

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LOS
PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE GAMITANA
(*Colossoma macropomum*) CULTIVADOS BAJO SISTEMA
BIOFLOC (TBF)**

Autor: Bach. Joiby Mayagi Pérez Cubas

Asesor: Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana

Coasesor: Ing. Robert Hoyos Ríos

CHACHAPOYAS – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mi esposa, Merli Torres por ser una gran compañera y por la gran ayuda que me brindas, y por estar a mi lado inclusive en los momentos y situaciones más tormentosas.

A mi amado hijo Adriano que es mi principal impulso, razón y motivo para seguir adelante y alcanzar mis metas.

A mis padres, Yenie Cubas y Floriano Pérez mi más profunda gratitud y amor por su gran sacrificio e inculcarme principios éticos y morales necesarios para mi formación como ser humano y como profesional.

A mis hermanas Gabriela y Laura por su comprensión y apoyo incondicional.

Joiby Mayagi Pérez Cubas

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios Todopoderoso, por darme su guía durante mi formación y brindarme las herramientas necesarias para poder realizar el presente trabajo.

A mi asesor Ms. Segundo Grimaldo Chávez Quintana por la orientación y el interés que mostró durante el desarrollo de la investigación.

A mi coasesor y amigo Ing. Robert Hoyos Ríos, por compartir sus conocimientos y experiencia que hizo posible poder realizar la presente tesis.

A los docentes Ms. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jerí, Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo y Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández quienes como miembros de jurado dedicaron su tiempo y aportaron sus conocimientos para fortalecer la presente investigación.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, por brindarme a través de sus docentes los conocimientos para mi formación profesional.

A todos mis familiares y amigos que de una u otra manera colaboraron desinteresadamente con el presente trabajo de investigación.

AUTORIDADES DE LA UNTRM

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor de Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Mg. Erick Aldo Auquiñivín Silva

Decano de la Facultad de

Ingeniería y Ciencias Agrarias

ANEXO 3-K**VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Influencia de la densidad de siembra en los parámetros productivos de pambón (Colasoma mucronatum) cultivado bajo sistema biofbc. del egresado Josby Mayagi Perez Cubas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 02 de febrero de 2021



Firma y nombre completo del Asesor



ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (X), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE CAMITANA (*Colossoma macropomum*) CULTIVADAS BAJO SISTEMA
BIOFLOC (TBF)
del egresado JOIBY PATAGI PEREZ URBAS
de la Facultad de INGENIERIA Y CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional de INGENIERIA AGRICOLA INDUSTRIAL
de esta Casa Superior de Estudios.

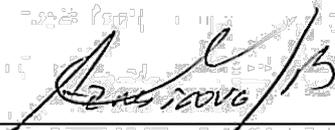
El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



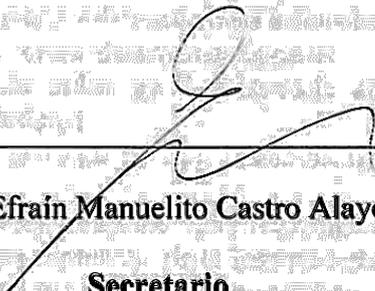
Chachapoyas, 02 de Febrero de 2021


Firma y nombre completo del Asesor

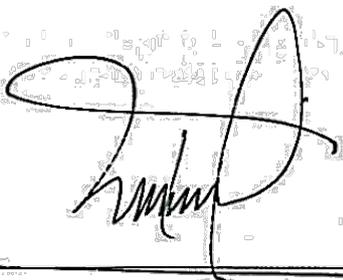
JURADO EVALUADOR



Ms. Sc. Armstrong Barnard Fernández Jerí
Presidente



Ms. Efraín Manuelito Castro Alayo
Secretario



Ms. Robert Javier Cruzalegui Fernández
Vocal

ANEXO 3-0**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE GAMITANA (*Colossoma moenkopi*) CULTIVADOS BAJO SISTEMA BIOFLOC (TBF)
presentada por el estudiante () /egresado (X) JOIDY MAYAGI PÉREZ UBAS
de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AEROINDUSTRIAL
con correo electrónico institucional _____

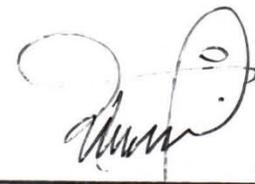
después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 17 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 25 de ENERO del 2021


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....



ANEXO 3-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 11 de Enero del año 2021, siendo las 19:00 horas, el aspirante: JOIBY MAYAGI PEREZ WBAS, defiende en sesión pública presencial () / a distancia (X) la Tesis titulada: _____

INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE GAMITANACOLUSSOMA MOCROPOANUM CULTIVADOS, teniendo como asesor a ING. SISTEMA BIOFLOC (TRF) SEGUNDO G. CHAVEZ QUINTANA para obtener el Título Profesional de INGENIERO AGROINDUSTRIAL a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio

Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: ING. ARMSTRONG B. FERNANDEZ JERI

Secretario: ING. EFRAIN M. CASTRO ALAYO

Vocal: ING. ROBERT J. CRUZACEQUI FERNANDEZ

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

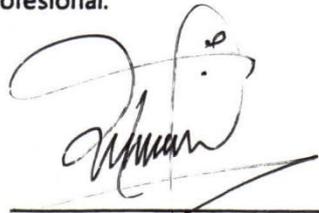
Aprobado (X)

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 20:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	ii
AUTORIDADES DE LA UNTRM	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS	v
VISTO BUENO DEL COASESOR DE TESIS	vi
JURADO EVALUADOR	vii
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TESIS	ix
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	x
ÍNDICE	xi
ÍNDICE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
I. INTRODUCCIÓN	17
II. MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1. Ubicación	19
2.2. Muestra.....	19
2.3. Diseño experimental.....	19

2.4. Métodos y técnicas.....	20
2.5. Análisis estadístico.....	23
III. RESULTADOS	24
3.1. Evaluación de los parámetros de calidad de agua en el sistema biofloc (TBF) en tres densidades de siembra.....	24
3.2. Determinación de los parámetros productivos en tres densidades de siembra en cultivo de Gamitana (<i>C. macropomum</i>).....	25
IV. DISCUSIÓN	29
V. CONCLUSIONES	34
VI. RECOMENDACIONES	35
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
ANEXOS.....	41
Anexo A. Datos recolectados.....	41
Anexo B. Análisis estadístico	46
Anexo C. Galería fotográfica.....	51

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos empleados	20
Tabla 2. Variables físico y químicas de calidad del agua en cultivo de <i>C. macropomum</i> en TBF en tres densidades de siembra.....	24
Tabla 3. Parámetros productivos evaluados en tres densidades de siembra de Gamitana (<i>C. macropomum</i>) en TBF	27
Tabla 4. Parámetros de calidad de agua TBF	41
Tabla 5. Datos recolectados del peso de gamitana en el periodo de ejecución	44
Tabla 6. Data de los parámetros productivos del cultivo de gamitana (<i>C. macropomum</i>) en tres densidades de siembra	45
Tabla 7. Tablas de análisis de varianza y pruebas de Tukey en los parámetros físicos y químicos de la calidad del agua	46
Tabla 8. Tablas de análisis de varianza y pruebas de Tukey en los parámetros productivos en cultivos de gamitana (<i>C. macropomum</i>) en tres densidades de siembra en un sistema TBF	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estación pesquera de Marona.....	19
Figura 2. Crecimiento en peso promedio de <i>C. macropomum</i> durante la etapa experimental en tres densidades de siembra	25
Figura 3. Diagrama de pareto de efectos estandarizados sobre el crecimiento (g) de gamitana (<i>C. macropomum</i>)	26
Figura 4. Consumo de alimento vs Consumo de alimento proyectado	28
Figura 5. Gráfica de intervalos de las variables de la calidad de agua en los tratamientos empleados en sistemas TBF.....	47
Figura 6. Estanques (limpieza y sellado para evitar fuga de agua).....	51
Figura 7. Blower de 1.5 hp utilizado para la oxigenación	51
Figura 8. Instalación de mangueras de oxigenación y regulación cantidad de oxígeno. 52	
Figura 9. Evaluación de los parámetros de calidad del biofloc	52

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió la influencia de la densidad de siembra en los parámetros productivos de gamitana (*Colossoma macropomum*) cultivados bajo sistema biofloc, el cual se realizó en la Estación Pesquera Marona (San Martín). Para ello, se tuvo inicialmente 270 alevinos de la especie, se estudió tres densidades (20, 30 y 40 peces/m³) por triplicado, donde se midió la calidad del agua y los parámetros productivos de gamitana. Los datos fueron procesados con un análisis de varianza de una vía y se aplicó prueba Tukey. El contenido de oxígeno y el pH estuvieron dentro del umbral para la crianza de peces tropicales, se evidenció que la densidad no influye sobre la calidad del agua. Se reporta que el crecimiento en peso de gamitana con una densidad de 20 peces/m³ obtuvo un mayor peso final; la ganancia de biomasa se obtuvo un rango entre 1,03 a 1,29kg; la tasa de supervivencia en gamitana fue superior al 90%. Se observó que a menor densidad de siembra la tasa de crecimiento específica es mayor y que la tasa de conversión alimenticia conforme aumentó la densidad se reduce. Además, se concluye que la densidad solo tiene influencia ($p < 0,05$) en el crecimiento en peso de gamitana y en la biomasa final, y mediante la prueba Tukey se demostró que cada tratamiento forma un grupo estadísticamente distinto en cuanto a la biomasa final.

Palabras clave: Biofloc, *Colossoma macropomum*, densidad, gamitana, parámetros.

ABSTRACT

Influence of density on the productive parameters of gamitana (*Colossoma macropomum*) grown under a biofloc system, which was carried out at Estación Pesquera Marona (San Martín). For this, it was initially had 270 fingerlings and three densities were studied (20, 30 and 40 fish/m³) in triplicate, where water quality and productive parameters of the gamitana were evaluated. Data was analyzed by one-way analysis of variance and Tukey test. The oxygen content and pH was within the threshold for the rearing of tropical fish, it was evidenced that density does not influence water quality. It reported growth in weight of gamitana with a density of 20 fish/m³ obtained a higher final weight; biomass gain was obtained a range between 1.03 to 1.29kg; survival rate in gamitana was higher than 90%; lower sowing density increased specific growth rate and feed conversion rate decreased as density increased. In addition, it is concluded that density only has an influence ($p < 0.05$) on the growth in weight of gamitana and on the final biomass, and through the Tukey test it was shown that each treatment forms a statistically different group in terms of final biomass.

Keywords: Biofloc, *Colossoma macropomum*, density, gamitana, parameters.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura representa casi el 50% de la producción de pescado a nivel mundial, esta cifra según la FAO se debe a la diversidad de especies y los productos derivados; además, la producción acuícola aporta en la erradicación del hambre debido a su alto valor nutricional por lo que es importante maximizar la productividad del sector a través de estrategias o medios para satisfacer la creciente demanda a nivel mundial (Craveiro et al., 2019; Nobuyoshi, 2019; Silva et al., 2020).

