UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

EFECTO DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE "Gamitana" (*Colossoma macropomum*) (Teleosteis - Characiformes) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO INTENSIVO EN EL INSTITUTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR PEDAGÓGICO PÚBLICO BILINGÜE DE YARINACOCHA

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO

EVELINA NATALI LEVANO MUÑOZ

Pucallpa, Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **Evelina Natalí Lévano Muñoz,** denominada: **"Efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento productivo de "gamitana" (*Colossoma macropomum*) (*Teleosteis – characiformes*) en un sistema acuaponico intensivo en el Instituto de Educación Superior Pedagógico Publico Bilingüe de Yarinacocha"** para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante lo declaramos: Aprobado por Unanimidad con el calificativo (*) ..17..

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, ..17.. de ..diciembre.. de 2024.

M.V. Elias Florentino Cano Castillo Presidente	M. Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro Secretario
M.V. Oscar Llapapasca Paucar Miembro	Dr. Edgardo Leoncio Braul Gomero Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

M.V. Elias Florentino Cano Castillo

.....
PRESIDENTE

M.Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro

.....
SECRETARIO

M.V. Oscar Llapapasca Paucar

.....
MIEMBRO

Dr. Edgardo Leoncio Braul Gomero

.....
ASESOR

Bach. Evelina Natalí Lévano Muñoz

.....
TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0711-2024 .**

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"EFECTO DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE "Gamitana" (Colossoma macropomum) (Teleosteis - Characiformes) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO INTENSIVO EN EL INSTITUTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR PEDAGÓGICO PÚBLICO BILINGÜE DE YARINACOCHA"

Autor(es)	:	**LEVANO MUÑOZ, EVELINA NATALI**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**Dr. BRAUL GOMERO, EDGARDO LEONCIO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 7%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 12/12/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, EVELINA NATALI LEVANO MUÑOZ.

Autor de la tesis titulada: "EFECTO DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE GAMITANA" (Colossoma macropomum) (TELEOSTEI - CHARACIFORMES) EN UN SISTEMA ACUAPONICO INTENSIVO EN EL INSTITUTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR PEDAGOGICO PUBLICO BILINGÜE DE YARINACOCHA"

Sustentada el año: 2024.

Asesor(a): Dr: EDGARDO LEONCIO BRAUL GOMERO.

Facultad: CIENCIAS AGROPECUARIAS.

Escuela Profesional: AGRONOMIA.

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 17 / 12 / 2024.

Email: evelinanatalilevanomuñoz@gmail Firma:

Teléfono: 986354232 DNI: 46223804

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar mi camino, brindarme fortaleza, sabiduría y esperanza en cada etapa de mi vida, permitiéndome superar las dificultades y alcanzar cada uno de mis objetivos.

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi formación personal y profesional, por sus valores, consejos y apoyo incondicional durante todo mi proceso académico.

A mis hijos, quienes son mi mayor motivación y la razón que me impulsa a seguir adelante y crecer cada día con esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos, por acompañarme constantemente y brindarme su apoyo en cada momento de la ejecución de este proyecto.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a INMED Andes y al IIAP, instituciones que confiaron en mi persona y me brindaron la oportunidad de desarrollar la presente investigación.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a las instituciones y personas que contribuyeron al desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación:

A la Universidad Nacional de Ucayali, mi Alma Mater, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente; asimismo a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y a sus docentes, quienes, con sus enseñanzas y conocimientos, contribuyeron significativamente en mi formación como Ingeniero Agrónomo.

Al Dr. Edgardo Braúl Gomero, por su asesoramiento, orientación y constante apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

A INMED Andes Perú, organización comprometida en la lucha contra la anemia, por el financiamiento del proyecto y la confianza depositada en mi persona para la ejecución de esta investigación.

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), por el respaldo brindado durante el desarrollo del proyecto, especialmente al Blgo. Roger Bazán Alvites, por su valioso coasesoramiento.

