10	4,41	4,40	4,23	5,00	6,21	6,99
27	2,90	4,02	4,13	4,17	5,17	5,43	7,25
28	3,70	3,78	3,82	3,73	5,39	6,86	7,25
29	3,30	3,78	--	--	--	--	--
30	2,60	3,61	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 11

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	2,70	3,73	3,73	3,91	5,22	6,51	6,69
2	2,90	4,26	4,01	4,01	5,31	6,09	6,66
3	3,20	4,38	3,93	4,27	5,34	5,95	7,00
4	3,00	3,57	4,01	4,40	5,60	6,35	6,50
5	3,20	3,99	4,52	4,00	5,34	6,35	7,39
6	2,90	3,98	4,14	4,09	5,09	5,34	6,72
7	2,90	4,17	4,39	5,17	4,27	6,08	7,25
8	3,40	4,05	4,14	5,17	4,40	6,08	7,12
9	3,30	3,20	3,61	4,78	5,44	5,20	6,74
10	3,00	3,60	4,27	4,39	5,34	6,98	6,74
11	3,20	3,57	3,90	4,88	4,69	6,09	6,09
12	3,80	4,17	3,57	4,60	5,20	5,91	6,50
13	3,20	3,91	4,13	5,18	5,74	6,07	6,99
14	3,00	4,14	3,66	4,51	5,20	5,86	7,12
15	3,30	3,42	4,05	4,40	5,20	5,20	7,12
16	3,20	3,60	4,00	4,78	5,83	5,91	6,99
17	3,00	3,57	4,09	4,40	5,08	5,52	7,26
18	2,70	4,16	4,52	4,66	5,60	5,34	6,64
19	3,00	3,94	4,14	4,79	5,96	5,69	6,64
20	2,70	4,14	4,39	4,53	5,44	5,53	5,95
21	3,00	3,45	4,13	4,66	5,34	6,21	6,22
22	3,20	3,21	3,52	4,53	4,83	6,47	6,04
23	3,30	3,21	4,27	4,53	5,39	6,08	6,64
24	3,50	3,69	4,40	5,05	5,20	5,69	6,64
25	2,70	4,14	4,05	4,40	5,35	6,51	7,91
26	3,00	3,60	4,13	3,92	5,17	6,08	6,73
27	2,70	4,14	4,57	4,04	5,29	5,91	6,64
28	3,10	4,29	4,14	4,27	5,20	6,35	7,00
29	3,30	3,60	--	--	--	--	--
30	3,20	3,61	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 12

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	3,00	3,70	4,01	4,89	5,83	6,99	6,21
2	3,10	3,60	4,53	5,43	6,13	6,38	6,43
3	2,80	2,98	4,14	5,00	5,33	5,96	6,54
4	3,40	3,82	4,14	5,15	6,35	6,64	6,51
5	3,20	3,57	4,53	5,00	5,31	6,50	6,61
6	3,10	3,34	3,62	4,93	4,66	4,78	6,50
7	3,10	4,09	3,48	4,98	5,20	6,47	6,21
8	2,60	4,33	3,75	5,17	5,96	6,61	6,23
9	3,40	3,73	3,52	5,00	6,35	5,70	6,00
10	3,10	4,06	4,53	5,64	6,35	5,78	6,51
11	3,20	3,00	3,90	4,98	5,53	5,96	6,26
12	3,00	4,29	3,26	5,00	4,09	5,96	6,00
13	3,00	2,77	3,90	4,67	5,05	6,52	6,21
14	2,60	3,46	6,21	6,00	6,31	6,55	6,61
15	2,90	3,70	4,40	4,53	5,98	6,09	6,00
16	3,20	3,82	4,27	4,01	6,00	6,35	6,11
17	2,80	3,60	4,40	4,92	5,20	6,09	6,37
18	3,10	4,77	4,26	5,52	6,31	5,43	5,69
19	3,30	4,05	3,73	4,44	5,20	5,82	6,92
20	3,00	4,05	4,52	5,00	4,79	5,31	6,68
21	3,00	3,48	4,52	4,78	5,31	6,50	6,50
22	3,20	3,24	4,14	4,43	5,17	5,91	6,98
23	2,70	3,70	4,04	4,27	5,83	6,99	6,97
24	3,00	3,70	4,53	5,15	5,35	6,22	6,97
25	2,70	3,70	4,17	5,21	5,31	5,91	6,50
26	3,10	3,37	4,18	4,69	4,65	6,73	6,99
27	2,50	3,70	4,52	5,16	5,17	6,50	6,20
28	3,20	3,46	4,56	5,00	5,95	4,79	6,52
29	3,00	3,21	--	--	--	--	--
30	3,10	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 13

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	2,90	3,45	3,26	2,81	3,01	3,20	3,10
2	2,70	3,12	2,88	3,44	3,39	3,39	3,49
3	3,40	3,22	3,35	3,00	3,22	3,22	3,32
4	3,30	2,52	2,99	3,09	3,01	3,20	3,10
5	2,60	3,57	3,35	3,09	3,15	3,15	3,52
6	2,80	2,52	3,29	2,89	3,15	3,15	3,24
7	3,00	2,62	3,06	3,45	3,22	3,29	3,32
8	3,50	2,72	3,06	3,09	3,11	3,22	3,20
9	3,20	3,00	3,25	3,18	3,01	3,24	3,10
10	3,20	2,82	2,97	3,09	3,17	3,17	3,27
11	3,10	2,72	2,97	3,09	3,14	3,14	3,34
12	3,20	2,52	2,97	3,29	3,18	--	--
13	3,60	2,72	3,25	3,29	3,29	--	--
14	3,40	3,00	2,48	3,39	3,29	--	--
15	2,80	3,40	3,16	3,11	3,15	--	--
16	2,80	3,03	3,35	3,01	3,01	--	--
17	3,00	3,43	2,76	2,60	3,22	--	--
18	2,60	3,21	--	--	--	--	--
19	2,90	3,37	--	--	--	--	--
20	3,30	3,12	--	--	--	--	--
21	2,80	3,00	--	--	--	--	--
22	2,60	3,01	--	--	--	--	--
23	3,00	3,97	--	--	--	--	--
24	3,00	3,11	--	--	--	--	--
25	2,80	3,40	--	--	--	--	--
26	3,10	3,15	--	--	--	--	--
27	3,20	3,15	--	--	--	--	--
28	3,10	--	--	--	--	--	--
29	3,20	--	--	--	--	--	--
30	3,10	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 14