Latinoamérica cuenta con fuentes fluviales abundantes que ha fomentado el estudio de la acuicultura para incrementar la eficiencia de producción; sin embargo, este sector es amenazado por lo creciente polución y contaminación a causa de la agricultura y ganadería por lo que garantizar la calidad del agua es determinante para la expansión de la acuicultura (Bernuy, 2016; Gutiérrez et al., 2012; Sandoval-Vargas et al., 2020). Ante esto, Brú-Cordero et al. (2017) y Hernández et al. (2019) indican que un renglón de la acuicultura es la piscicultura, la cual es una actividad destinada a la cría y engorde peces debido al alto grado de eficiencia y tecnificación en el manejo, calidad del agua, alimentación y desarrollo de peces cultivados que soporta altas densidades de siembra.

Como se mencionó anteriormente en la crianza de peces la densidad de siembra influye sobre la calidad del agua, la alimentación, el crecimiento y rendimiento de producción y económico (Costa et al., 2016; Sukardi et al., 2018). Otro factor es la tecnología que se emplea en la piscicultura debido a que permite que esta actividad sea económicamente viable, ambientalmente sostenible y productivamente rentable.

Según Bernuy (2016), Brú-Cordero et al. (2017), Hernández et al. (2019) y Sandoval-Vargas et al. (2020) la tecnología biofloc es considerada como una herramienta sostenible en uso de los recursos hídricos (requerimiento de agua menor en comparación a lo tradicional) que van de la mano con altas producciones debido a que este sistema recicla los nutrientes en una alta relación de carbono/nitrógeno en el agua que estimula el crecimiento de biomasa microbiana que es consumida por las especies cultivadas en TBF, sin embargo esta tecnología es poco estudiada en el país.

En estudios inicialmente en otras especies tenemos a Brú-Cordero et al. (2017) reportaron que mediante el sistema biofloc el bicultivo de cachama blanca y tilapia nilótica en cuanto

a los parámetros productivos fueron altamente considerables pero que no hubo diferencia significativa entre ambas especies cultivadas en TBF. En el estudio de Zapata (2020), los alevines de tilapia cultivados en TBF obtuvieron mejores parámetros productivos debido al contenido de sólidos sedimentables que generó resistencia en los peces ante los cambios de la alcalinidad y compuestos nitrogenados. Braga et al. (2018) en un estudio en otras especies se observó que las densidades de siembra no presentó diferencias significativas en los parámetros productivos (peso, ganancia diaria promedio, biomasa y supervivencia) de cachama blanca y paqui en biofloc entre tratamientos, además con una densidad de 118 peces/m³ presenta mayor desarrollo de cachama blanca.

En el estudio de la crianza de *Oreochromis niloticus* en un sistema biofloc, Aquino (2019) menciona que la densidad no presentó influencia marcada en los parámetros productivos, sin embargo mediante este sistema se obtuvo mejores parámetros productivos con una tasa de supervivencia superior al 95%. En la investigación de Soberón-Minchán et al. (2007) durante 90 días determinaron los posibles efectos de las densidades de siembra en juveniles de gamitana, reportando que los peces con una densidad de 20 peces/m³ presentó mayores índices de conversión alimenticia. En lo citado anteriormente se observa que la *C. macropomum* ha aumentado su producción para atender la demanda del mercado, cabe resaltar que esta es una especie originaria de las cuencas del Amazonas y del Orinoco cultivada en los países de América del sur que alcanza hasta 100 cm de largo y 30 kg en su desarrollo (Craveiro et al., 2019; Izel-Silva et al., 2020; Marcos et al., 2020a, 2020b).

Además, la gamitana presenta un crecimiento rápido que puede desarrollarse en altas densidades (Izel-Silva et al., 2020); en base a estos antecedentes el manejo de esta especie en la región San Martín pese a que cuenta con condiciones favorables se realiza de manera extensiva a bajas densidades de siembra (1 a 3 peces/metro³) y con un escaso análisis de la calidad de agua en los estanques. Esto da como resultado bajos niveles de supervivencia, excesivos recambios de agua, contaminación de efluentes, poca tasa de crecimiento y una baja tasa de conversión alimenticia. En tal sentido el desarrollo de esta investigación tuvo por finalidad estudiar la influencia de la densidad de siembra en los parámetros productivos de gamitana cultivados bajo sistema biofloc para mejorar la crianza de esta especie a través de un sistema de cultivo intensivo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación

El trabajo experimental se realizó en la Estación Pesquera Marona, perteneciente a la Dirección Regional de Producción de la Región San Martín. Ubicada al margen izquierdo de la carretera Fernando Belaunde Terry (Km. 501).

Coordenadas S 06°04'02.7" y W 76°54'53.9" (854 msnm)



Figura 1. Estación pesquera de Marona

2.2. Muestra

El número de individuos para la presente investigación, inicialmente estuvo conformada por 270 alevinos de 50 g de *C. macropomum*.

2.3. Diseño experimental

En la investigación se empleó un diseño unifactorial (3 densidades) y tres replicas por cada tratamiento, determinando un total de 9 unidades experimentales (estanques de crianza).

Tabla 1. Tratamientos empleados

Tratamientos	Densidad
Tratamiento 1 (T1)	20 peces/m ³
Tratamiento 2 (T2)	30 peces/m ³
Tratamiento 3 (T3)	40 peces/m ³

El período de investigación tuvo actividad pre experimental (**6 semanas**) y la etapa experimental (**8 semanas**), esta segunda etapa se desarrolló desde el 05 junio hasta el 06 de agosto del 2020. Se tuvo en cuenta como variable de estudio las densidades de siembra, y se evaluó los parámetros productivos en gamitana de acuerdo a la siguiente descripción:

Densidad de siembra (Peces/m³): Hace referencia a la densidad de peces en cualquier punto del tiempo de producción por el volumen ocupado

Calidad del Agua: Se evaluó mediante indicadores físico y químico (oxígeno disuelto, pH, sólidos sedimentables, alcalinidad, amonio, nitrato, dióxido de nitrógeno, fosfato, dióxido de carbono). No se realizará ningún recambio de agua y solo se adicionará pequeñas cantidades de agua ya que existen perdidas producto de la evaporación.

Parámetros productivos: Son parámetros de crecimiento e índices zootécnicos que permiten evaluar cómo se desarrollan los peces criados en el sistema biofloc (ganancia de biomasa, tasa de crecimiento, tasa de conversión alimenticia, tasa de supervivencia, tasa de crecimiento específico, ganancia de peso diario).

2.4. Métodos y técnicas

Preparación y mantenimiento del Biofloc

El Biofloc fue preparado en los estanques experimentales, hasta que las concentraciones del nitrógeno inorgánico disuelto en el agua estuvieron bajas y estables (estabilización). Los tratamientos descritos en la tabla 1 fueron distribuidos en los tanques. No se realizó ningún recambio de agua y solo se adicionó pequeñas cantidades de agua para evitar pérdidas del producto por la evaporación.

Para la presente investigación en la etapa experimental se emplearon las siguientes técnicas:

Calidad del agua

Para la determinación de la calidad del agua se emplearon los siguientes parámetros físicos y químicos:

- a) **Oxígeno disuelto y pH:** Para la medición de estas variables se tomó como referencia lo mencionado por Souza et al. (2019), donde el oxígeno disuelto se monitoreó dos veces al día (8:00 a.m. y 6:00 p.m.) un oxímetro (mg/L), y en el pH se monitoreó una vez al día (8:00 a.m.) mediante el uso de un potenciómetro.
- b) **Sólidos sedimentables:** Se empleó lo descrito por Bernuy (2016) modificado para la presente investigación donde se midió diariamente (8:00 a.m.), medición que se realizó después de 20 minutos de sedimentación en un 1L de muestra usando cono de Imhoff, lo obtenido se expresó en mL/L.
- c) **Alcalinidad:** Esta variable de calidad se midió siguiendo lo descrito por Bernuy (2016) mediante el test de evaluación de alcalinidad, donde por medio de la titulación con una solución estándar de un ácido mineral fuerte a los puntos sucesivos de equivalencia del bicarbonato y el ácido carbónico, los resultados se expresaron en mg CaCO₃ (se midió una vez a la semana).
- d) La medición de Amonio, nitrato, dióxido de nitrógeno, fosfato, dióxido de carbono se realizaron en muestras de agua previamente filtradas (9 µm) y que fueron diluidas con agua desionizada al 10%.

Parámetros productivos

Los controles biométricos se realizaron semanalmente para minimizar el estrés en el manejo del cultivo de gamitana.

- a) **Ganancia de biomasa:** Esta variable se calculó según lo indicado por Ramos (2018) mediante la ecuación:

$$\text{Ganancia de biomasa (GB)} = \text{Biomasa}_{\text{final}}(\text{g}) - \text{Biomasa}_{\text{inicial}}(\text{g})$$

- b) **Ganancia de peso diario:** Se empleó la ecuación descrita por Ramos (2018), que fue la siguiente:

$$\text{Ganancia de peso diario (GPD)} = \frac{\text{Peso}_{\text{final}}(\text{g}) - \text{Peso}_{\text{inicial}}(\text{g})}{t \text{ (en días)}}$$

- c) **Tasa de crecimiento específico:** Esta tasa se determinó según lo descrito por Aquino (2019) mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de crecimiento específica (TCE)} = \left[\frac{\ln(\text{Peso final}) - \ln(\text{Peso inicial})}{t \text{ (número de días)}} \right] \times 100$$

- d) **Tasa de crecimiento:** La TC para la investigación se empleó la ecuación descrita por Zapata (2016), que consistió en:

$$\text{Tasa de crecimiento (TC)} = \frac{\text{Biomasa}_{\text{final}}(\text{g}) - \text{Biomasa}_{\text{inicial}}(\text{g})}{t \text{ (en días)}}$$

- e) **Tasa de conversión alimenticia:** La TCA fue calculado mediante la ecuación descrita por Zapata (2016) que fue la siguiente:

$$\text{Tasa de conversión alimenticia (TCA)} = \frac{\text{Alimento consumido (g)}}{\text{Biomasa}_{\text{final}}(\text{g}) - \text{Biomasa}_{\text{inicial}}(\text{g})}$$

- f) **Tasa de supervivencia:** TS fue calculada mediante la ecuación de García y Gallardo (2014) que fue la siguiente:

$$\text{Tasa de supervivencia (TS)} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de peces al final de la evaluación}}{\text{N}^{\circ} \text{ de peces sembrados}} \times 100$$

2.5. Análisis estadístico

Los datos recolectados de la calidad de agua en la etapa experimental y parámetros productivos se almacenaron y procesaron en hojas de Microsoft Excel 2016 y fueron sometidos a un análisis de varianza de una vía. El modelo de ANOVA con medidas repetidas empleadas en el presente estudio fue:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + B_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde B_i es el efecto debido a la variación entre sujetos. Además, se aplicó la prueba Tukey ($\alpha = 0,05$) mediante el procesador Minitab 19, para comparar las medias individuales del ANOVA de las muestras que se sometieron a tratamientos distintos (densidades). Los resultados fueron expresados como el promedio \pm la desviación estándar para cada tratamiento empleado.