A mi amiga Aydee Pinedo Rivera, compañera de trabajo y amiga, por el apoyo y la dedicación compartida durante las labores de campo de esta investigación.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la culminación satisfactoria del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA.....vi

AGRADECIMIENTO..... vii

ÍNDICE GENERAL..... viii

RESUMEN x

ABSTRACT.....xi

ÍNDICE DE TABLAS xii

ÍNDICE DE FIGURAS xiv

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. Descripción y fundamentación del problema..... 3

1.2. Formulación del problema general y específicos 4

1.3. Objetivo general y objetivos específicos..... 5

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis 6

1.5. Operacionalización de las variables..... 7

1.6. Justificación e importancia..... 8

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....10

2.1. Antecedentes 10

2.2. Bases teóricas 14

2.3. Definiciones conceptuales 23

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA..... 25

3.1. Método de investigación 25

3.2. Tipo y nivel de investigación 25

3.3. Población y muestra……..26

3.4. Componentes en estudio 26
3.5. Tratamientos en estudio 26
3.6. Diseño experimental 27
3.7. Ejecución del experimento 29
3.7.1. Ubicación y duración del estudio 29
3.7.2. Condiciones ambientales 30
3.7.3. Proceso experimental 30
3.7.4. Variables evaluadas 32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS 35
4.1. Longitud y peso total 35
4.2. Rendimiento (Kg/m^3) y factor de conversión alimenticia (FCA) 38
4.3. Índices de crecimiento de peces 39
4.4. Calidad de agua 41
4.5. Sobrevivencia de peces 42
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN 44
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES 51
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES 53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 54
ANEXOS 58

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones del Instituto de Educación Superior Pedagógico Público Bilingüe (IESPPB), ubicado en la provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, entre la primera semana de setiembre y la última semana de diciembre de 2024, con una duración de 120 días. El objetivo fue evaluar el efecto de tres densidades de siembra sobre el comportamiento productivo de la gamitana (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico superintensivo. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA), conformado por tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: T0 con 25 alevinos/m³, T1 con 50 alevinos/m³ y T2 con 75 alevinos/m³. Los resultados evidenciaron que el tratamiento T0 alcanzó un rendimiento de 4.41 kg/m³, una tasa de crecimiento específico de 1.90 y un factor de conversión alimenticia (FCA) de 2.7:1. El tratamiento T1 obtuvo un rendimiento de 4.07 kg/m³, una tasa de crecimiento específico de 1.80 y un FCA de 2.9:1. Por su parte, el tratamiento T2 registró el mejor desempeño productivo, con un rendimiento de 4.93 kg/m³, una tasa de crecimiento específico de 1.70 y un FCA de 1.4:1. La calidad del agua en el sistema acuapónico superintensivo se mantuvo dentro de rangos aceptables para el desarrollo de la especie. En conclusión, se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, siendo el tratamiento T2 el más eficiente debido a su mejor conversión alimenticia y mayor rendimiento productivo.

Palabras clave: Colossoma macropomum, gamitana, comportamiento productivo, sistema acuapónico, superintensivo.

ABSTRACT

The present research was conducted at the facilities of the Bilingual Public Higher Pedagogical Education Institute (IESPPB), located in the province of Coronel Portillo, Ucayali region, from the first week of September to the last week of December 2024, with a duration of 120 days. The objective was to evaluate the effect of three stocking densities on the productive performance of gamitana (Colossoma macropomum) in a super-intensive aquaponic system. A Completely Randomized Design (CRD) was applied, consisting of three treatments and three replications. The evaluated treatments were: T0 with 25 fingerlings/m³, T1 with 50 fingerlings/m³, and T2 with 75 fingerlings/m³. The results showed that treatment T0 achieved a yield of 4.41 kg/m³, a specific growth rate of 1.90, and a feed conversion ratio (FCR) of 2.7:1. Treatment T1 obtained a yield of 4.07 kg/m³, a specific growth rate of 1.80, and an FCR of 2.9:1. Meanwhile, treatment T2 recorded the best productive performance, with a yield of 4.93 kg/m³, a specific growth rate of 1.70, and an FCR of 1.4:1. Water quality in the super-intensive aquaponic system remained within acceptable ranges for the species development. In conclusion, significant differences were found among the evaluated treatments, with treatment T2 being the most efficient due to its better feed conversion ratio and higher productive yield.

Keywords: Colossoma macropomum, gamitana, productive performance, aquaponic system, super-intensive.