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	2,80	3,10	3,15	3,70	3,70	4,95	4,26
2	3,40	3,39	3,65	3,58	3,65	4,55	4,95
3	2,80	3,16	3,37	3,56	3,55	3,28	4,25
4	3,10	3,20	3,65	3,65	3,25	3,95	4,01
5	2,80	3,39	3,55	3,36	4,00	3,25	4,25
6	3,30	3,18	3,18	3,66	4,00	3,85	4,26
7	3,20	3,18	3,25	3,76	3,65	3,26	4,05
8	3,10	3,00	3,97	4,00	3,45	3,80	4,44
9	3,00	3,25	3,65	3,87	4,00	4,10	4,45
10	3,20	3,00	3,05	3,25	3,98	3,88	4,57
11	2,90	3,48	3,35	3,27	3,60	3,87	4,81
12	3,00	3,28	3,96	3,98	4,00	4,15	4,56
13	3,10	3,09	3,00	3,78	3,88	4,25	4,58
14	3,50	3,01	3,67	3,95	3,86	4,25	5,00
15	2,50	3,02	3,09	3,63	3,46	4,25	4,16
16	3,00	3,04	3,09	3,54	3,75	3,46	4,20
17	2,70	3,05	3,29	3,43	3,96	4,96	4,96
18	3,40	3,02	3,15	3,93	3,95	4,95	4,95
19	3,40	3,08	3,15	3,56	4,10	3,99	3,99
20	3,00	3,38	3,39	3,56	4,00	4,00	4,95
21	3,50	3,18	3,98	3,89	--	--	--
22	2,90	3,01	3,15	3,70	--	--	--
23	3,20	3,38	2,88	3,86	--	--	--
24	3,00	3,19	3,98	2,50	--	--	--
25	2,80	3,22	--	--	--	--	--
26	3,10	3,18	--	--	--	--	--
27	3,30	3,01	--	--	--	--	--
28	3,00	--	--	--	--	--	--
29	3,40	--	--	--	--	--	--
30	2,60	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 15

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	2,80	3,19	3,39	3,40	3,52	3,70	3,87
2	3,30	3,59	3,09	3,40	3,60	3,75	3,97
3	2,70	2,79	3,29	3,20	3,32	3,48	3,65
4	3,50	2,99	3,09	3,00	3,45	3,59	3,76
5	2,20	3,19	2,59	3,40	3,56	3,68	3,88
6	3,00	3,59	2,89	3,50	3,60	3,78	3,98
7	3,00	3,09	3,49	3,10	3,40	3,55	3,80
8	3,90	2,49	2,79	3,30	3,42	3,56	3,80
9	3,00	3,09	2,99	3,30	3,35	3,58	3,80
10	2,90	2,99	2,99	3,50	3,20	3,37	3,55
11	3,30	2,99	2,49	3,30	3,54	3,69	3,89
12	3,20	3,39	3,49	3,40	3,53	3,69	3,89
13	3,10	2,99	3,19	3,20	3,21	3,38	3,56
14	3,30	3,29	3,19	3,20	3,12	3,27	3,45
15	2,60	2,79	2,99	3,30	3,38	3,48	3,65
16	3,30	2,89	3,39	--	--	--	--
17	2,20	2,79	2,99	--	--	--	--
18	3,10	3,19	3,09	--	--	--	--
19	3,20	2,99	2,59	--	--	--	--
20	3,00	3,29	3,39	--	--	--	--
21	3,00	2,99	3,29	--	--	--	--
22	3,30	2,69	3,19	--	--	--	--
23	3,10	3,17	3,09	--	--	--	--
24	2,80	3,57	3,09	--	--	--	--
25	3,30	2,8	3,39	--	--	--	--
26	3,00	3,01	3,09	--	--	--	--
27	2,90	3,17	3,19	--	--	--	--
28	2,80	3,09	--	--	--	--	--
29	2,80	--	--	--	--	--	--
30	3,20	--	--	--	--	--	--

Anexo H. (Continuación)

Tratamiento 16

Dato	Siembra	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
1	3,10	3,19	3,19	3,34	3,44	3,49	3,54
2	2,60	3,49	2,99	2,71	3,35	3,40	3,45
3	3,50	3,49	2,99	3,10	3,88	3,93	3,98
4	3,00	3,12	2,99	3,00	3,55	3,60	3,65
5	3,00	2,99	3,29	3,10	3,24	3,29	3,34
6	3,30	3,19	3,19	3,58	3,87	3,92	3,97
7	3,30	3,29	3,29	3,48	3,54	3,59	3,64
8	2,80	3,19	2,89	3,38	3,25	3,30	3,35
9	2,90	3,49	3,29	3,00	3,98	4,03	4,08
10	3,10	2,49	2,79	3,24	3,87	3,92	3,97
11	3,10	2,99	3,29	3,02	3,00	3,05	3,1
12	3,20	2,69	3,29	3,00	3,00	3,05	3,1
13	3,40	2,69	3,49	2,98	3,58	3,63	3,68
14	3,00	3,19	2,59	3,24	3,68	3,73	3,78
15	2,50	3,29	2,99	2,71	3,27	3,32	3,37
16	3,00	3,19	2,99	3,00	3,25	3,68	3,84
17	2,80	2,69	2,49	2,88	--	--	--
18	3,30	3,09	3,49	2,54	--	--	--
19	3,20	2,99	2,89	--	--	--	--
20	2,90	2,59	3,19	--	--	--	--
21	3,10	2,99	3,09	--	--	--	--
22	2,80	3,4	2,59	--	--	--	--
23	3,10	2,59	3,09	--	--	--	--
24	3,10	2,69	3,09	--	--	--	--
25	2,90	3,0	--	--	--	--	--
26	3,10	3,09	--	--	--	--	--
27	2,90	3,09	--	--	--	--	--
28	3,00	3,09	--	--	--	--	--
29	3,10	--	--	--	--	--	--
30	2,90	--	--	--	--	--	--

Anexo I. Análisis de Varianza peso y longitud inicial

Análisis de Varianza peso

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,0829992	15	0,00553328	0,79	0,6934
A:factor 1	0,00523583	3	0,00174528	0,25	0,8628
B:factor 2	0,0231808	3	0,00772694	1,10	0,3496
AB	0,0545825	9	0,00606472	0,86	0,5595
Residuos	3,26518	464	0,00703703		
Total	3,34818	479			

Análisis de Varianza longitud

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,724583	15	0,0483056	0,65	0,8309
A:factor 1	0,09249	3	0,03083	0,42	0,7413
B:factor 2	0,159057	3	0,0530189	0,72	0,5427
AB	0,473037	9	0,0525596	0,71	0,7000
residuos	34,3533	464	0,0740372		
Total	35,0778	479			

Anexo J. Análisis de varianza Tasa de Crecimiento Simple (TCS)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	0,444729	15	0,0296486	3,49	0,0000
A:factor 1	0,0276946	3	0,00923153	1,09	0,3540
B:factor 2	0,393639	3	0,131213	15,46	0,0000
AB	0,0427742	9	0,00475269	0,56	0,8296
Residuos	3,37691	398	0,0084847		
TOTAL	3,82164	413			

Anexo K. Prueba de Duncan Tasa de Crecimiento Simple (TCS)

Duncan 95,0% Tratamientos			
Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
8	27	1,31218	X
12	28	1,31367	X
6	27	1,31527	X
4	28	1,31683	X
1	26	1,31899	X
10	28	1,32036	X
11	29	1,32072	X
7	28	1,3245	X
3	29	1,32616	XX
9	29	1,33409	XXX
5	28	1,33853	XXX
2	29	1,34792	XXX
14	25	1,38295	XXX
16	18	1,38463	XX
15	20	1,41892	X
13	15	1,42894	X