III. RESULTADOS

3.1. Evaluación de los parámetros de calidad de agua en el sistema biofloc (TBF) en tres densidades de siembra.

En la tabla 2 se reporta los valores promedios y desviaciones estándar de los parámetros físicos y químicos de la calidad del agua en la fase experimental; con una densidad de 40 peces/m³ obtuvo un mayor valor en cuanto al oxígeno disuelto y contenido de dióxido de carbono. Se reporta un mayor nivel del pH y alcalinidad en donde se empleó una densidad de 30 peces/m³. En cuanto al contenido de sólidos sedimentables se observó que con una densidad de 20 peces/m³ muestra un mayor valor referente al resto de tratamientos.

Tabla 2. Variables físico y químicas de calidad del agua en cultivo de *C. macropomum* en TBF en tres densidades de siembra

	Unidades	20 peces/m ³	30 peces/m ³	40 peces/m ³	Valor de P
OD	mg/L	7,783±0,029	7,867±0,115	7,667±0,231	0,329
pH	0 a 14	7,583±0,029	7,600±0,000	6,933±0,580	0,083
SS	mL/L	54,22±7.92	35,00±9,45	42,67±16,83	0,224
Alcalinidad	mg CaCO ₃	115,397±18,123	125,910±8,889	114,137±3,758	0,458
NH₄	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05	----
NO₃	mg/L	2,852±0,641	4,033±1,102	4,033±0,306	0,168
NO₂	mg/L	0,191±0,068	0,233±0,040	0,215±0,026	0,588
PO₄	mg/L	1,800±0,000	1,800±0,000	1,800±0,000	----
CO₂	mg/L	8,633±0,208	9,233±0,551	11,133±1,686	0,057

El contenido de NH₄ fue menor a 0,05 mg/L en las densidades empleadas en el cultivo de gamitana, en el contenido de PO₄ se observa que no hubo variación del valor en todas las densidades de siembra. En cuanto a la presencia de nitrato se observa que con densidades de 30 y 40 peces/m³ muestran valores promedios similares. Asimismo, se obtuvo que la densidad de siembra no tiene efecto significativo en los parámetros de la calidad del agua en la etapa experimental (a excepción del contenido de amonio y fosfato).

3.2. Determinación de los parámetros productivos en tres densidades de siembra en cultivo de Gamitana (*C. macropomum*).

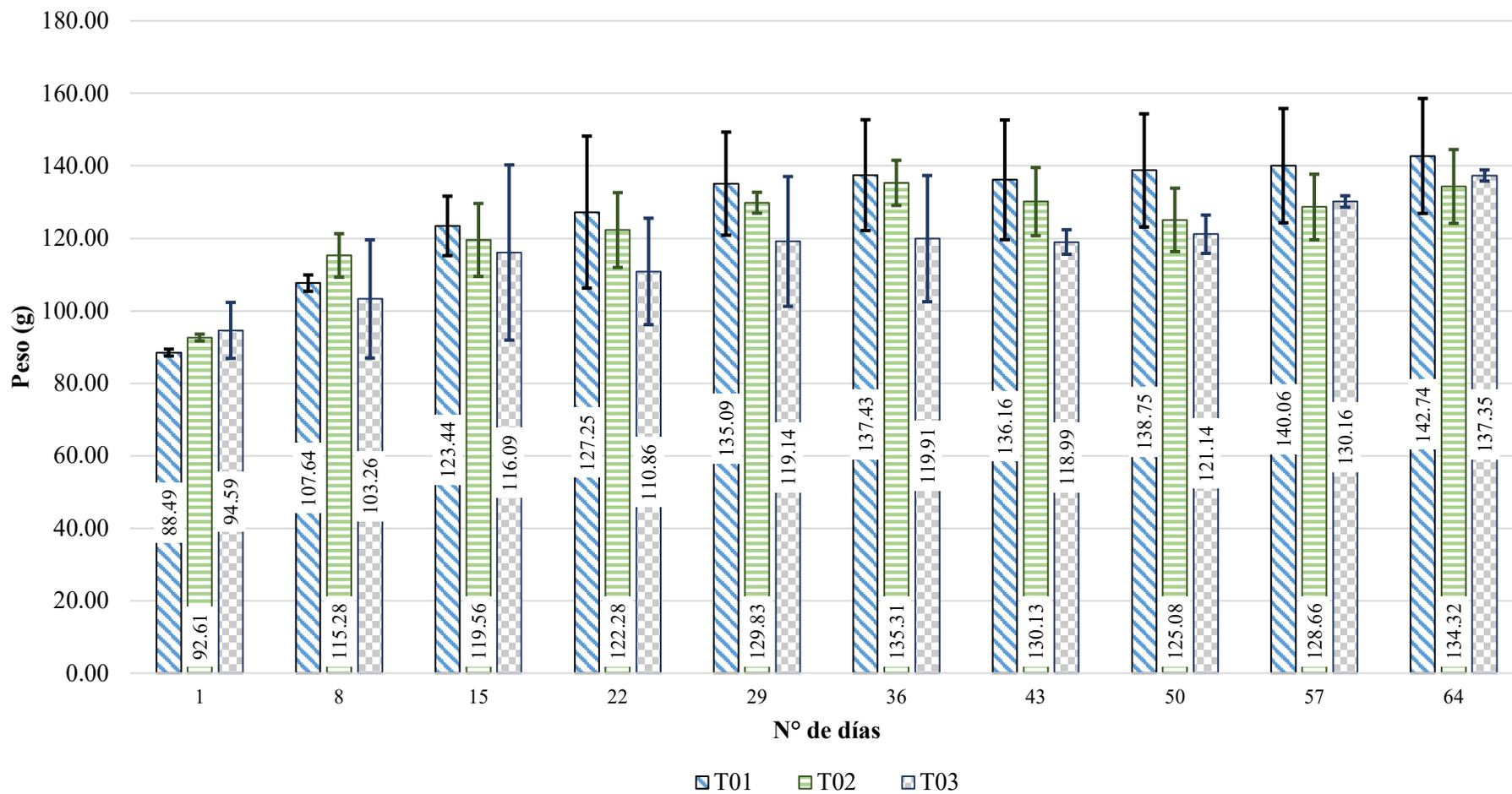


Figura 2. Crecimiento en peso promedio de *C. macropomum* durante la etapa experimental en tres densidades de siembra

En la figura 2 respecto al crecimiento en peso promedio en los estanques donde se empleó densidades de 20 y 40 peces/m³ el aumento de peso presenta un comportamiento relativamente proporcional (lineal) en cuanto al crecimiento en peso de gamitana durante el periodo de evaluación en el TBF. En el estanque de densidad 20 peces/m³ se obtuvo un mayor peso ($142,74 \pm 15,85$) al finalizar el periodo a comparación de las otras dos densidades empleadas a pesar que este tratamiento inicialmente tuvo un menor peso promedio de gamitana ($88,49 \pm 0,93$).

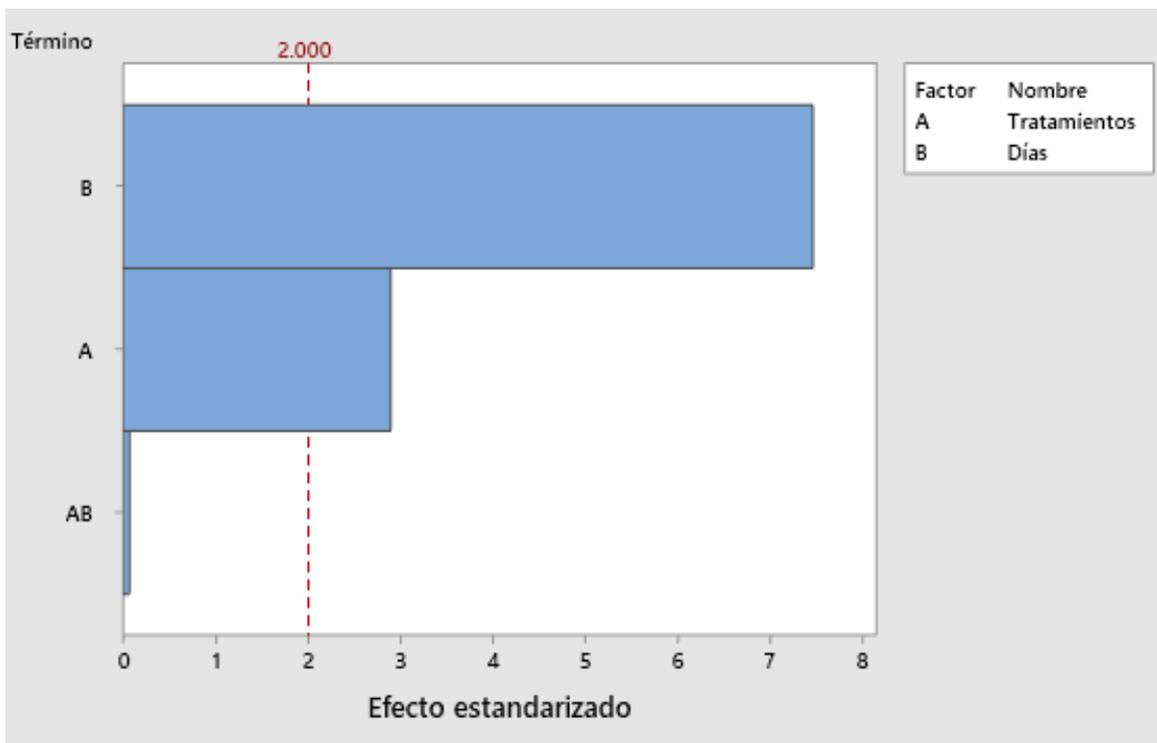


Figura 3. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados sobre el crecimiento (g) de gamitana (*C. macropomum*)

Complementario a los valores obtenidos, en la figura 3 se obtuvo que las densidades de siembra de gamitana (tratamientos) tienen efecto sobre el peso de peces durante el tiempo de evaluación ($p = 0,010$), de igual forma el periodo experimental tiene influencia en el cultivo de gamitana ($p = 0,000$) (ver fig. 4).

Referente a los parámetros productivos se obtuvo una mayor biomasa al final (5083 ± 267^a g) del periodo de evaluación en el tratamiento con mayor densidad de siembra (40 peces / m^3), además se observa que este mismo tratamiento muestra una mayor ganancia de biomasa desde el inicio del cultivo. Estas variables se reflejan en una mayor tasa de crecimiento ($20,30 \pm 1,75$ g/d) en el mismo tratamiento.