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Componentes principales de un sistema acuapónico…….. 16

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la gamitana (*Colossoma macropomum*)……..…….. 18

Tabla 3. Densidades de siembra evaluadas en la investigación…… 20

Tabla 4. Indicadores del comportamiento productivo…….. 21

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos óptimos para el cultivo de gamitana…….. 22

Tabla 6. Tratamientos en estudio…… 27

Tabla 7. Esquema del análisis de varianza (ANVA)……. 28

Tabla 8. Condiciones climáticas durante el periodo experimental……. 30

Tabla 9. Composición nutricional del alimento balanceado…… 31

Tabla 10. Parámetros de crecimiento evaluados…… 32

Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos evaluados…… 34

Tabla 12. Resultados de longitud (cm) y peso (g) final de C. macropomum……. 35

Tabla 13. Resultados de rendimiento 1 m^3 (kg) y factor de conversión alimenticia (FCA)…… 38

Tabla 14. Observaciones sobre los parámetros vinculados al índice de crecimiento de peces en los tratamientos de densidades de *Colossoma macropomum*……. 39

Tabla 15. Parámetros de calidad del agua…….. 41

Tabla 16. Resultados del porcentaje de sobrevivencia de C. macropomum en el sistema acuapónico…… 42

En el anexo:

Tabla 1A. ANVA para la biomasa final…… 59

Tabla 2A. ANVA para el incremento de biomasa…….. 59

Tabla 3A. ANVA para el peso final…… 59

Tabla 4A. ANVA para el incremento de peso……. 60

Tabla 5A. ANVA para la talla final……. 60

Tabla 6A. ANVA para el incremento de talla……... 60

Tabla 7A. ANVA para el factor de conversión alimenticia (FCA)……. 61

Tabla 8A. ANVA para el rendimiento por 1 m^3……..... 61

Tabla 9A. ANVA para el índice de crecimiento absoluto (g)……. 61

Tabla 10A. ANVA para el índice de crecimiento relativo (%)…….. 62

Tabla 11A. ANVA para el índice de crecimiento específico (%)……. 62

Tabla 12A. Ficha de evaluación T0R1…… 63

Tabla 13A. Ficha de evaluación T0R2…… 64

Tabla 14A. Ficha de evaluación T0R3…… 65

Tabla 15A. Ficha de evaluación T1R1…… 66

Tabla 16A. Ficha de evaluación T1R2…… 67

Tabla 17A. Ficha de evaluación T1R3…… 68

Tabla 18A. Ficha de evaluación T2R1…… 69

Tabla 19A. Ficha de evaluación T2R2…… 70

Tabla 20A. Ficha de evaluación T2R3…… 71

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto: **Pág.**

Figura 1. Proceso de nitrificación en sistemas acuapónico…….. 23

Figura 2. Peso y longitud final…… 36

En el anexo:

Figura 1A. Croquis de ubicación……. 72

Figura 2A. Sembrío de cebollita china…… 72

Figura 3A. Alevinos de gamitana……. 73

Figura 4A. Evaluación biométrica (Peso)…… 73

Figura 5A. Evaluación biométrica (Longitud)…….. 74

Figura 6A. Captura de alevinos para su evaluación biométrica…….. 74

INTRODUCCIÓN

La acuicultura constituye una de las actividades productivas de mayor crecimiento a nivel mundial debido a su importante aporte en la seguridad alimentaria y en la generación de ingresos económicos. En los últimos años, el incremento de la demanda de proteínas de origen hidrobiológico ha impulsado el desarrollo de sistemas de producción más eficientes y sostenibles, orientados a optimizar el uso de los recursos naturales y reducir los impactos ambientales ocasionados por los sistemas convencionales de cultivo.

En este contexto, la acuaponía ha surgido como una alternativa innovadora que integra la acuicultura y la hidroponía en un sistema de recirculación de agua, permitiendo el aprovechamiento de los desechos metabólicos de los peces como nutrientes para las plantas. Este sistema favorece el ahorro de agua, mejora la eficiencia productiva y contribuye al desarrollo de una producción sostenible, especialmente en zonas donde los recursos hídricos y los espacios de cultivo son limitados.

En la Amazonía peruana, la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) representa una de las especies de mayor importancia económica y alimentaria debido a su rápido crecimiento, resistencia a diferentes condiciones ambientales y alta aceptación en el mercado regional y nacional. Estas características han permitido que su cultivo se expanda progresivamente en diferentes sistemas de producción acuícola. Sin embargo, uno de los principales factores que influye en el éxito del cultivo es la densidad de siembra, ya que esta puede afectar directamente el crecimiento, la supervivencia, la conversión alimenticia y el rendimiento productivo de la especie.