Contraste	Sig.	Diferencia
1 - 13	*	-0,109954
1 - 14	*	-0,063967
1 - 15	*	-0,0999343
1 - 16	*	-0,0656446
2 - 13	*	-0,0810197
2 - 15	*	-0,0710004
3 - 13	*	-0,102782
3 - 15	*	-0,0927631
3 - 16	*	-0,0584734
4 - 13	*	-0,112109
4 - 14	*	-0,0661226
4 - 15	*	-0,10209
4 - 16	*	-0,0678002
5 - 13	*	-0,0904149
5 - 15	*	-0,0803956
6 - 13	*	-0,113676
6 - 14	*	-0,0676889
6 - 15	*	-0,103656
6 - 16	*	-0,0693665

Anexo K. (Continuación)

7 - 13	*	-0,104444
7 - 14	*	-0,0584573
7 - 15	*	-0,0944246
7 - 16	*	-0,0601349
8 - 13	*	-0,116761
8 - 14	*	-0,0707741
8 - 15	*	-0,106741
8 - 16	*	-0,0724517
9 - 13	*	-0,094849
9 - 15	*	-0,0848296
10 - 13	*	-0,108578
10 - 14	*	-0,0625909
10 - 15	*	-0,0985582
10 - 16	*	-0,0642685
11 - 13	*	-0,108223
11 - 14	*	-0,0622362
11 - 15	*	-0,0982035
11 - 16	*	-0,0639138
12 - 13	*	-0,115271
12 - 14	*	-0,0692846
12 - 15	*	-0,105252
12 - 16	*	-0,0709622

* indica una diferencia significativa.

Duncan 95,0% Factor 2

Factor 2	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60	114	1,32221	0,00862845	X
80	110	1,32262	0,00878403	X
100	112	1,32748	0,00871246	X
0	78	1,40386	0,0106085	X

Contraste	Sig.	Diferencia
0 - 60	*	0,0816514
0 - 80	*	0,081245
0 - 100	*	0,0763875
60 - 80		-0,000406375
60 - 100		-0,0052639
80 - 100		-0,00485753

* indica una diferencia significativa.

Anexo L. Supervivencia prueba de Brand-Snedecor

n =	16
n - 1 =	15
Alfa =	0,05
1 - alfa =	0,95
p =	0,929
q = (1 - p)	0,071

$$X^2_c = 2097,199$$

$$X^2_{t(1-\text{alfa})} = 2,71$$

$$X^2_c > X^2_{t(1-\text{alfa})}$$

Existen diferencias estadísticas significativas

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

Registro de Temperatura (°C) promedio semanal 7:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	30,14	30,30	29,58	29,96	29,95	29,97	29,66
T2	30,05	29,80	29,65	29,63	29,65	30,08	30,08
T3	29,98	29,80	29,63	29,75	30,55	30,12	30,35
T4	29,10	29,58	29,58	30,35	30,18	30,23	30,53
T5	30,25	29,95	30,07	30,18	30,28	30,22	30,24
T6	29,70	29,83	29,17	29,47	30,73	30,73	30,70
T7	30,46	30,64	30,72	30,64	30,66	30,40	30,53
T8	30,22	29,80	30,02	29,82	30,26	30,62	30,90
T9	29,70	29,80	29,27	29,40	29,40	29,53	30,10
T10	30,70	30,68	30,78	30,80	30,52	30,74	30,50
T11	29,05	29,15	30,03	30,45	30,40	30,40	28,90
T12	30,37	30,73	29,57	30,60	30,67	30,57	30,83
T13	30,44	30,20	29,72	30,04	30,04	30,42	30,55
T14	29,20	29,03	29,15	29,08	30,28	30,05	30,11
T15	30,50	30,23	29,83	29,78	30,13	30,18	30,15
T16	30,28	30,33	30,48	30,53	30,60	30,55	30,10

Registro de Temperatura (°C) promedio semanal 12:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	30,14	30,30	29,58	29,96	30,06	28,50	34,50
T2	30,05	29,80	29,65	29,63	29,65	30,08	30,08
T3	29,98	29,72	29,70	30,40	30,26	30,24	32,00
T4	29,18	29,65	29,88	30,18	30,23	30,30	26,00
T5	30,25	29,95	30,07	30,18	30,28	30,22	30,24
T6	29,70	29,83	29,17	29,47	30,73	30,73	30,70
T7	30,58	30,58	30,60	30,73	30,60	30,65	30,48
T8	30,30	29,83	29,88	30,03	29,80	30,15	28,50
T9	29,70	29,80	29,27	29,40	29,40	29,53	30,10
T10	30,70	30,68	30,70	30,83	30,80	30,48	30,61
T11	29,05	29,15	29,80	30,35	30,55	30,40	28,90

Anexo M. (Continuación)

T12	30,37	30,73	29,57	30,60	30,67	30,57	30,83
T13	30,45	30,40	29,88	29,68	30,10	30,05	30,43
T14	29,20	29,03	29,15	29,08	30,28	30,05	30,11
T15	30,50	30,23	29,83	29,78	30,13	30,18	30,15
T16	30,28	30,33	30,48	30,53	30,60	30,55	26,00

Registro de Temperatura (°C) promedio semanal 18:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	30,20	30,26	29,76	30,10	30,08	29,70	29,54
T2	30,13	29,70	29,75	29,65	29,85	30,28	30,25
T3	30,02	29,78	29,52	29,98	30,64	30,20	30,31
T4	29,48	29,48	29,65	30,33	30,30	30,45	30,48
T5	30,15	29,92	30,07	30,22	30,35	30,28	30,30
T6	29,63	29,97	29,10	29,70	30,60	30,77	30,70
T7	30,50	30,20	30,73	30,80	30,48	30,73	30,70
T8	30,45	30,10	29,60	30,05	29,98	30,28	3,77
T9	29,40	29,20	29,47	29,43	29,57	30,30	30,63
T10	30,73	30,38	30,70	30,80	30,65	30,43	30,71
T11	30,10	29,40	29,35	30,20	3,07	30,65	30,40
T12	30,50	30,53	30,17	30,67	30,80	30,50	30,75
T13	30,36	30,34	29,72	29,88	30,16	30,48	30,50
T14	29,42	29,08	29,08	29,22	30,30	30,08	30,20
T15	30,44	30,20	29,76	29,86	30,56	30,16	30,35
T16	30,30	30,28	30,63	30,55	30,35	30,53	30,73