Tabla 3. Parámetros productivos evaluados en tres densidades de siembra de Gamitana (*C. macropomum*) en TBF

Parámetros		Densidades			Valor de P
		20 peces/ m^3	30 peces/ m^3	40 peces/ m^3	
B_{final} ¹	g	2804 \pm 277 ^c	3848 \pm 249 ^b	5083 \pm 267 ^a	0,000
GB ²	g	1034 \pm 259	1070 \pm 277	1299,3 \pm 111,7	0,366
TC ³	g/d	16,16 \pm 4,05	16,71 \pm 4,33	20,30 \pm 1,75	0,366
TCA ⁴	g/g	8,34 \pm 5,02	6,67 \pm 0,648	5,93 \pm 2,45	0,667
TS ⁵	%	98,33 \pm 2,89	95,56 \pm 1,92	92,50 \pm 4,33	0,163
TCE ⁶	d ⁻¹	0,7405 \pm 0,1657	0,5779 \pm 0,1364	0,5863 \pm 0,1265	0,360
GPD ⁷	g/d	0,848 \pm 0,235	0,652 \pm 0,174	0,668 \pm 0,116	0,399

En la tabla 3 se observa que en una densidad de 20 peces/ m^3 existe una mayor tasa de supervivencia (98,33 \pm 2,89%) mientras que el tratamiento con mayor densidad de siembra muestra el valor más bajo (92,50 \pm 4,33%). En cuanto a la tasa de crecimiento específico a 20 peces/ m^3 muestra una mayor tasa (0,7405 \pm 0,1657 d⁻¹), lo mismo sucede en la tasa de conversión alimenticia (8,34 \pm 5,02). La ganancia de peso diario es menor en el con 30 peces/ m^3 referente a las otras densidades. Además, se observa que la densidad de siembra solo tiene influencia (efecto, $p < 0,05$) en la biomasa obtenida al final del periodo experimental que duró el proyecto de investigación, la prueba Tukey reporta tres grupos formados, donde el tratamiento 3 muestra un valor superior respecto a los otros dos grupos formados.

¹ Biomasa final

² Ganancia de biomasa

³ Tasa de crecimiento

⁴ Tasa de conversión alimenticia

⁵ Tasa de supervivencia

⁶ Tasa de crecimiento específico

⁷ Ganancia de peso diario

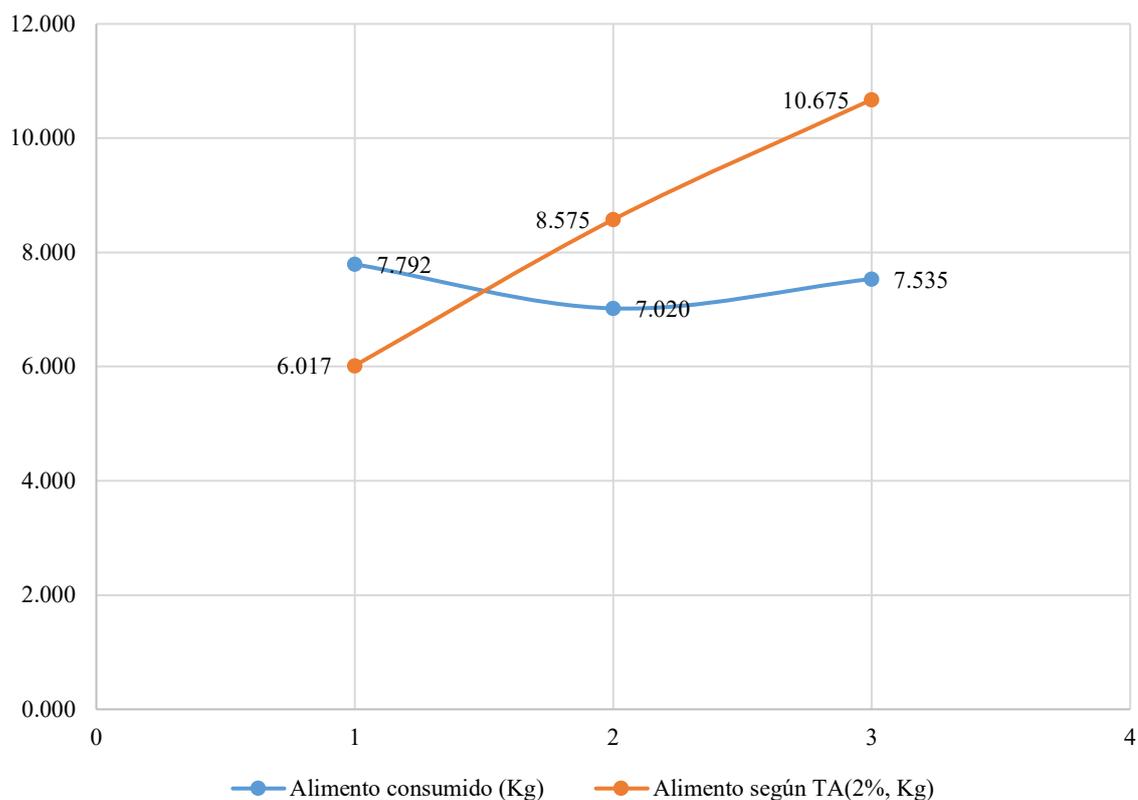


Figura 4. Consumo de alimento vs Consumo de alimento proyectado

En la figura 5, se realizó una comparación del gasto de alimento consumido real y del consumo con una tasa de alimentación del 2%, donde se observa que los valores obtenidos en las densidades de siembra de 20 y 30 peces/m³ son relativamente próximos (diferencia aprox. 01 kg) en cuanto a alimento consumido y proyectado sin embargo en el T03 existe una diferencia considerable de aproximadamente 3kg.

IV. DISCUSIÓN

Referente al oxígeno disuelto se observa que los valores estuvieron en un rango de 7,6 a 7,8 mg/L valores bastante próximos a los obtenidos por Bernuy (2016) en sistemas TBF para tilapia, pero por debajo de lo reportado por Brú-Cordero et al. (2017) en los cultivos de *P. brachypomus* y *O. niloticus* (OD por encima de 8,0 mg/L) desarrollados en sistemas TBF. En cuanto al pH se observa que en el máximo valor fue de $7,6 \pm 0,0$ (T02) y un mínimo de $6,9 \pm 0,58$ que según lo observado se puede considerar que con una densidad de 20 y 30 peces/m³ el agua es medianamente básico, y en el caso del tratamiento 3 (ver tabla 2) el agua fue neutra, estos valores obtenidos se asemejan a lo obtenido por Marcos et al. (2020b) donde obtuvieron un nivel de pH entre 6,2 y 8,9; por último el pH en la investigación está dentro del umbral para la crianza de peces tropicales (6 a 9) según lo indicado por Boyd (citado en Marcos et al., 2020b), por último el pH en las tres densidades son relativamente bajos cercano a lo reportado Soberón-Minchán et al. (2007) para el cultivo de gamitana.

El contenido de sólidos sedimentables en una densidad de 20 peces/m³ muestra una mayor cantidad de material que sedimenta durante el periodo de la fase experimental ($54,22 \pm 7,92$) en comparación de los otros dos tratamientos, este valor en el cultivo de gamitana en TBF indica que este pez sedimenta más material si comparamos con tilapia cultivada en sistema TBF donde la producción de sólidos sedimentables fue hasta 24 mL/L (Zapata, 2020). La alcalinidad determinada en el trabajo estuvo entre 114,1 y 125,9 mg CaCO₃ (ver tabla 2) valores bastante alejados según lo reportado por Brú-Cordero et al. (2017) donde la alcalinidad ($67,2 \pm 4,4$) en cachama blanca y tilapia nilótica bajo el sistema biofloc, de esto se puede deducir que la calidad del agua en TBF para gamitana muestra una mayor capacidad para neutralizar ácidos; la alcalinidad dista considerablemente de lo reportado por Soberón-Minchán et al. (2007) ($17,4 \pm 14$) que se puede deber a posibles efectos del sistema biofloc.

La cantidad de amonio en todos los tratamientos fue menor a 0,05 similar a lo reportado por Soberón-Minchán et al. (2007) para gamitana. En cuanto a los nitritos (NO₂) el contenido máximo fue de $0,21 \pm 0,02$ mg/L y mínimo de $0,19 \pm 0,06$ mg/L los valores en los tratamientos son superiores a 1 mg/L que según Costa (citado en Izel-Silva et al., 2020) supera los niveles tolerados para la gamitana, esto según Boyd (2017) y Izel-Silva

et al. (2020) se debe a que la oxidación bacteriana del nitrito a nitrato es menor que la oxidación de amoníaco a nitrito por lo existe una carga excesiva de nutrientes a pesar de esto no ha afectado al desarrollo de gamitana en TBF pues como se observa en la tabla 4 la tasa de supervivencia es bastante alta.

Para la presencia de nitratos (NO_3) los valores en los tres tratamientos son considerablemente menor que otros cultivos de peces como en el caso de la tilapia donde el contenido de nitratos fue de 88.26 mg/L (Bernuy, 2016); en cuanto al contenido de fosfato en las tres densidades de siembra no existió variación de su contenido y en cuanto a la presencia de dióxido de carbono este mostró un comportamiento proporcional a la densidad empleada en la investigación. El contenido de nitritos y nitratos no se observó diferencia significativa ($p > 0,05$) que demuestra un comportamiento similar a la cachama blanca y tilapia nilótica (Brú-Cordero et al., 2017)

En los resultados de la tabla 2 se observa que la densidad de siembra no muestra efecto sobre los parámetros de la calidad del agua, a diferencia de lo mencionado por Sukardi et al. (2018) que indican que la densidad de población de peces tiene influencia directa en la calidad del agua; esto sin embargo se puede deber a en los tres tratamientos las densidades empleadas numéricamente no son suficientemente diferentes para poder determinar la influencia de la densidad sobre los parámetros de la calidad del agua.

La figura 2 respecto al crecimiento en peso de gamitana en 64 días que se evaluó en la etapa experimental con una densidad de 20 peces/m³ obtuvo un mayor peso al final del periodo ($142,74 \pm 15,85\text{g}$) valores bastante próximos a lo reportado por Braga et al. (2018) y Soberón-Minchán et al. (2007) donde el peso final obtenido estuvo en 194.87 ± 74.67 g (en híbridos de *C. macropomum*) y $170,65 \pm 20,5$ g (en *C. macropomum*) respectivamente que si bien evidencia que los resultados en la investigación no son tan altos es preciso señalar que el sistema biofloc es un factor que puede afectar dicha variable. Asimismo, se observó una cierta tendencia lineal en cuanto al peso promedio de gamitana en todos los tratamientos similar a lo reportado por García y Gallardo (2014) donde la gamitana cultivadas en tres densidades de siembra pero en un mayor tiempo de estudio.

Respecto a la figura 3, se observa que la densidad de siembra tiene efecto significativo en el peso de gamitana ($p < 0,05$) similar a lo reportado por García y Gallardo (2014) donde

la influencia de la densidad en *C. macropomum* es un factor determinante en el incremento de peso sumado a otros factores como peso inicial, calidad nutricional del alimento y la tasa de alimentación.