El manejo inadecuado de las densidades de siembra puede generar estrés, competencia por alimento y disminución de la calidad del agua, repercutiendo negativamente en el comportamiento productivo de los peces. Por ello, resulta necesario determinar densidades adecuadas que permitan optimizar la producción sin comprometer el bienestar de la especie ni la estabilidad del sistema acuapónico.

A pesar del creciente interés por los sistemas acuapónicos en el Perú, aún existen limitadas investigaciones relacionadas con el comportamiento productivo de *Colossoma macropomum* bajo diferentes densidades de siembra en sistemas intensivos, especialmente en la región Ucayali. Esta situación evidencia la necesidad de desarrollar estudios que generen información técnica y científica que contribuya al fortalecimiento de la acuicultura sostenible en la Amazonía peruana.

En ese sentido, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento productivo de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico intensivo, desarrollado en el Instituto de Educación Superior Pedagógico Público Bilingüe de Yarinacocha. Los resultados obtenidos permitirán identificar la densidad más eficiente para mejorar el rendimiento productivo de la especie y contribuirán como referencia para futuras investigaciones y proyectos acuícolas en sistemas acuapónicos intensivos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema

En los últimos años, la acuicultura ha experimentado un crecimiento significativo debido al incremento de la demanda de alimentos de origen hidrobiológico y a la necesidad de implementar sistemas de producción sostenibles. Sin embargo, los sistemas tradicionales de cultivo presentan limitaciones relacionadas con el elevado consumo de agua, el manejo inadecuado de residuos orgánicos y la disminución de la calidad ambiental, factores que afectan la productividad y sostenibilidad de la actividad acuícola.

Frente a esta problemática, los sistemas acuapónicos han surgido como una alternativa tecnológica eficiente y amigable con el medio ambiente, ya que integran la producción de peces y plantas en un sistema de recirculación de agua. En estos sistemas, los desechos metabólicos generados por los peces son transformados por bacterias nitrificantes en nutrientes aprovechables para las plantas, contribuyendo al equilibrio biológico del sistema y reduciendo el impacto ambiental.

En la Amazonía peruana, la “gamitana” (Colossoma macropomum) constituye una de las especies ícticas de mayor importancia económica debido a su rápido crecimiento, rusticidad, buena adaptación a condiciones de cultivo y alta aceptación comercial. Estas características han favorecido el desarrollo de investigaciones orientadas a mejorar su producción en sistemas intensivos y superintensivos.

Uno de los factores más importantes en el manejo productivo de peces es la densidad de siembra, debido a que influye directamente en el crecimiento, sobrevivencia, conversión alimenticia y rendimiento final de los organismos cultivados. Una densidad inadecuada puede ocasionar estrés, competencia por alimento, deterioro de la calidad del agua y disminución del desempeño productivo de los peces.

A pesar del potencial de los sistemas acuapónicos en la región Ucayali, existe limitada información técnica relacionada con el efecto de diferentes densidades de siembra sobre el comportamiento productivo de Colossoma macropomum en sistemas acuapónicos intensivos. Esta situación dificulta establecer parámetros técnicos adecuados que permitan optimizar la producción y mejorar la eficiencia del cultivo.

Por ello, la presente investigación se desarrolló en el Instituto de Educación Superior Pedagógico Público Bilingüe de Yarinacocha, con la finalidad de evaluar el efecto de tres densidades de siembra sobre el comportamiento productivo de la “gamitana” (Colossoma macropomum) en un sistema acuapónico intensivo, buscando generar información científica que contribuya al fortalecimiento de la acuicultura sostenible en la región amazónica.