Anexo N. Registro de Oxígeno promedio (mg/L) semanal

Oxígeno (mg/l) 7:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	5,55	5,76	5,78	5,67	5,65	5,18	5,34
T2	5,07	5,11	5,23	5,14	4,94	4,96	5,08
T3	5,42	5,40	5,53	5,27	5,43	5,36	5,09
T4	5,27	5,74	5,83	5,37	5,23	5,58	5,53
T5	5,30	5,27	5,39	5,23	5,35	5,23	5,34
T6	5,44	5,25	5,31	4,54	5,16	5,06	4,55
T7	5,23	5,16	5,41	5,19	5,25	5,19	4,94
T8	5,18	5,07	5,35	4,81	5,06	4,93	5,01
T9	4,84	4,65	5,23	5,10	5,02	4,79	4,88
T10	5,14	4,94	5,36	4,99	5,29	5,05	5,16
T11	5,32	5,27	5,33	4,97	5,07	5,11	5,00
T12	5,00	5,00	5,16	4,83	4,74	4,74	5,02
T13	5,30	5,30	5,60	5,47	5,28	5,37	5,29
T14	5,38	5,64	5,77	5,59	4,88	5,53	5,59
T15	5,08	5,33	5,43	4,74	4,93	5,43	4,90
T16	5,38	4,92	4,98	4,92	5,04	4,88	5,11

Oxígeno (mg/l) 18:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
1	5,63	5,37	5,66	5,79	5,63	4,96	5,32
2	5,12	4,73	4,92	5,01	4,94	4,94	4,84
3	5,39	5,21	5,29	5,21	5,28	4,93	5,07
4	5,56	5,49	5,69	5,36	5,28	4,94	5,70
5	5,44	5,09	5,46	5,17	5,27	4,89	5,43
6	5,42	5,15	5,00	4,64	5,01	4,88	5,03
7	5,30	4,84	5,23	5,16	5,10	4,89	5,25
8	5,05	4,77	5,27	4,82	4,79	4,89	4,78
9	4,87	4,28	5,04	5,02	4,84	4,91	4,79
10	5,15	4,91	5,30	4,85	5,09	4,92	5,07
11	5,34	5,20	5,25	4,91	4,95	4,91	5,03

Anexo N. (Continuación)

12	4,88	4,89	4,75	4,76	4,26	4,90	4,52
13	5,18	5,19	5,57	5,45	5,22	4,96	5,24
14	5,48	5,32	5,72	5,53	4,84	4,95	5,41
15	4,96	5,07	5,07	4,79	4,68	4,92	5,11
16	4,97	4,64	4,77	4,92	4,74	4,90	4,75

Oxígeno (mg/l) 18:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
1	5,63	5,37	5,66	5,79	5,63	4,96	5,32
2	5,12	4,73	4,92	5,01	4,94	4,94	4,84
3	5,39	5,21	5,29	5,21	5,28	4,93	5,07
4	5,56	5,49	5,69	5,36	5,28	4,94	5,70
5	5,44	5,09	5,46	5,17	5,27	4,89	5,43
6	5,42	5,15	5,00	4,64	5,01	4,88	5,03
7	5,30	4,84	5,23	5,16	5,10	4,89	5,25
8	5,05	4,77	5,27	4,82	4,79	4,89	4,78
9	4,87	4,28	5,04	5,02	4,84	4,91	4,79
10	5,15	4,91	5,30	4,85	5,09	4,92	5,07
11	5,34	5,20	5,25	4,91	4,95	4,91	5,03
12	4,88	4,89	4,75	4,76	4,26	4,90	4,52
13	5,18	5,19	5,57	5,45	5,22	4,96	5,24
14	5,48	5,32	5,72	5,53	4,84	4,95	5,41
15	4,96	5,07	5,07	4,79	4,68	4,92	5,11
16	4,97	4,64	4,77	4,92	4,74	4,90	4,75

Anexo O. Análisis de varianza Oxígeno.

Análisis de varianza para Oxígeno 7:00 h

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,431216	15	0,0287477	5,93	0,0000
A:factor 1	0,0635213	3	0,0211738	4,37	0,0052
B:factor 2	0,125978	3	0,0419928	8,66	0,0000
AB	0,242888	9	0,0269875	5,57	0,0000
RESIDUOS	1,07594	222	0,00484658		
TOTAL	1,50716	237			

Análisis de varianza para Oxígeno 12:00 h.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	0,908	15	0,0605333	6,59	0,0000
A:factor 1	0,0984874	3	0,0328291	3,57	0,0148
B:factor 2	0,309068	3	0,103023	11,21	0,0000
AB	0,500444	9	0,0556049	6,05	0,0000
RESIDUOS	2,05868	224	0,00919052		
TOTAL	2,96668	239			

Análisis de varianza para Oxígeno (mg/l) 18:00 h.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	1,01122	15	0,0674149	8,03	0,0000
A:factor 1	0,204043	3	0,0680144	8,10	0,0000
B:factor 2	0,346197	3	0,115399	13,75	0,0000
AB	0,460984	9	0,0512204	6,10	0,0000
RESIDUOS	2,41688	288	0,00839194		
TOTAL	3,4281	303			

Anexo P. Prueba de Tukey HSD Oxígeno.

Prueba de Tukey HSD para Oxígeno 7:00 h

Tukey 95% Tratamientos

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
11	15	2,19289	X
14	15	2,20272	XX
2	14	2,21574	XX
10	15	2,22505	XXX
4	15	2,24348	XXXX
12	15	2,25223	XXXXX
13	15	2,26593	XXXXX
1	14	2,26913	XXXXX
9	15	2,27755	XXXXX
8	15	2,28031	XXXXX
7	15	2,28501	XXXX
15	15	2,30779	XXX
16	15	2,30844	XXX
5	15	2,31848	XX
6	15	2,32214	XX
3	15	2,3342	X

Contraste Sig. Diferencia +/- Límites

2 - 3	*	-0,118464	0,0896635
2 - 5	*	-0,102739	0,0896635
2 - 6	*	-0,106404	0,0896635
2 - 15	*	-0,0920547	0,0896635
2 - 16	*	-0,0926977	0,0896635
3 - 4	*	0,0907256	0,088104
3 - 10	*	0,109149	0,088104
3 - 11	*	0,141315	0,088104
3 - 14	*	0,131479	0,088104
5 - 10	*	0,0934235	0,088104
5 - 11	*	0,12559	0,088104
5 - 14	*	0,115753	0,088104
6 - 10	*	0,0970885	0,088104
6 - 11	*	0,129255	0,088104
6 - 14	*	0,119419	0,088104
7 - 11	*	0,0921222	0,088104
11 - 15	*	-0,114906	0,088104
11 - 16	*	-0,115549	0,088104
14 - 15	*	-0,105069	0,088104
14 - 16	*	-0,105712	0,088104

* indica una diferencia significativa.

Anexo P. (Continuación)

Tukey 95% Factor 1

Factor 1	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
5	59	2,24141	0,00906746	X
15	60	2,27111	0,00898757	X X
10	60	2,27997	0,00898757	X
0	59	2,28277	0,00906746	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 5	*	0,0413547	0,0331937
0 - 10		0,00279626	0,0330478
0 - 15		0,0116554	0,0330478
5 - 10	*	-0,0385584	0,0330478
5 - 15		-0,0296993	0,0330478
10 - 15		0,00885914	0,0329013

* indica una diferencia significativa.