Rodrigues (2017) indica que la biomasa aumenta conforme aumenta la densidad por lo que existe efecto de esta última sobre la biomasa final de peces, esto guarda relación con lo obtenido en la investigación donde se obtuvo una menor biomasa (2804 ± 277^c g) en el T01 en comparación al T03 (5083 ± 267^a g) y mediante la prueba Tukey se demostró la influencia de la densidad sobre la biomasa obtenida al final del periodo experimental ($p < 0,05$). Sin embargo, el sistema TBF según Ramos (2018) demuestran un bajo rendimiento si se utiliza una baja tasa de alimentación, en el estudio se demostró que el alimento suministrado fue considerablemente importante para obtener los valores de biomasa (ver figura 4), cuyos valores son similares a obtenidos en otros peces como tilapia nilótica y cachama blanca donde se obtuvo 2,8 kg y 6,3kg respectivamente (Brú-Cordero et al., 2017)

En lo concerniente a la ganancia de biomasa (GB) se obtuvo un rango entre 1,03 a 1,29kg donde se observa que a medida que aumentaba la densidad en los tratamientos la GB también aumentó, estos resultados en sistemas TBF son superior a los reportados por Ramos (2018) donde en el mismo sistema la gamitana experimento una ganancia que va desde 200 a 600 g, comparado con otros peces los valores no son lo suficientemente altos como en el caso de la tilapia nilótica y cachama blanca donde se obtuvo 2,7 y 5 kg respectivamente según el estudio de Brú-Cordero et al. (2017). A pesar de esto, se observa que no existe diferencia significativa ($p > 0,05$) de la densidad en la ganancia de biomasa, la tasa de supervivencia como fue mayor a 90% (ver tabla 3) indica que la densidad no afecta en gamitana cultivada en contraposición a lo mencionado por Costa et al. (2019) refieren que para aumentar la producción de biomasa aumentando la densidad de peces se debe considerar el estrés fisiológico pues puede afectar negativamente la salud de los mismos.

La tasa de crecimiento mostró una relación de proporcionalidad directa entre la densidad de siembra y el valor de TC donde el tratamiento 3 mostró un mayor valor ($20,30 \pm 1,75$, ver tabla 3) superior a peces cultivados en cachamoto y tilapia gris que fueron de 4,99 y $0,34 \text{ g.día}^{-1}$ respectivamente según lo reportado por Lemus et al. (2018) y Zapata (2016), sin embargo la densidad como factor no mostró diferencia significativa sobre TC a

diferencia de lo encontrado por Zapata (2016) donde la densidad de siembra tuvo efecto sobre el crecimiento absoluto en tilapia gris.

Acerca de la tasa de supervivencia en gamitana se observó que la densidad no tiene efecto significativo; de otro lado, se observa que a menor densidad de siembra la tasa es mayor conforme a lo mencionado por Gomes et al. (citado en Rodrigues, 2017) que reporta peces cultivados en bajas densidades muestran una alta supervivencia pero con baja producción que se evidencia en la biomasa obtenida al final (ver B_{final} y TS a 20 peces/m³ en la tabla 3) contrario al cultivo de *Piaractus brachypomus* según Poleo et al. (citado en Maraví, 2017). La TS máxima obtenida fue de 98,3±2,89% (T03) semejante a lo obtenido para el mismo pez en sistemas acuapónicos en el estudio de Nobuyoshi (2019) y de 97% a lo obtenido por Brandão et al. (citado en Silva et al., 2007) que demuestra que la especie se adapta fácilmente al sistema TBF; además esta tasa en sistema de biofloc demuestra una alta efectividad en paiche y camarón (Maraví, 2017; Ramos, 2018)

Concerniente a la tasa de crecimiento específico en gamitana se observa que a menor densidad la tasa fue mayor, no obstante, los tratamientos no tuvieron diferencia significativa sobre esta variable. La tasa estuvo en un rango de 0,57 a 0,74 d⁻¹ valor similar a lo reportado por Soberón-Minchán et al. (2007) que fue de 0,74 d⁻¹; en otro orden de ideas este rango fue inferior a lo obtenido por García y Gallardo (2014) el cual fue 2,35 – 2,78 para *C. macropomum* que se puede deber a que el periodo de evaluación fue mayor a la del presente trabajo.

Referente a la tasa de conversión alimenticia se observó que conforme se aumentó la densidad de siembra en los tratamientos empleados la tasa iba disminuyendo, aunque los valores reportados no están dentro del rango normal indicado por García y Gallardo (2014) y Lemus et al. (2018) para gamitana y peces en cultivo que mencionan que debe estar entre 1,0 y 3,0; estas altas tasas demuestran que hay una elevada proporción existente entre la cantidad de alimentos y la ganancia de peso de los peces durante el periodo de evaluación por lo que se evidencia que es necesario optimizar el alimento que se suministra para *c. macropomum*. Además, se observa que en el sistema TBF no existe diferencia significativa de la densidad sobre la TCA opuesto a lo mencionado por García y Gallardo (2014) que demostró efecto de la densidad sobre la tasa pero no en un sistema biofloc.

En cuanto a la ganancia de peso diario se observa que en los tratamientos con mayor densidad (T02 y T03) se obtiene una menor ganancia que en comparación al T01 ($0,848 \pm 0,235$ g/d), esto guarda relación con indicado por Rodrigues (2017) donde una menor ganancia se relaciona con una mayor densidad pues genera mayor competencia por el alimento que se consume. Por otro lado, los valores obtenidos son similares a lo reportado Braga et al. (2018) y Rodrigues (2017) donde la ganancia de peso diario en peces como paco y gamitana fueron de 0,5 g/d; además en ambos estudios se reportó que la densidades no tienen efecto sobre esta variable ($p > 0,05$; ver tabla 3). A nivel global, la densidad sobre demostró influencia en la biomasa obtenida al final del periodo experimental; por el contrario a lo obtenido por Sukardi et al. (2018) que indican que la densidad de población afecta la calidad del agua y los parámetros por el estrés que puede darse debido al mayor uso de energía y alimento evidenciando que esta especie se adapta positivamente al sistema de biofloc independientemente de la densidad y el consumo de alimento empleado fue suficiente para evitar este problema (ver figura 4).

V. CONCLUSIONES

Los valores de oxígeno disuelto y pH estuvieron dentro del umbral para la crianza de peces tropicales como es la gamitana. Los sólidos sedimentables en el agua indican una mayor cantidad de material que sedimenta durante el periodo de estudio, la alcalinidad muestra una mayor capacidad para neutralizar ácidos, los nitritos supera los niveles tolerados para la gamitana a pesar de esto no ha afectado al desarrollo de gamitana en TBF pues la tasa de supervivencia es bastante alta.

La densidad de siembra no es influyente sobre los parámetros de la calidad del agua.

Se reporta que el crecimiento en peso de gamitana con una densidad de 20 peces/m³ obtuvo un mayor peso al final del periodo; la ganancia de biomasa se obtuvo un rango entre 1,03 a 1,29kg; la tasa de crecimiento mostró una relación de proporcionalidad directa entre la densidad de siembra; la tasa de supervivencia en gamitana fue superior al 90%; se observó que a menor densidad la tasa de crecimiento específico es mayor y que la tasa de conversión alimenticia conforme aumentó la densidad esta iba disminuyendo.

La densidad solo tiene influencia en el peso de *C. macropomum*, y en la biomasa final.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda estudiar el efecto que puede tener el sistema biofloc y el estrés que se da debido a las densidades de siembra en el cultivo de *C. macropomum*, con la finalidad de poder aumentar la productividad de esta especie.

En futuros estudios se recomienda estudiar el efecto de la proporción de Carbono: Nitrógeno (C/N) en cultivos con sistema TBF aplicado en gamitana, considerando la presencia de fuentes de carbono orgánico en el cultivo.

Se recomienda realizar investigaciones, donde se desarrolle cultivos de gamitana en el sistema biofloc mayor a 150 días de duración para determinar el desarrollo de esta especie en dicho sistema hasta que adquiriera un desarrollo comercial.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aquino, R. A. (2019). Influencia de la densidad de cultivo sobre el estrés en juveniles de *Oreochromis niloticus* cultivados en sistemas con tecnología biofloc [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3873>
- Bernuy, G. M. (2016). Asimilación de nitrógeno amoniacal bajo dos estrategias de adición de carbono en sistemas biofloc para cultivo de tilapias (*Oreochromis niloticus*) [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2233>
- Boyd, C. E. (2017). Chapter 6—General Relationship Between Water Quality and Aquaculture Performance in Ponds. En G. Jeney (Ed.), *Fish Diseases* (pp. 147-166). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804564-0.00006-5>
- Braga, L. C., Lopes, P. R. S., Fortunato, N. D., Lavach, F. L., Silva, P. G. da C. G., César, J. P. T., Bueno, V. P. de S., & Machado, T. G. M. (2018). Influence of different densities of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) and tambacu (*Piaractus mesopotamicus* x *colossoma macropomum*) juveniles submitted to the biofloc system. 55a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 28° Congresso Brasileiro de Zootecnia, Goiânia, Brasil. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20203173757>
- Brú-Cordero, S. B., Pertúz-Buelvas, V., Ayazo-Genes, J., Atencio-García, V. J., & Pardo-Carrasco, S. (2017). Bicultivo de cachama blanca *Piaractus brachypomus* y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* en biofloc alimentadas con dietas de origen vegetal. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 64(1), 44-60. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v64n1.65824>
- Costa, O. T. F. da, Dias, L. C., Malmann, C. S. Y., Lima Ferreira, C. A. de, Carmo, I. B. do, Wischneski, A. G., Sousa, R. L. de, Cavero, B. A. S., Lameiras, J. L. V., & Dos-Santos, M. C. (2019). The effects of stocking density on the hematology, plasma protein profile and immunoglobulin production of juvenile tambaqui

- (*Colossoma macropomum*) farmed in Brazil. *Aquaculture*, 499, 260-268. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.09.040>
- Costa, J., Freitas, R., Gomes, A. L., Bernadino, G., Carneiro, D., & Martins, M. I. (2016). Effect of stocking density on economic performance for *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816), juvenile in earthen ponds. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(1), 165-170. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue1-fulltext-18>
- Craveiro, J., Salvatierra, M., Silva Neto, G., Tribuzy, K., & Freitas, C. (2019). A system to optimize fish production: A case study of semi intensive *Colossoma macropomum* (*Osteichthyes*, *Serrasalmidae*) aquaculture. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(3), 492-501. <https://doi.org/10.3856/vol47-issue3-fulltext-11>
- García, M. M., & Gallardo, R. (2014). Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de alevinos de Gamitana, *Colossoma macropomum* (Cuvir, 1818) alimentados con hairna de pijuayo, *Bactrkis gasipaes* (H.B.K.); criados en jaula [Tesis de Grado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/3445>
- Gutiérrez, F. W., Contreras, G., & Zaldívar, J. (2012). Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína en la dieta sobre el crecimiento de Gamitana (*Colossoma macropomum*) Cuvier 1818. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 20(2), 178-186. <https://doi.org/10.15381/rivep.v20i2.604>
- Hernández, L. E., Londoño, J. I., Hernández, K. A., & Torres, L. C. (2019). Los sistemas biofloc: Una estrategia eficiente en la producción acuícola. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 14(1), 70-99. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.1.6>
- Izel-Silva, J., Ono, E. A., de Queiroz, M. N., dos Santos, R. B., & Affonso, E. G. (2020). Aeration strategy in the intensive culture of tambaqui, *Colossoma macropomum*, in the tropics. *Aquaculture*, 529, 735644. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735644>