1.2. Formulación del problema general y específicos

1.2.1. Problema general

- ¿De qué manera influyen tres densidades de siembra en el comportamiento productivo de “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico intensivo en el

Instituto de Educación Superior Pedagógico Público Bilingüe de Yarinacocha?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de las densidades de siembra sobre el crecimiento de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico intensivo?
- ¿Cuál es el efecto de las densidades de siembra sobre la conversión alimenticia de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico intensivo?
- ¿Cuál es el efecto de las densidades de siembra sobre la sobrevivencia de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico intensivo?
- ¿Cómo varían los parámetros fisicoquímicos del agua en función de las densidades de siembra evaluadas?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento productivo de “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico intensivo en el Instituto de Educación Superior Pedagógico Público Bilingüe de Yarinacocha.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de las densidades de siembra sobre el crecimiento de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico intensivo.
- Evaluar el efecto de las densidades de siembra sobre la conversión alimenticia de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico intensivo.
- Determinar el porcentaje de sobrevivencia de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) bajo diferentes densidades de siembra.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua durante el desarrollo del cultivo en el sistema acuapónico intensivo.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- Las diferentes densidades de siembra influyen significativamente en el comportamiento productivo de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico intensivo.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las densidades de siembra influyen significativamente en el crecimiento de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*).

- Las densidades de siembra influyen significativamente en la conversión alimenticia de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*).
- Las densidades de siembra influyen significativamente en la sobrevivencia de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*).
- Las densidades de siembra influyen en los parámetros fisicoquímicos del agua del sistema acuapónico intensivo.

1.5. Operacionalización de las variables

1.5.1. Variable independiente

- Densidad de siembra.

Indicadores:

- 25 alevinos/m³
- 50 alevinos/m³
- 75 alevinos/m³

1.5.2. Variable dependiente

- Comportamiento productivo de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*).

Indicadores:

- Ganancia de peso
- Tasa de crecimiento
- Conversión alimenticia
- Eficiencia alimenticia

- Sobrevivencia
- Rendimiento productivo
- Calidad del agua

1.6. Justificación e importancia

La presente investigación se justificó debido a la necesidad de generar información técnica y científica sobre el manejo adecuado de densidades de siembra de “gamitana” (Colossoma macropomum) en sistemas acuapónicos intensivos, considerando que este factor influye directamente en el crecimiento, eficiencia alimenticia y productividad del cultivo.

Desde el punto de vista científico, el estudio aportó conocimientos relacionados con el comportamiento productivo de la especie bajo diferentes densidades de siembra, contribuyendo al fortalecimiento de investigaciones vinculadas a la acuicultura sostenible en la Amazonía peruana.

En el aspecto práctico, los resultados permitieron identificar la densidad de siembra más eficiente para optimizar el rendimiento productivo de la “gamitana” en sistemas acuapónicos intensivos, favoreciendo un mejor aprovechamiento del espacio, del agua y del alimento balanceado.

Asimismo, la investigación tuvo importancia ambiental debido a que los sistemas acuapónicos contribuyen a reducir el consumo de agua y minimizar la contaminación generada por los sistemas tradicionales de producción acuícola, promoviendo una producción sostenible y amigable

con el medio ambiente.

Finalmente, el estudio constituyó una referencia técnica para estudiantes, investigadores y productores acuícolas interesados en la implementación de sistemas acuapónicos intensivos para el cultivo de especies amazónicas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Segovia (2008), en México, desarrolló una investigación en el Departamento de Acuicultura del Centro de Investigación Científica y Educación Superior (CICESE), utilizando efluentes provenientes de un sistema de recirculación acuícola. En el estudio se cultivó tilapia nilótica (Oreochromis niloticus) con una densidad inicial de 30.9 kg/m³ y final de 50.7 kg/m³, además de 400 plantas de fresa (Fragaria ananassa variedad camarosa) con un flujo de 6 L/min durante 92 días. Los resultados mostraron un crecimiento de 3.7 g/día en las tilapias y una conversión alimenticia de 2:1, concluyendo que los sistemas de recirculación permiten optimizar el crecimiento de peces y el aprovechamiento de nutrientes en cultivos acuapónicos.

Dávila (2004), en su estudio titulado *"Sistemas de recirculación de agua y filtros biológicos en acuicultura intensiva"*, desarrollado en la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales, evaluó la importancia de los sistemas de recirculación de agua en la producción acuícola intensiva. El autor señaló que estos sistemas permiten reutilizar el agua mediante procesos de filtración física y biológica, contribuyendo al control de parámetros fisicoquímicos como el oxígeno disuelto, pH, amoníaco, nitritos y nitratos. Asimismo, concluyó que la implementación de filtros biológicos favorece la estabilidad de la calidad del agua, reduce la

acumulación de compuestos nitrogenados tóxicos y mejora las condiciones de cultivo para los organismos acuáticos, permitiendo obtener mayores niveles de producción en espacios reducidos. Estos resultados evidencian la importancia del manejo adecuado de la calidad del agua en sistemas intensivos y de recirculación para optimizar el crecimiento y supervivencia de las especies cultivadas.