Tukey 95% Factor 2

Factor 2	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60	60	2,23693	0,00898757	X
100	58	2,26564	0,00914665	XX
0	60	2,27122	0,00898757	XX
80	60	2,30149	0,00898757	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 60	*	0,0342907	0,0329013
0 - 80		-0,0302663	0,0329013
0 - 100		0,00558314	0,0331937
60 - 80	*	-0,0645569	0,0329013
60 - 100		-0,0287075	0,0331937
80 - 100	*	0,0358494	0,0331937

* indica una diferencia significativa.

Anexo P. (Continuación)

Prueba de Tukey HSD para Oxígeno 12:00 h.

Tukey 95% Tratamientos			
Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
9	15	2,1225	X
12	15	2,15134	XX
2	15	2,16834	XXX
16	15	2,17833	XXXX
8	15	2,18257	XXXX
10	15	2,21029	XXXXX
6	15	2,21997	XXXXX
7	15	2,2305	XXXXX
11	15	2,2447	XXXX
15	15	2,25986	XXXX
5	15	2,27231	XXXX
3	15	2,28569	XXX
13	15	2,29532	XX
14	15	2,30766	X
4	15	2,3177	X
1	15	2,33095	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
1 - 2	*	0,162605	0,121312
1 - 8	*	0,148376	0,121312
1 - 9	*	0,208448	0,121312
1 - 12	*	0,179606	0,121312
1 - 16	*	0,152615	0,121312
2 - 4	*	-0,149359	0,121312
2 - 13	*	-0,126979	0,121312
2 - 14	*	-0,13932	0,121312
3 - 9	*	0,163192	0,121312
3 - 12	*	0,134349	0,121312
4 - 8	*	0,13513	0,121312
4 - 9	*	0,195202	0,121312
4 - 12	*	0,16636	0,121312
4 - 16	*	0,139369	0,121312
5 - 9	*	0,149815	0,121312
8 - 14	*	-0,125092	0,121312
9 - 11	*	-0,122198	0,121312
9 - 13	*	-0,172822	0,121312
9 - 14	*	-0,185164	0,121312
9 - 15	*	-0,137363	0,121312
12 - 13	*	-0,14398	0,121312
12 - 14	*	-0,156322	0,121312
14 - 16	*	0,129331	0,121312

* indica una diferencia significativas

Anexo P. (Continuación)

Método: Tukey 95% Factor 1

Factor 1	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15	60	2,20749	0,0123764	X
5	60	2,22656	0,0123764	X X
10	60	2,25519	0,0123764	X
0	60	2,25527	0,0123764	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 5		0,0287066	0,0453039
0 - 10		0,0000841402	0,0453039
0 - 15	*	0,0477839	0,0453039
5 - 10		-0,0286224	0,0453039
5 - 15		0,0190773	0,0453039
10 - 15	*	0,0476997	0,0453039

* indica una diferencia significativa.

Método: Tukey 95% Factor 2

Factor 2	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60	60	2,18221	0,0123764	X
80	60	2,22634	0,0123764	XX
0	60	2,26029	0,0123764	XX
100	60	2,27567	0,0123764	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 60	*	0,078089	0,0453039
0 - 80		0,0339582	0,0453039
0 - 100		-0,0153759	0,0453039
60 - 80		-0,0441308	0,0453039
60 - 100	*	-0,0934649	0,0453039
80 - 100	*	-0,0493342	0,0453039

* indica una diferencia significativa.

Anexo P. (Continuación)

Prueba de Tukey HSD para Oxígeno 18:00 h.

Método: Tukey 95% Tratamientos			
Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
12	19	2,15739	X
16	19	2,17414	XX
9	19	2,20668	XXX
8	19	2,21793	XXX
2	19	2,22635	XXX
15	19	2,23888	XXX
10	19	2,25031	XXXX
7	19	2,25316	XXXX
6	19	2,26542	XXX
11	19	2,27431	XXX
14	19	2,28579	XXX
13	19	2,30206	XXX
5	19	2,30346	XXX
3	19	2,30346	XXX
4	19	2,35175	XX
1	19	2,37908	X

Contraste	Sig.	Diferencia +/-	Límites
1 - 2	*	0,152739	0,102742
1 - 6	*	0,113666	0,102742
1 - 7	*	0,125929	0,102742
1 - 9	*	0,172407	0,102742
1 - 10	*	0,128772	0,102742
1 - 11	*	0,104779	0,102742
1 - 12	*	0,221695	0,102742
1 - 15	*	0,140209	0,102742
1 - 16	*	0,204948	0,102742
2 - 4	*	-0,125405	0,102742
3 - 12	*	0,146073	0,102742
3 - 16	*	0,129326	0,102742
4 - 8	*	0,133816	0,102742
4 - 12	*	0,194361	0,102742
4 - 15	*	0,112875	0,102742
4 - 16	*	0,177614	0,102742
5 - 16	*	0,129322	0,102742
6 - 12	*	0,108029	0,102742
11 - 12	*	0,116916	0,102742
12 - 13	*	-0,144671	0,102742
12 - 14	*	-0,128404	0,102742
13 - 16	*	0,127925	0,102742
14 - 16	*	0,111657	0,102742

* indica una diferencia significativa.

Anexo P. (Continuación)

Método: Tukey 95% Factor 1

Factor 1	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
15	76	2,2253	0,0105081	X
5	76	2,25697	0,0105081	XX
10	76	2,26745	0,0105081	XX
0	76	2,29782	0,0105081	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 5	*	0,0408528	0,0384001
0 - 10		0,0303709	0,0384001
0 - 15	*	0,0725179	0,0384001
5 - 10		-0,010482	0,0384001
5 - 15		0,0316651	0,0384001
10 - 15	*	0,042147	0,0384001

* indica una diferencia significativa.

Método: Tukey 95% Factor 2

Factor 2	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
60	76	2,22217	0,0105081	X
0	76	2,25022	0,0105081	X
80	76	2,25999	0,0105081	X
100	76	2,31516	0,0105081	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 60		0,0280454	0,0384001
0 - 80		-0,00977498	0,0384001
0 - 100	*	-0,0649441	0,0384001
60 - 80		-0,0378204	0,0384001
60 - 100	*	-0,0929895	0,0384001
80 - 100	*	-0,0551691	0,0384001

* indica una diferencia significativa.