- Lemus, N., Andrade, H., & Quintero, H. (2018). Crecimiento compensatorio de cachamote (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*). *Novum Scientiarum*, 3(7), 10-20. <http://www.ecoambienteeydesarrollo.org/revista/ojs/index.php/novum/article/view/264>
- Maraví, R. M. (2017). Influencia del sistema biofloc sobre la actividad enzimática digestiva y los parámetros productivos de juveniles de paiche (*Arapaima gigas*) [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2798>
- Marcos, R., Corrêa, R. A. C., Abreu, J. S. de, Seraphim, G. D. N., Silva, A. C. C., Fornari, D. C., Ribeiro, R. P., Pires, L. B., Martins, T. X., & Povh, J. A. (2020b). Growth Curve of Selectively Bred Tambaqui (*Colossoma macropomum*) Reared in Different Environments. *Journal of Agricultural Studies*, 8(3), 585-600. <https://doi.org/10.5296/jas.v8i3.16379>
- Marcos, R., Ribeiro, R. P., Abreu, J. S. D., Fornari, D. C., Oliveira, C. A. L. D., Streit Jr, D. P., Barros, C. M. C. A. D., Lopera-Barrero, N. M., Corrêa Filho, R. A. C., & Povh, J. A. (2020a). Growth curve of selectively bred and non-selectively bred tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 92(3), 1-13. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190099>
- Nobuyoshi, T. (2019). Manejo de Tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) em sistema aquapônico [Tesis de Grado, Universidade Federal Rural da Amazônia]. <http://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1346/3/Manejo%20de%20Tambaqui%20%28Colossoma%20macropomum%20cuvier%2C%201818%29%20em%20sistema%20aquap%C3%B4nico..pdf>
- Ramos, C. (2018). Desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) submetidos à restrição alimentar em sistemas de bioflocos (Biofloc Technology – BTFs). [Tesis de Maestría, Universidade Federal de Mato Grosso]. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-215712>

- Rodrigues, A. I. (2017). Influência de diferentes densidades de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tambacu (*Piaractus mesopotamicus* x *Colossoma macropomum*) submetidos ao sistema de bioflocos (BFT): Dados preliminares [Tesis de Grado, Universidade Federal do Pampa]. <http://dspace.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/3043>
- Sandoval-Vargas, L. Y., Jiménez-Amaya, M. N., Rodríguez-Pulido, J., Guaje-Ramírez, D. N., Ramírez-Merlano, J. A., & Medina-Robles, V. M. (2020). Applying biofloc technology in the culture of juvenile of *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): Effects on zootechnical performance and water quality. *Aquaculture Research*, 51(9), 3865-3878. <https://doi.org/10.1111/are.14734>
- Silva, A. C. C., Barros, A. F. de, Mendonça, F. M. F., Gama, K. F. da S., Marcos, R., Povh, J. A., Fornari, D. C., Hoshiba, M. A., & Abreu, J. S. de. (2020). Performance and economic viability of tambaqui, *Colossoma macropomum*, selectively bred for weight gain. *Acta Amazonica*, 50(2), 108-114. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201901992>
- Silva, C. R., Gomes, L. C., & Brandão, F. R. (2007). Effect of feeding rate and frequency on tambaqui (*Colossoma macropomum*) growth, production and feeding costs during the first growth phase in cages. *Aquaculture*, 264(1-4), 135-139. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.007>
- Soberón-Minchán, L. E., Chu-Koo, F. W., & Alcántara-Bocanegra, F. (2007). Parámetros hematológicos, crecimiento y composición corporal de juveniles de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) cultivados en tres densidades. *Folia Amazónica*, 16(1-2), 35-45. <https://doi.org/10.24841/fa.v16i1-2.286>
- Souza, R. L. de, Lima, E. C. R. de, Melo, F. P. de, Ferreira, M. G. P., & Correia, E. de S. (2019). The culture of Nile tilapia at different salinities using a biofloc system. *Revista Ciência Agronômica*, 50(2). <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190031>

- Sukardi, P., Prayogo, N. A., Winanto, T., Siregar, A. S., & Harisam, T. (2018). Nursery I: The effect of stocking density on the performance of glass eels, *Anguilla bicolor* in the biofloc system. *E3S Web of Conferences*, 47, 1-5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184702009>
- Zapata, K. P. (2016). Retención proteica y lipídica corporal de juveniles de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) cultivados en sistemas biofloc a diferentes relaciones C:N [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2753>
- Zapata, K. P. (2020). Cultivo experimental de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en sistemas con recambio de agua y con tecnología biofloc [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4464>

ANEXOS

Anexo A. Datos recolectados

Tabla 4. Parámetros de calidad de agua TBF

	Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2		Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2
T02-R1	1	5/06/20	8.00	8.00	130.80	<0.05	1.00	0.20		3.00	T02-R1	1	11/06/20	8.00	6.00	185.30	<0.05	15.00	0.60		5.00
T01-R1	2	5/06/20	8.00	8.00	196.20	<0.05	1.00	0.20		4.00	T01-R1	2	11/06/20	8.00	6.00	163.50	<0.05	3.00	0.40		6.00
T03-R1	3	5/06/20	8.00	8.00	130.80	<0.05	1.00	0.10		5.00	T03-R1	3	11/06/20	8.00	6.00	109.00	<0.05	1.00	0.40		6.00
T03-R2	4	5/06/20	8.00	8.00	65.40	<0.05				4.00	T03-R2	4	11/06/20	8.00	6.00	65.40	<0.05	5.00	0.80		4.00
T01-R2	5	5/06/20	8.00	8.00	130.80	<0.05	1.00	0.20		3.00	T01-R2	5	11/06/20	8.00	6.00	98.10	<0.05	3.00	0.40		6.00
T02-R2	6	5/06/20	8.00	8.00	163.50	<0.05	1.00	0.20		3.00	T02-R2	6	11/06/20	8.00	6.00	119.90	<0.05	15.00	0.80		6.00
T01-R3	7	5/06/20	8.00	8.00	65.40	<0.05				4.00	T01-R3	7	11/06/20	8.00	6.00	65.40	<0.05	1.00	0.20		7.00
T03-R3	8	5/06/20	8.00	8.00	98.10	<0.05	1.00	0.05		4.00	T03-R3	8	11/06/20	8.00	6.00	98.10	<0.05	1.00	0.20		6.00
T02-R3	9	5/06/20	8.00	8.00	130.80	<0.05	1.00	0.20		4.00	T02-R3	9	11/06/20	8.00	6.00	109.00	<0.05	5.00	0.80		6.00
	Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2		Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2
T02-R1	1	18/06/20	8.00	6.00	163.50	<0.05	15.00	0.60		7.00	T02-R1	1	26/06/20	6.00	8.00	140.00	<0.05	5.00	0.20		9.00
T01-R1	2	18/06/20	8.00	6.00	157.60	<0.05	5.00	0.60		9.00	T01-R1	2	26/06/20	6.00	8.00	130.00	<0.05	3.00	0.20		8.00
T03-R1	3	18/06/20	8.00	6.00	109.00	<0.05	15.00	0.80		12.00	T03-R1	3	26/06/20	6.00	8.00	105.00	<0.05	5.00	0.20		10.00
T03-R2	4	18/06/20	7.50	6.00	54.50	<0.05	5.00	0.80		8.00	T03-R2	4	26/06/20	6.00	8.00	100.00	<0.05	5.00	0.40		10.00
T01-R2	5	18/06/20	8.00	6.00	109.00	<0.05	3.00	0.40		7.00	T01-R2	5	26/06/20	6.00	8.00	115.00	<0.05	3.00	0.10		8.00
T02-R2	6	18/06/20	8.00	6.00	130.80	<0.05	5.00	0.80		6.00	T02-R2	6	26/06/20	6.00	8.00	120.00	<0.05	5.00	0.20		8.00
T01-R3	7	18/06/20	7.50	6.00	119.90	<0.05	15.00	0.80		10.00	T01-R3	7	26/06/20	6.00	8.00	125.00	<0.05	3.00	0.40		8.00
T03-R3	8	18/06/20	8.00	6.00	109.00	<0.05	15.00	0.80		10.00	T03-R3	8	26/06/20	8.00	8.00	130.00	<0.05	3.00	0.40		8.00
T02-R3	9	18/06/20	8.00	6.00	163.50	<0.05	5.00	0.80		10.00	T02-R3	9	26/06/20	8.00	8.00	140.00	<0.05	5.00	0.40		8.00

	Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2		Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2
T02-R1	1	3/07/20	8.00	8.00	130.00	<0.05	0.00	0.03		10.00	T02-R1	1	9/07/20	8.00	8.00	151.30	<0.05	1.00	0.05	1.80	9.00
T01-R1	2	3/07/20	8.00	8.00	110.00	<0.05	0.00	0.03		10.00	T01-R1	2	9/07/20	8.00	8.00	124.60	<0.05	1.00	0.05	1.80	10.00
T03-R1	3	3/07/20	8.00	6.50	120.00	<0.05	0.00			12.00	T03-R1	3	9/07/20	8.00	6.50	133.50	<0.05	3.00	0.10	1.80	15.00
T03-R2	4	3/07/20	8.00	7.50	100.00	<0.05	0.00	0.40		10.00	T03-R2	4	9/07/20	8.00	8.00	115.70	<0.05	1.00	0.10	1.80	10.00
T01-R2	5	3/07/20	8.00	8.00	115.00	<0.05	0.00	0.05		10.00	T01-R2	5	9/07/20	8.00	8.00	106.80	<0.05	1.00	0.05	1.80	10.00
T02-R2	6	3/07/20	8.00	8.00	120.00	<0.05	0.00	0.05		10.00	T02-R2	6	9/07/20	8.00	8.00	106.80	<0.05	1.00	0.10	1.80	10.00
T01-R3	7	3/07/20	8.00	8.00	125.00	<0.05	0.00	0.20		12.00	T01-R3	7	9/07/20	8.00	8.00	115.70	<0.05	1.00	0.20	1.80	9.00
T03-R3	8	3/07/20	8.00	6.50	130.00	<0.05	0.00	0.05		12.00	T03-R3	8	9/07/20	8.00	6.50	106.80	<0.05	5.00	0.10	1.80	15.00
T02-R3	9	3/07/20	8.00	8.00	125.00	<0.05	0.00	0.05		12.00	T02-R3	9	9/07/20	8.00	8.00	124.60	<0.05	1.00	0.10	1.80	12.00
	Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2		Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2
T02-R1	1	16/07/20	8.00	8.00	43.60	<0.05	1.00	0.05	1.80	10.00	T02-R1	1	23/07/20	8.00	8.00	133.50	<0.05	5.00	0.05	1.80	11.00
T01-R1	2	16/07/20	8.00	8.00	98.10	<0.05	1.00	0.05	1.80	9.00	T01-R1	2	23/07/20	8.00	8.00	124.60	<0.05	3.00	0.05	1.80	10.00
T03-R1	3	16/07/20	6.00	5.00	32.70	<0.05	3.00	0.05	1.80	13.00	T03-R1	3	23/07/20	8.00	6.50	133.50	<0.05	5.00	0.05	1.80	16.00
T03-R2	4	16/07/20	8.00	8.00	43.60	<0.05	3.00	0.20	1.80	11.00	T03-R2	4	23/07/20	8.00	8.00	106.80	<0.05	3.00	0.10	1.80	9.00
T01-R2	5	16/07/20	8.00	8.00	32.70	<0.05	3.00	0.05	1.80	10.00	T01-R2	5	23/07/20	8.00	8.00	97.90	<0.05	5.00	0.05	1.80	13.00
T02-R2	6	16/07/20	8.00	8.00	32.70	<0.05	1.00	0.10	1.80	9.00	T02-R2	6	23/07/20	8.00	8.00	106.80	<0.05	5.00	0.10	1.80	13.00
T01-R3	7	16/07/20	8.00	8.00	54.50	<0.05	1.00	0.20	1.80	10.00	T01-R3	7	23/07/20	8.00	8.00	142.40	<0.05	3.00	0.20	1.80	9.00
T03-R3	8	16/07/20	8.00	6.00	43.60	<0.05	1.00	0.10	1.80	15.00	T03-R3	8	23/07/20	8.00	6.50	106.80	<0.05	3.00	0.10	1.80	16.00
T02-R3	9	16/07/20	8.00	8.00	98.10	<0.05	1.00	0.10	1.80	13.00	T02-R3	9	23/07/20	8.00	8.00	133.50	<0.05	3.00	0.10	1.80	15.00
	Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2		Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2
T02-R1	1	30/07/20	8.00	8.00	133.50	<0.05	3.0	0.05	1.80	11.00	T02-R1	1	6/08/20	8.00	8.00	133.50	<0.05	5.0	0.05	1.80	12.00
T01-R1	2	30/07/20	8.00	8.00	124.60	<0.05	3.0	0.05	1.80	8.00	T01-R1	2	6/08/20	8.00	8.00	133.50	<0.05	3.0	0.05	1.80	10.00
T03-R1	3	30/07/20	6.00	6.50	142.40	<0.05	5.0	0.05	1.80	17.00	T03-R1	3	6/08/20	8.00	6.50	142.40	<0.05	5.0	0.10	1.80	17.00
T03-R2	4	30/07/20	8.00	8.00	115.70	<0.05	3.0	0.05	1.80	14.00	T03-R2	4	6/08/20	8.00	8.00	106.80	<0.05	3.0	0.05	1.80	15.00
T01-R2	5	30/07/20	8.00	8.00	106.80	<0.05	5.0	0.03	1.80	10.00	T01-R2	5	6/08/20	8.00	8.00	124.60	<0.05	3.0	0.05	1.80	10.00
T02-R2	6	30/07/20	8.00	8.00	133.50	<0.05	5.0	0.05	1.80	13.00	T02-R2	6	6/08/20	8.00	8.00	133.50	<0.05	3.0	0.05	1.80	14.00

T01-R3	7	30/07/20	8.00	8.00	124.60	<0.05	3.0	0.10	1.80	9.00	T01-R3	7	6/08/20	8.00	7.50	124.60	<0.05	5.0	0.10	1.80	10.00
T03-R3	8	30/07/20	6.00	6.50	133.50	<0.05	3.0	0.05	1.80	17.00	T03-R3	8	6/08/20	8.00	6.50	142.40	<0.05	5.0	0.10	1.80	16.00
T02-R3	9	30/07/20	8.00	8.00	115.70	<0.05	3.0	0.05	1.80	8.00	T02-R3	9	6/08/20	8.00	8.00	124.60	<0.05	5.0	0.05	1.80	10.00
	Tanque	Fecha	OD	pH	Alcalinidad	NH4	NO3	NO2	PO4	CO2											
T02-R1	1	13/08/20	8	8	169.1	<0.05	5	0.2	1.8	13											
T01-R1	2	13/08/20	8	8	115.7	<0.05	5	0.05	1.8	12											
T03-R1	3	13/08/20	8	6.5	124.6	<0.05	5	0.1	1.8	17											
T03-R2	4	13/08/20	8	8	133.5	<0.05	3	0.05	1.8	15											
T01-R2	5	13/08/20	8	8	106.8	<0.05	3	0.025	1.8	10											
T02-R2	6	13/08/20	8	8	124.6	<0.05	3	0.1	1.8	15											
T01-R3	7	13/08/20	8	8	142.4	<0.05	5	0.1	1.8	11											
T03-R3	8	13/08/20	8	6.5	151.3	<0.05	3	0.05	1.8	17											
T02-R3	9	13/08/20	8	8	133.5	<0.05	5	0.1	1.8	12											

Tabla 5. Datos recolectados del peso de gamitana en el periodo de ejecución

N°	FECHA	TIEMPO	TO1: 20 Pez/m3			TO2 : 30 Pez/m3			TO3 : 40 Pez/m3		
			T01: R01	T01: R02	T01: R03	T02: R01	T02: R02	T02: R03	T03: R01	T03: R02	T03: R03
1	4/06/2020	0	88.56	89.38	87.52	93.69	92.08	92.07	97.72	85.79	100.26
2	12/06/2020	8	106.94	110.16	105.82	118.16	108.37	119.30	119.77	87.15	102.87
3	19/06/2020	15	129.40	126.84	114.07	130.23	118.21	110.24	135.48	88.98	123.80
4	26/06/2020	22	136.59	141.93	103.22	111.39	131.95	123.51	117.49	94.02	121.08
5	3/07/2020	29	138.39	147.37	119.51	126.52	131.66	131.31	129.95	98.46	129.01
6	10/07/2020	36	144.29	148.09	119.91	128.23	139.90	137.80	130.44	99.81	129.49
7	17/07/2020	43	150.98	139.13	118.36	121.62	140.26	128.52	120.28	115.16	121.53
8	24/07/2020	50	153.68	140.04	122.53	115.03	130.94	129.29	120.78	116.03	126.60
9	31/07/2020	57	155.42	140.84	123.92	119.28	137.34	129.35	128.34	131.14	130.99
10	7/08/2020	64	152.99	150.75	124.48	122.79	142.13	138.04	139.12	136.58	136.36

Tabla 6. Data de los parámetros productivos del cultivo de gamitana (*C. macropomum*) en tres densidades de siembra

	ρ siembra	V m3	Peso promedio	#alevinos	#peces(f)	Peso inicial	Peso final	Biomasa inicial	Biomasa final	Tiempo	TC	Alimento consumido (g)	Alimento TA(2%)	TCA	TCE	GB	TS	GPD
T1	20	1.0	135.725	20	19	88.555	152.995	1771.100	2906.900	64.000	17.747	5610.000	6.341	4.939	0.85	1135.800	95.00%	1.007
T1	20	1.0	133.453	20	20	89.380	150.750	1787.600	3015.000	64.000	19.178	7334.231	6.277	5.975	0.82	1227.400	100.00%	0.959
T1	20	1.0	113.933	20	20	87.520	124.480	1750.400	2489.600	64.000	11.550	10431.538	5.434	14.112	0.55	739.200	100.00%	0.578
T2	30	1.0	118.692	30	29	93.687	122.787	2810.600	3560.813	64.000	11.722	5546.154	7.959	7.393	0.42	750.213	96.67%	0.455
T2	30	1.0	127.284	30	28	92.080	142.129	2762.400	3979.600	64.000	19.019	7473.077	8.931	6.140	0.68	1217.200	93.33%	0.782
T2	30	1.0	123.943	30	29	92.067	138.041	2762.000	4003.200	64.000	19.394	8039.615	8.837	6.477	0.63	1241.200	96.67%	0.718
T3	40	1.0	123.937	40	38	97.718	139.121	3908.700	5286.600	64.000	21.530	4897.308	11.709	3.554	0.55	1377.900	95.00%	0.647
T3	40	1.0	105.311	40	35	85.793	136.577	3431.700	4780.200	64.000	21.070	7809.231	9.184	5.791	0.73	1348.500	87.50%	0.794
T3	40	1.0	122.200	40	38	100.260	136.363	4010.400	5181.800	64.000	18.303	9899.615	11.132	8.451	0.48	1171.400	95.00%	0.564

Anexo B. Análisis estadístico

Tabla 7. Tablas de análisis de varianza y pruebas de Tukey en los parámetros físicos y químicos de la calidad del agua

ANOVA: OD vs. TRATAMIENTO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	0.06056	0.03028	1.35	0.329
Error	6	0.13500	0.02250		
Total	8	0.19556			

Prueba Tukey: OD vs. TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T02	3	7.8667	A
T01	3	7.7833	A
T03	3	7.667	A

ANOVA: pH vs. TRATAMIENTO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	0.8672	0.4336	3.86	0.083
Error	6	0.6733	0.1122		
Total	8	1.5406			

Prueba Tukey: pH vs. TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T02	3	7.600	A
T01	3	7.5833	A
T03	3	6.933	A

ANOVA: ALCALINIDAD vs. TRATAMIENTO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	250.7	125.4	0.89	0.458
Error	6	843.1	140.5		
Total	8	1093.9			

Prueba Tukey: ALCALINIDAD vs. TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T02	3	125.91	A
T01	3	115.4	A
T03	3	114.14	A

ANOVA: NO₃ vs. TRATAMIENTO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	2.792	1.3959	2.44	0.168
Error	6	3.436	0.5727		
Total	8	6.228			

Prueba Tukey: NO₃ vs. TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T02	3	4.033	A
T03	3	4.033	A
T01	3	2.852	A

ANOVA: NO₂ vs. TRATAMIENTO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	0.00266	0.00133	0.58	0.58
Error	6	0.01376	0.00229		
Total	8	0.01643			

Prueba Tukey: NO₂ vs. TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T02	3	0.2325	A
T03	3	0.2152	A
T01	3	0.1906	A

ANOVA: CO₂ vs. TRATAMIENTO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	10.220	5.110	4.81	0.057
Error	6	6.380	1.063		
Total	8	16.600			