Poleo et al. (2011), evaluaron el cultivo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) bajo dos sistemas de producción: sistema de cero recambio de agua (SCR) y sistema de recambio de agua (SRA). En el SCR, los peces alcanzaron un crecimiento de 2.34±0.05 g/día, una conversión alimenticia de 1.5±0.06 y una densidad final de 12.96±0.53 kg/m³. Mientras que en el SRA se obtuvo un crecimiento de 2.33±0.03 g/día y una conversión alimenticia de 1.6±0.07. Los autores concluyeron que la cachama blanca puede cultivarse eficientemente en sistemas cerrados sin recambio de agua y soportar altas densidades de cultivo.

López y Anzoátegui (2012), realizaron una investigación sobre el crecimiento del híbrido cachamoto (Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus) en un sistema de recirculación de agua (SRA), empleando una densidad de 24 peces/m³. El estudio se desarrolló en tres tanques australianos con capacidad de 82.11 m³, sembrándose 2,000 peces por tanque con un peso inicial promedio de 3.433±1.504 g. Los resultados evidenciaron una ganancia de peso de 627.567±43.726 g en 210 días de cultivo y un peso final promedio de 651.3±14.402 g. Asimismo, la conversión alimenticia fue de 1.6±0.642. Los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron dentro de rangos aceptables para la especie,

demostrando que el crecimiento responde favorablemente en sistemas de recirculación.

Anzoátegui y López (2013), analizaron la eficacia de un sistema de recirculación de agua utilizando filtros biológicos para el cultivo de cachama (*Colossoma macropomum*) a una densidad de 15 peces/m^3. Los peces presentaron un crecimiento promedio de 2.67 g/día y alcanzaron un peso final de 809.73 g en 303 días de cultivo, con una sobrevivencia del 92.2% y una conversión alimenticia de 1.72. Los investigadores concluyeron que los sistemas de recirculación favorecen el desarrollo de la especie y mantienen adecuados parámetros de calidad de agua.

Ronzón et al. (2012), evaluaron la eficiencia productiva del cultivo de albahaca (Ocimum basilicum) en un sistema hidropónico y un sistema acuapónico asociado al cultivo semiintensivo de postlarvas de langostino malayo (Macrobrachium rosenbergii). Los resultados mostraron que inicialmente las plantas en el sistema hidropónico presentaron mayor supervivencia y crecimiento; sin embargo, las plantas del sistema acuapónico mejoraron progresivamente debido al incremento de la biomasa de langostinos y la producción de nutrientes metabólicos.

Casas (2008), desarrolló un estudio orientado a mejorar la calidad del agua mediante filtros biológicos aplicados a sistemas de recirculación acuícola para el cultivo superintensivo de cachama blanca (Piaractus brachypomus). Los resultados evidenciaron que el sistema permitió mantener adecuados parámetros de calidad de agua y altos niveles de producción, demostrando la eficiencia de los filtros biológicos en sistemas intensivos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Chu-Koo y Kohler (2015), en el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), realizaron investigaciones relacionadas con el cultivo intensivo de especies amazónicas, entre ellas la gamitana (*Colossoma macropomum*). Los autores señalaron que la especie presenta una alta adaptabilidad a sistemas intensivos debido a su rápido crecimiento y resistencia a condiciones ambientales variables. Asimismo, concluyeron que la densidad de siembra influye directamente en el crecimiento y la eficiencia alimenticia.

Pinedo y Vásquez (2018), en Loreto, evaluaron el crecimiento y sobrevivencia de gamitana en diferentes sistemas de cultivo acuícola. Los resultados mostraron que las densidades moderadas favorecieron mejores tasas de crecimiento y conversión alimenticia, además de mantener adecuadas condiciones de calidad de agua durante el cultivo.

2.1.3. Antecedentes locales

Bazán (2022), en la región Ucayali, desarrolló una investigación sobre sistemas acuapónicos aplicados al cultivo de especies amazónicas. El estudio concluyó que los sistemas acuapónicos permiten mantener condiciones adecuadas de calidad de agua y mejorar el aprovechamiento de nutrientes, favoreciendo el crecimiento de los peces cultivados.