Anexo Q. Registro de Saturación de Oxígeno (%) promedio

Saturación de Oxígeno (%) 7:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	74,59	77,31	75,76	76,29	70,12	68,76	67,87
T2	67,86	68,26	68,60	68,96	69,60	66,80	66,51
T3	72,46	71,26	72,54	72,83	69,79	71,61	69,95
T4	70,53	74,33	75,61	74,91	69,60	73,41	71,80
T5	70,89	70,21	71,23	71,93	69,88	69,81	69,30
T6	72,69	67,53	69,00	68,41	69,71	68,09	69,43
T7	70,44	69,57	71,19	71,93	69,64	69,81	69,20
T8	69,46	67,77	71,11	72,17	69,55	66,77	65,96
T9	63,54	62,81	69,07	68,93	69,66	64,61	64,23
T10	68,40	67,17	72,34	72,11	69,87	68,46	68,29
T11	70,74	69,14	70,56	69,94	69,92	68,73	67,83
T12	66,30	67,40	67,34	67,37	69,94	64,39	64,48
T13	68,41	70,79	72,17	71,97	70,02	70,76	69,62
T14	72,20	72,53	75,01	74,97	69,94	73,01	73,11
T15	69,20	71,14	71,77	71,63	69,91	72,47	73,23
T16	69,33	65,13	69,14	70,10	70,21	64,01	63,71

Saturación de Oxígeno (%) 12:00 h.

Trato	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	72,23	66,46	73,54	75,10	67,51	72,19	73,25
T2	64,33	66,80	58,39	68,89	67,29	67,76	68,05
T3	67,79	67,08	66,63	70,89	67,21	69,00	70,30
T4	64,26	66,86	67,91	70,13	66,92	71,40	70,27
T5	69,90	66,52	69,10	69,60	66,93	69,77	71,10
T6	68,40	66,59	64,34	65,09	66,58	66,67	67,13
T7	66,33	67,15	66,24	68,96	66,42	69,87	69,60
T8	66,83	67,96	62,89	63,79	66,28	64,97	64,15
T9	61,23	68,12	66,96	66,74	66,51	63,79	63,13
T10	65,67	68,39	66,23	67,00	66,76	68,39	69,27
T11	68,17	68,19	67,63	67,59	66,56	67,70	67,37
T12	63,31	68,05	58,31	63,93	66,77	62,69	62,87
T13	69,67	68,27	73,41	72,34	67,02	70,61	69,50
T14	71,33	68,02	73,06	72,89	67,07	71,64	73,37

Anexo Q. (Continuación)

T15	64,70	67,58	66,23	65,17	66,62	71,66	66,97
T16	65,51	67,08	62,46	66,67	66,98	65,39	64,92

Saturación de Oxígeno (%) 18:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	75,47	70,14	73,53	76,79	74,59	70,95	70,68
T2	66,84	63,46	64,67	66,74	66,04	67,34	66,48
T3	70,09	68,64	70,44	69,88	70,39	68,74	69,67
T4	71,64	71,15	73,21	69,96	68,95	71,88	73,40
T5	69,14	67,71	72,37	69,24	69,78	69,96	69,82
T6	71,77	66,30	65,51	63,10	67,24	67,02	66,70
T7	68,69	66,14	69,73	67,90	67,09	70,09	68,68
T8	68,34	63,95	68,80	64,16	64,37	63,94	63,12
T9	64,66	58,84	67,21	66,37	64,54	64,76	63,36
T10	67,81	66,19	70,66	65,58	68,36	68,99	69,30
T11	69,31	69,05	69,59	66,49	67,12	67,64	68,37
T12	65,03	66,26	63,06	63,74	57,39	62,45	60,65
T13	67,03	69,17	72,97	72,54	70,86	70,70	69,65
T14	71,56	69,23	73,74	72,99	64,19	72,09	71,56
T15	65,20	67,94	67,27	65,19	63,38	70,70	69,79
T16	64,66	63,74	65,81	64,41	64,07	65,94	63,30

Anexo R. Registro de pH promedio semanal

Registro de pH promedio semanal 7:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	6,60	6,81	7,43	7,23	7,39	7,14	7,00
T2	6,65	6,99	7,39	7,60	7,46	7,27	7,07
T3	6,76	7,14	7,60	7,70	7,79	7,25	7,05
T4	6,68	7,07	7,49	7,67	7,65	7,51	7,26
T5	6,80	7,18	7,75	7,74	7,62	7,46	7,25
T6	6,83	7,21	7,55	7,66	7,58	7,26	7,11
T7	6,86	7,26	7,63	7,77	7,76	7,43	7,23
T8	6,88	7,23	7,59	7,65	7,64	7,28	7,10
T9	6,78	7,13	7,62	7,46	7,37	7,02	6,93
T10	6,83	7,22	7,71	7,73	7,69	7,51	7,32
T11	6,88	7,26	7,65	7,58	7,50	7,37	7,20
T12	6,81	7,28	7,50	7,53	7,61	7,52	7,28
T13	6,90	7,32	7,46	7,61	7,67	7,46	7,28
T14	6,90	7,25	7,71	7,73	7,72	7,64	7,41
T15	6,85	7,23	7,67	7,79	7,70	7,58	7,34
T16	6,84	7,22	7,64	7,80	7,84	7,59	7,33

Registro de pH promedio semanal 12:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	6,63	6,81	7,39	7,27	7,36	7,22	6,94
T2	6,66	6,93	7,36	7,67	7,39	7,26	7,02
T3	6,78	7,11	7,43	7,75	7,70	7,20	7,00
T4	6,67	7,05	7,41	7,75	7,57	7,45	7,21
T5	6,83	7,13	7,76	7,74	7,59	7,40	7,20
T6	6,85	7,21	7,50	7,70	7,51	7,18	7,04
T7	6,86	7,24	7,55	7,77	7,70	7,39	7,15
T8	6,90	7,19	7,52	7,74	7,56	7,23	7,02
T9	6,83	7,08	7,57	7,46	7,34	6,99	6,87
T10	6,88	7,18	7,69	7,76	7,65	7,46	7,26
T11	6,92	7,22	7,55	7,63	7,44	7,33	7,14
T12	6,87	7,24	7,41	7,55	7,53	7,47	7,23

Anexo R. (Continuación)

T13	6,99	7,26	7,76	7,63	7,64	7,45	7,21
T14	6,95	7,20	7,72	7,79	7,69	7,60	7,37
T15	6,88	7,22	7,64	7,80	7,64	7,55	7,30
T16	6,90	7,16	7,61	7,83	7,78	7,55	7,29

Registro de pH promedio semanal 18:00 h.

Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
T1	6,60	6,81	7,43	7,23	7,39	7,14	7,00
T2	6,65	6,99	7,39	7,60	7,46	7,27	7,07
T3	6,76	7,14	7,60	7,70	7,79	7,25	7,05
T4	6,68	7,07	7,49	7,67	7,65	7,51	7,26
T5	6,80	7,18	7,75	7,74	7,62	7,46	7,25
T6	6,83	7,21	7,55	7,66	7,58	7,26	7,11
T7	6,86	7,26	7,63	7,77	7,76	7,43	7,23
T8	6,88	7,23	7,59	7,65	7,64	7,28	7,10
T9	6,78	7,13	7,62	7,46	7,37	7,02	6,93
T10	6,83	7,22	7,71	7,73	7,69	7,51	7,32
T11	6,88	7,26	7,65	7,58	7,50	7,37	7,20
T12	6,81	7,28	7,50	7,53	7,61	7,52	7,28
T13	6,90	7,32	7,46	7,61	7,67	7,46	7,28
T14	6,90	7,25	7,71	7,73	7,72	7,64	7,41
T15	6,85	7,23	7,67	7,79	7,70	7,58	7,34
T16	6,84	7,22	7,64	7,80	7,84	7,59	7,33

Registro promedio de pH en el periodo (mg/L)

Tratamientos	pH	Tratamientos	pH
T1	7,08±0,43	T9	7,21±0,33
T2	7,22±0,41	T10	7,43±0,39
T3	7,35±0,44	T11	7,36±0,31
T4	7,33±0,43	T12	7,36±0,39
T5	7,41±0,38	T13	7,41±0,31
T6	7,34±0,33	T14	7,47±0,36
T7	7,43±0,37	T15	7,45±0,38
T8	7,37±0,35	T16	7,47±0,39

Anexo S. Registro de Nitritos, Nitratos y Amonio

Nitritos NO₂ (mg/L)

Tratamiento	inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T1	0,001	0,007	0,006	0,280	14,60	3,280	0,120
T2	0,000	0,000	0,000	0,348	8,40	0,040	0,012
T3	0,081	0,000	0,000	0,234	5,50	0,030	0,010
T4	0,084	0,000	0,440	0,008	3,90	2,380	0,013
T5	0,002	0,005	0,000	0,206	1,30	0,000	0,000
T6	0,001	0,007	0,004	0,352	1,00	0,003	0,003
T7	0,001	0,009	0,001	0,021	13,60	0,050	0,010
T8	0,003	0,071	0,002	0,047	1,00	0,121	0,007
T9	0,002	0,003	0,008	2,450	7,10	0,060	0,003
T10	0,002	0,000	0,007	1,500	4,80	0,243	0,000
T11	0,001	0,007	0,032	0,157	15,40	0,078	0,016
T12	0,001	0,005	0,038	0,104	8,40	1,510	0,000
T13	0,001	0,004	0,019	1,530	4,50	0,176	0,015
T14	0,001	0,012	0,041	1,040	0,10	0,225	0,013
T15	0,001	0,000	0,004	0,003	3,00	0,740	0,353
T16	0,001	0,013	0,046	0,005	0,40	0,970	0,025

Registro promedio de Nitritos en el periodo (mg/L)

Tratamiento	Nitritos (mg/L)	Tratamiento	Nitritos (mg/L)
T1	2,61±0,33	T9	1,37±0,33
T2	1,25±0,33	T10	0,93±0,33
T3	0,83±0,33	T11	2,24±0,33
T4	0,97±0,33	T12	1,43±0,33
T5	0,21±0,33	T13	0,89±0,33
T6	0,19±0,33	T14	0,20±0,33
T7	1,95±0,33	T15	0,58±0,33
T8	0,17±0,33	T16	0,20±0,33

Anexo S. (Continuación)

Nitratos NO₃ (mg/L)

Tratamiento	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T1	1,2	0,2	0,0	1,7	26,6	13,1	5,2
T2	0,6	1,1	0,7	1,2	23,2	4,9	5,9
T3	1,1	2,4	0,6	0,8	12,3	0,0	4,3
T4	1,6	0,0	2,4	1,0	6,80	6,1	1,4
T5	2,3	0,3	3,5	0,0	19,3	0,0	0,6
T6	1,5	0,5	1,4	1,0	5,40	1,1	4,6
T7	1,4	2,2	2,0	0,5	17,0	1,4	2,9
T8	1,8	0,4	0,7	0,8	10,3	4,0	4,0
T9	0,6	0,0	0,8	7,0	23,1	15,4	5,5
T10	1,4	0,2	6,3	4,5	22,9	5,0	0,3
T11	1,8	1,3	3,0	1,6	48,0	3,0	3,2
T12	2,2	0,7	2,5	2,5	28,2	5,8	1,5
T13	0,6	1,4	0,6	4,2	22,4	6,5	3,1
T14	0,5	9,8	0,8	4,3	3,70	0,6	2,1
T15	0,9	3,3	0,0	0,3	12,5	5,9	1,9
T16	1,6	4,8	2,4	0,2	10,0	6,3	5,1

Registro promedio de Nitratos en el periodo (mg/L)

Tratamiento	Nitratos (mg/L)	Tratamiento	Nitratos (mg/L)
T1	5,88±2,63	T9	6,3±2,63
T2	5,53±2,63	T10	6,0±2,63
T3	3,14±2,43	T11	2,26±2,88
T4	2,85±2,43	T12	6,0±2,63
T5	4,2±2,63	T13	5,36±2,63
T6	2,2±2,43	T14	3,17±2,43
T7	3,97±2,43	T15	3,64±2,43
T8	2,97±2,43	T16	4,12±2,43

Anexo S. (Continuación)

AMONIO NH₃ (Mg/L)

Trato.	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T1	0,07	3,50	0,20	8,40	0,03	0,07	0,14
T2	0,11	3,10	4,20	5,60	0,80	0,03	0,09
T3	0,09	1,20	4,70	4,40	0,06	0,04	0,08
T4	0,13	0,40	4,20	4,20	3,30	0,07	0,09
T5	0,10	1,70	5,80	5,70	0,00	0,04	0,04
T6	0,11	0,80	4,30	2,40	0,04	0,05	0,08
T7	0,11	1,90	0,33	4,90	0,01	0,05	0,08
T8	0,11	2,60	1,90	4,10	0,04	0,06	0,13
T9	0,08	1,10	0,29	5,50	0,06	0,04	0,09
T10	0,07	0,80	0,42	4,10	0,20	0,02	0,06
T11	0,07	2,20	0,54	6,00	0,40	0,05	0,10
T12	0,06	0,90	3,90	5,20	0,02	0,06	0,04
T13	0,09	2,70	4,20	4,60	0,05	0,03	0,08
T14	0,09	2,40	3,90	2,70	0,05	0,02	0,07
T15	0,10	2,50	5,20	2,30	0,04	0,03	0,06
T16	0,12	1,10	3,80	1,10	0,01	0,05	0,08

Registro promedio de amonio en el periodo (mg/L)

Tratamientos	Amonio (mg/L)	Tratamientos	Amonio (mg/L)
T1	1,77±0,32	T9	1,02±0,32
T2	1,99±0,32	T10	0,81±0,32
T3	1,51±0,32	T11	1,33±0,32
T4	1,77±0,32	T12	1,45±0,32
T5	1,91±0,32	T13	1,67±0,32
T6	1,11±0,32	T14	1,31±0,32
T7	1,05±0,32	T15	1,46±0,32
T8	1,27±0,32	T16	0,89±0,32

Anexo T. Análisis de Varianza Nitritos, Nitratos y Amonio

Análisis de Varianza Nitritos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	4,16225	15	0,277483	0,34	0,9887
A:factor 1	0,530453	3	0,176818	0,22	0,8845
B:factor 2	2,06694	3	0,688978	0,84	0,4727
AB	1,42359	9	0,158176	0,19	0,9943
RESIDUOS	77,4808	96	0,815588		
TOTAL	81,4959	125			