Prueba Tukey: CO₂ vs. TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T03	3	11.133	A
T02	3	9.233	A
T01	3	8.633	A

ANOVA: SS vs. TRATAMIENTO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	561.8	280.9	1.94	0.224
Error	6	870.3	145.0		
Total	8	1432.1			

Prueba Tukey: SS vs. TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
T01	3	54.22	A
T03	3	42.67	A
T02	3	35.00	A

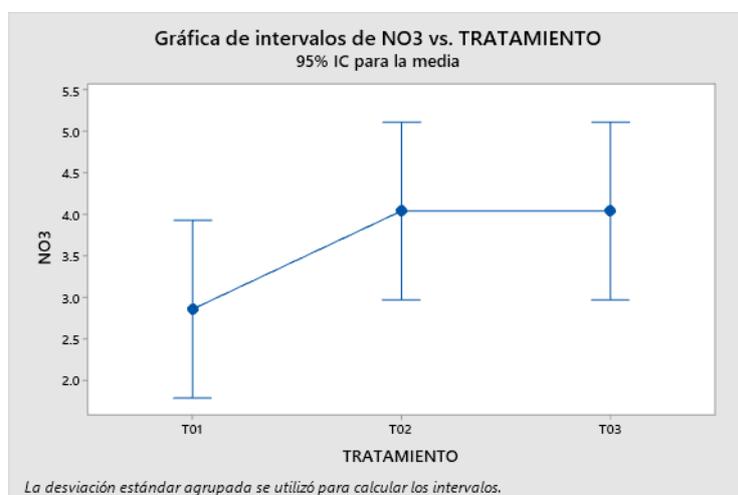
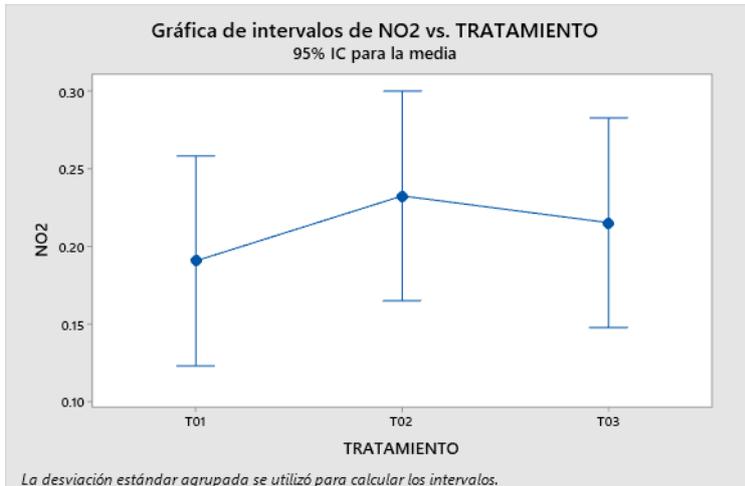
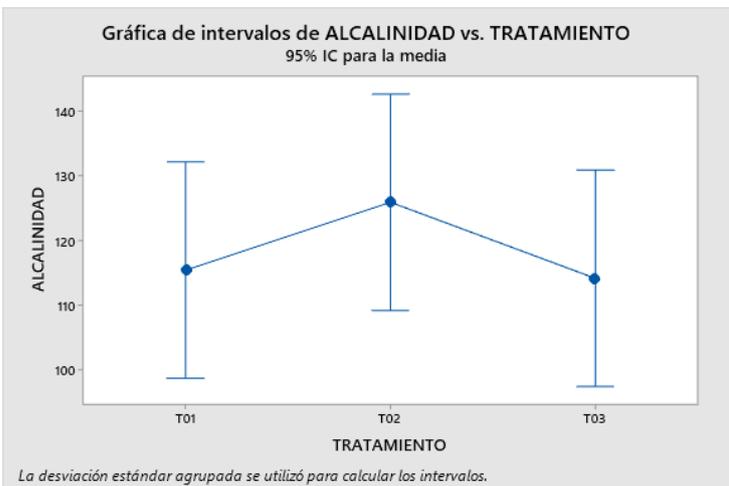
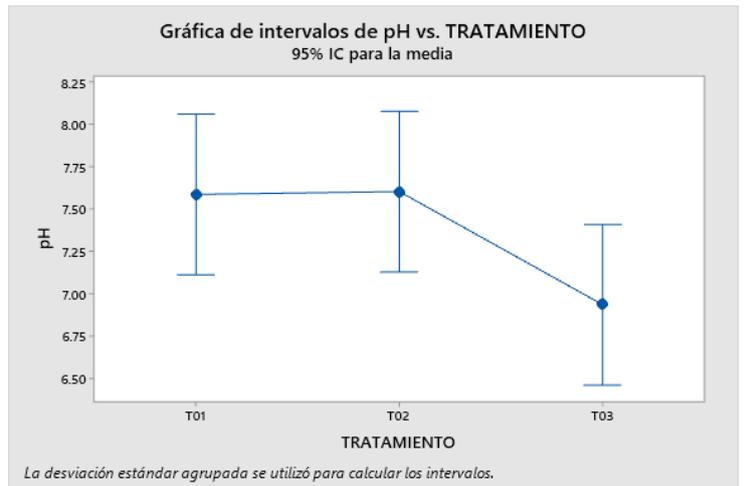
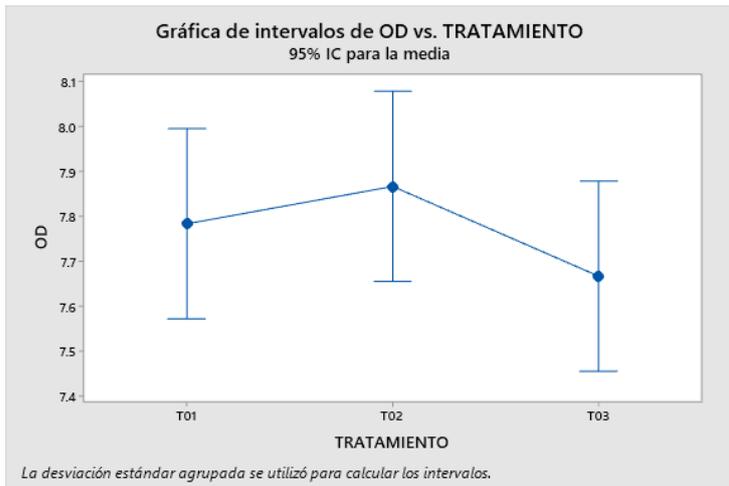


Figura 5. Gráfica de intervalos de las variables de la calidad de agua en los tratamientos empleados en sistemas TBF

Tabla 8. Tablas de análisis de varianza y pruebas de Tukey en los parámetros productivos en cultivos de gamitana (*C. macropomum*) en tres densidades de siembra en un sistema TBF

ANOVA: Biomasa final vs. Tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	7809222	3904611	55.68	0.000
Error	6	420741	70123		
Total	8	8229962			

Comparaciones en parejas de Tukey

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T3	3	5083	A
T2	3	3848	B
T1	3	2804	C

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T ajustado	Valor p
T2 - T1	1044	216	(381; 1708)	4.83	0.007
T3 - T1	2279	216	(1616; 2943)	10.54	0.000
T3 - T2	1235	216	(571; 1899)	5.71	0.003

ANOVA: TC vs. Tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	30.35	15.18	1.19	0.366
Error	6	76.38	12.73		
Total	8	106.74			
T2	3	16.71	4.33	(11.67; 21.75)	
T3	3	20.30	1.75	(15.26; 25.34)	

Comparaciones en parejas de Tukey

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T3	3	20.30	A
T2	3	16.71	A
T1	3	16.16	A

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T ajustado	Valor p
T2 - T1	0.55	2.91	(-8.39; 9.49)	0.19	0.980
T3 - T1	4.14	2.91	(-4.80; 13.08)	1.42	0.389
T3 - T2	3.59	2.91	(-5.35; 12.53)	1.23	0.479

ANOVA: TCA vs. Tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	9.150	4.575	0.43	0.667
Error	6	63.332	10.555		
Total	8	72.482			

Comparaciones en parejas de Tukey

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T1	3	8.34	A
T2	3	6.670	A
T3	3	5.93	A

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
T2 - T1	-1.67	2.65	(-9.81; 6.47)	-0.63	0.810
T3 - T1	-2.41	2.65	(-10.55; 5.73)	-0.91	0.655
T3 - T2	-0.74	2.65	(-8.88; 7.40)	-0.28	0.959

ANOVA: TCE vs. Tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	0.000005	0.000003	1.22	0.360
Error	6	0.000012	0.000002		
Total	8	0.000017			

Comparaciones en parejas de Tukey

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T1	3	0.007405	A
T3	3	0.005863	A
T2	3	0.005779	A

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
T2 - T1	-0.00163	0.00117	(-0.00523; 0.00198)	-1.38	0.406
T3 - T1	-0.00154	0.00117	(-0.00515; 0.00206)	-1.31	0.439
T3 - T2	0.00008	0.00117	(-0.00352; 0.00369)	0.07	0.997

ANOVA: GB vs. Tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	124325	62162	1.19	0.366
Error	6	312871	52145		
Total	8	437195			

Comparaciones en parejas de Tukey

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T3	3	1299.3	A
T2	3	1070	A
T1	3	1034	A

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
T2 - T1	35	186	(-537; 608)	0.19	0.980
T3 - T1	265	186	(-307; 837)	1.42	0.389
T3 - T2	230	186	(-342; 802)	1.23	0.479

ANOVA: TS vs. Tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	0.005108	0.002554	2.49	0.163
Error	6	0.006157	0.001026		
Total	8	0.011265			

Comparaciones en parejas de Tukey

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T1	3	0.9833	A
T2	3	0.9556	A
T3	3	0.9250	A

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T ajustado	Valor p
T2 - T1	-0.196	0.148	(-0.651; 0.259)	-1.32	0.435
T3 - T1	-0.180	0.148	(-0.635; 0.276)	-1.21	0.490
T3 - T2	0.017	0.148	(-0.439; 0.472)	0.11	0.993

Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T ajustado	Valor p
T2 - T1	-0.0278	0.0262	(-0.1080; 0.0525)	-1.06	0.569
T3 - T1	-0.0583	0.0262	(-0.1386; 0.0219)	-2.23	0.144
T3 - T2	-0.0306	0.0262	(-0.1108; 0.0497)	-1.17	0.512

ANOVA: GPD vs. Tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	2	0.07096	0.03548	1.08	0.399
Error	6	0.19794	0.03299		
Total	8	0.26890			

Comparaciones en parejas de Tukey

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T1	3	0.848	A
T3	3	0.6682	A
T2	3	0.652	A

Anexo C. Galería fotográfica



Figura 6. Estanques (limpieza y sellado para evitar fuga de agua)



Figura 7. Blower de 1.5 hp utilizado para la oxigenación



Figura 8. Instalación de mangueras de oxigenación y regulación cantidad de oxígeno



Figura 9. Evaluación de los parámetros de calidad del biofloc