Asimismo, Oliva (2017), en Ucayali, realizó estudios sobre manejo alimenticio y comportamiento productivo de *Colossoma macropomum* en sistemas intensivos. Los resultados evidenciaron que el uso de alimento

balanceado y el monitoreo constante de los parámetros fisicoquímicos contribuyen significativamente al incremento de la productividad piscícola.

Ramírez y Sánchez (2021), en Pucallpa, evaluaron diferentes densidades de siembra en juveniles de gamitana cultivados en estanques intensivos. Los autores encontraron diferencias significativas en el crecimiento y conversión alimenticia entre tratamientos, concluyendo que densidades elevadas pueden afectar el desempeño productivo debido a la competencia por alimento y espacio.

Torres (2020), en Yarinacocha, investigó la relación entre calidad de agua y comportamiento productivo de especies amazónicas en sistemas acuícolas. El estudio destacó la importancia del monitoreo permanente de parámetros como temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitritos y nitratos para garantizar el adecuado desarrollo de los peces y la estabilidad del sistema.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La acuaponía

La acuaponía es un sistema de producción sostenible que integra la acuicultura y la hidroponía en un mismo sistema de recirculación de agua. Este sistema permite reutilizar los residuos metabólicos producidos por los peces como fuente de nutrientes para las plantas, logrando un equilibrio biológico entre ambos componentes productivos (Caló, 2011).

Según Rakocy et al. (2006), la acuaponía constituye una tecnología innovadora que combina la producción de organismos acuáticos y vegetales mediante procesos biológicos naturales, permitiendo una producción más eficiente y amigable con el medio ambiente. El agua

utilizada en el cultivo de peces es filtrada y enriquecida con nutrientes provenientes de las excretas y restos de alimento, siendo posteriormente aprovechada por las plantas. Luego de este proceso, el agua retorna nuevamente al tanque de cultivo.

Actualmente, la acuaponía ha adquirido gran importancia debido al incremento de la demanda alimentaria y a la necesidad de implementar sistemas productivos sostenibles con menor impacto ambiental. Goddek et al. (2015) señalaron que este sistema representa una alternativa eficiente frente a la escasez de agua y la contaminación generada por los sistemas convencionales de producción.

La integración de peces, bacterias nitrificantes y plantas permite mantener un equilibrio ecológico dentro del sistema, favoreciendo el reciclaje de nutrientes y la reducción de compuestos tóxicos como el amonio y los nitritos. Además, la acuaponía permite obtener simultáneamente productos de origen animal y vegetal en espacios reducidos.

Características de la acuaponía

La acuaponía presenta diversas características que la convierten en una alternativa tecnológica eficiente y sostenible:

- Uso eficiente del agua.
- Producción simultánea de peces y plantas.
- Disminución de residuos contaminantes.
- Menor utilización de fertilizantes químicos.
- Aprovechamiento de nutrientes orgánicos.

- Producción sostenible y ecológica.
- Fácil manejo y adaptabilidad (Muñoz, 2012).

Componentes de un sistema acuapónico

Según Muñoz (2012), un sistema acuapónico está conformado por los siguientes componentes:

- Tanque de cultivo de peces.
- Sistema de filtración mecánica.
- Biofiltro biológico.
- Camas hidropónicas.
- Sistema de bombeo y recirculación.
- Reservorio de agua.

El tanque de peces constituye el componente principal del sistema, debido a que en él se desarrollan los organismos acuáticos y se generan los nutrientes necesarios para las plantas. Por otro lado, el biofiltro cumple la función de transformar el amonio tóxico en nitratos aprovechables mediante la acción de bacterias nitrificantes.

Tabla 1

Componentes principales de un sistema acuapónico

Componentes	Función
Tanque de peces	Producción de organismos acuáticos
Biofiltro	Transformación biológica del amonio
Camas hidropónicas	Producción vegetal
Sistema de bombeo	Recirculación del agua
Filtro mecánico	Retención de residuos sólidos

Fuente: Adaptado de Muñoz (2012).