Análisis de Varianza Nitratos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	5,25082	15	0,350055	0,39	0,9790
A:factor 1	1,21979	3	0,406596	0,46	0,7142
B:factor 2	0,686911	3	0,22897	0,26	0,8565
INTERACCIONES					
AB	4,32812	9	0,480902	0,54	0,8424
RESIDUOS	75,8869	85	0,892787		
TOTAL	83,7972	102			

Análisis de Varianza Amonio

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	1,73323	15	0,115549	0,16	0,9999
A:factor 1	0,021881	3	0,00729367	0,01	0,9986
B:factor 2	0,749645	3	0,249882	0,34	0,7953
INTERACCIONES					
AB	1,01296	9	0,112552	0,15	0,9977
RESIDUOS	69,4981	96	0,731559		
TOTAL	71,2799	125			

Anexo U. Registro de DQO Y DBO (mg/L)

DQO (mg/L)

Tratamiento	Inicio	Quincena 1	Quincena 2	Quincena 3
T1	203	426	1475	142
T2	228	209	1348	168
T3	395	446	1635	80
T4	153	965	1538	380
T5	137	948	1645	340
T6	134	283	1598	400
T7	398	1038	1494	460
T8	416	771	1289	280
T9	449	463	995	380
T10	459	702	1292	200
T11	399	503	920	213
T12	251	978	1115	140
T13	292	436	1358	820
T14	318	682	1018	885
T15	337	717	836	870
T16	460	781	1205	890

DBO₅ (mg/L)

Tratamiento	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T1	1,6	0,8	1,0	1,3	6,2	0,7	0,5
T2	2,0	3,2	1,9	2,1	5,6	0,1	3,0
T3	2,2	1,6	1,4	3,3	4,3	0,0	0,0
T4	0,2	1,5	1,1	0,4	4,5	1,2	0,7
T5	0,8	0,7	0,1	0,1	3,4	0,6	0,0
T6	0,4	1,2	0,1	1,6	5,9	0,0	0,1
T7	1,6	1,2	2,0	0,8	5,3	0,9	0,3
T8	0,2	1,7	2,2	1,6	4,6	0,1	0,2
T9	0,9	0,4	1,1	0,3	4,7	0,1	0,6
T10	1,4	3,8	3,0	0,4	4,8	0,5	0,0
T11	1,4	1,3	0,6	1,3	5,9	1,4	1,0
T12	0,2	2,8	2,7	4,2	4,9	1,0	0,9
T13	1,1	1,9	1,8	1,7	5,1	0,2	0,1
T14	0,2	1,6	0,2	1,1	4,7	0,1	0,1
T15	0,7	2,8	1,6	1,4	4,8	0,4	0,1
T16	2,4	2,3	0,6	1,7	5,2	0,2	0,5

Anexo V. Análisis de varianza para DQO y DBO₅

Análisis de varianza DQO

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamiento	359,346	15	23,9564	0,26	0,9971
A:Factor 1	48,1736	3	16,0579	0,17	0,9154
B:Factor 2	183,643	3	61,2143	0,65	0,5856
AB	127,529	9	14,1699	0,15	0,9976
RESIDUOS	4506,25	48	93,8802		
TOTAL	4865,6	63			

Análisis de varianza DBO₅

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Tratamientos	4,43521	15	0,295681	0,68	0,7953
A:factor 1	0,709477	3	0,236492	0,54	0,6539
B:factor 2	1,14442	3	0,381473	0,88	0,4564
AB	2,32457	9	0,258285	0,59	0,7998
RESIDUOS	41,3652	95	0,435423		
TOTAL	45,542	110			

Anexo W . Costos parciales de producción por tratamiento

	Tratamiento 1			Tratamiento 2		Tratamiento 3		Tratamiento 4	
	VR. Unit. (\$)	Cantidad	VR. Total (\$)	Cantidad	VR. Total (\$)	Cantidad	VR. Total (\$)	Cantidad.	VR. Total (\$)
Alevinos de Cachama	70	30	2100	30	2100	30	2100	30	2100
Balanceado 35% (g)	1,8	291,627	524,93	369,215	664,587	287,967	518,3406	270,084	486,1512
Bacterias (mL)	40	45	1800	45	1800	45	1800	45	1800
Melaza (g)	0,79	0	0	25,35	20,03	39,54	31,24	55,63	43,9477
Balanceado ponedoras (g)	1,2	1,2	1,44	1,2	1,44	1,2	1,44	1,2	1,44
Costo de energía (día)	4,2	45	189	45	189	45	189	45	189
Total			4615,4		4775,0535		4640,017		4620,5389
	Tratamiento 5			Tratamiento 6		Tratamiento 7		Tratamiento 8	
Alevinos de Cachama	70	30	2100	30	2100	30	2100	30	2100
Balanceado 35% (g)	1,8	187,96	338,32	211,74	381,12	211,51	380,718	252,81	455,058
Bacterias (mL)	40	45	1800	45	1800	45	1800	45	1800
Melaza (g)	0,79	0	0	14,54	11,49	29,04	22,94	52,07	41,1353
Balanceado ponedoras (g)	1,2	1,2	1,44	1,2	1,44	1,2	1,44	1,2	1,44
Costo de energía (día)	4,2	45	189	45	189	45	189	45	189
Total			4428,7644		4483,0514		4494,1		4586,6333

Anexo W. (Continuación)

	Tratamiento 9			Tratamientos 10		Tratamiento 11		Tratamiento 12	
	VR. Unit. (\$)	Cantidad	VR. Total (\$)	Cantidad.	VR. Total (\$)	Cantidad	VR. Total (\$)	Cantidad	VR. Total (\$)
Alevinos de Cachama	70	30	2100	30	2100	30	2100	30	2100
Balanceado 35% (g)	1,8	164,950	296,91	211,730	381,114	170,301	306,5418	214,523	386,1414
Bacterias (mL)	40	45	1800	45	1800	45	1800	45	1800
Melaza (g)	0,79	0	0	9,96	7,87	23,38	18,47	44,19	34,9101
Balanceado ponedoras (g)	1,2	1,2	1,44	1,4	1,68	1,4	1,68	1,4	1,68
Costo de energía (día)	4,2	45	189	45	189	45	189	45	189
Total			4387,35		4479,6624		4415,692		4511,7315
	Tratamiento 13			Tratamientos 14		Tratamiento 15		Tratamiento 16	
Alevinos de Cachama	70	30	2100	30	2100	30	2100	30	2100
Balanceado 35% (g)	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacterias (mL)	40	30	1200	30	1200	30	1200	30	1200
Melaza (g)	0,79	0	0	25,35	20,03	39,54	31,24	55,63	43,9477
Balanceado ponedoras (g)	1,2	1,4	1,68	1,4	1,68	1,4	1,68	1,4	1,68
Costo de energía (día)	4,2	45	189	45	189	45	189	45	189
Total			3490,68		3510,7065		3521,917		3534,6277