Ventajas de la acuaponía

Los sistemas acuapónicos presentan importantes ventajas ambientales y económicas. Aguilera et al. (2012) señalaron que estos sistemas permiten disminuir considerablemente el consumo de agua y reducir la descarga de compuestos nitrogenados al ambiente.

Asimismo, Rakocy et al. (2006) indicaron que la acuaponía mejora la eficiencia productiva debido a que permite obtener dos productos comerciales simultáneamente: peces y vegetales.

Entre las principales ventajas destacan:

- Reducción del consumo de agua.
- Producción sostenible.
- Menor contaminación ambiental.
- Aprovechamiento de nutrientes orgánicos.
- Producción en espacios reducidos.
- Obtención de alimentos libres de pesticidas.
- Diversificación de ingresos económicos.

Desventajas de la acuaponía

A pesar de sus ventajas, la acuaponía presenta algunas limitaciones relacionadas principalmente con el manejo técnico y los costos de implementación.

Muñoz (2012) indicó que estos sistemas requieren monitoreo constante de la calidad del agua, manejo especializado y dependencia del suministro eléctrico para el funcionamiento de bombas y filtros.

Entre las principales desventajas se encuentran:

- Elevados costos iniciales.
- Necesidad de conocimientos técnicos.
- Dependencia energética.
- Riesgo de fallas mecánicas.
- Monitoreo permanente del sistema.

2.2.2. Gamitana (*Colossoma macropomum*)

La gamitana (*Colossoma macropomum*) es una especie íctica amazónica de gran importancia económica y alimentaria en Sudamérica. Se distribuye principalmente en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco, siendo conocida como tambaqui en Brasil y cachama negra en Venezuela (IIAP, 2000).

Clasificación taxonómica

Tabla 2

Clasificación taxonómica de la gamitana (Colossoma macropomum)

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Animalia
Subreino	Metazoa
Clase	Actinopterygii
Orden	Characiformes
Familia	Serrasalmidae
Género	Colossoma
Especie	Colossoma macropomum

Fuente: Salinas y Agudelo (2000).

Características biológicas

La gamitana presenta cuerpo robusto, coloración oscura y gran resistencia a variaciones ambientales. Puede alcanzar longitudes de hasta 90 cm y pesos superiores a 30 kg en ambientes naturales (IIAP, 2000).

Esta especie posee rápido crecimiento, buena aceptación de alimento balanceado y elevada demanda comercial, razones por las cuales es ampliamente utilizada en sistemas de cultivo intensivo y superintensivo.

Alimentación

La gamitana es considerada una especie omnívora con tendencia frugívora. En estado natural consume semillas, frutos, insectos y materia vegetal. En sistemas de cultivo acepta eficientemente alimento balanceado comercial, favoreciendo su crecimiento y conversión alimenticia (IIAP, 2000).

Reproducción

La reproducción natural ocurre durante la temporada de creciente de los ríos amazónicos. Sin embargo, en cautiverio requiere reproducción inducida mediante hormonas gonadotrópicas (Alcántara, 1988).

La madurez sexual se alcanza entre los 3 y 4 años de edad, presentando elevada fecundidad reproductiva.

2.2.3. Densidad de siembra

La densidad de siembra se define como el número de peces cultivados por unidad de volumen o superficie dentro de un sistema

acuícola. Este factor influye directamente sobre el crecimiento, sobrevivencia, comportamiento y calidad del agua (Casas, 2008).

En sistemas intensivos, el aumento excesivo de la densidad puede ocasionar competencia por alimento, estrés fisiológico, incremento de metabolitos tóxicos y disminución del oxígeno disuelto.

No obstante, estudios realizados por Anzoátegui y López (2013) demostraron que Colossoma macropomum puede desarrollarse adecuadamente en sistemas de recirculación bajo altas densidades, siempre que exista un adecuado manejo de la calidad del agua.

Tabla 3

Densidades de siembra evaluadas en la investigación

Tratamiento	Densidad
T0	25 peces/m^3
T1	50 peces/m^3
T2	75 peces/m^3

2.2.4. Comportamiento productivo

El comportamiento productivo comprende los indicadores biológicos y productivos que permiten evaluar el desempeño de los peces durante el cultivo.

- **Crecimiento:** El crecimiento representa el incremento de peso y talla de los peces en un determinado periodo de tiempo. Este parámetro depende de factores como genética, alimentación, calidad del agua y densidad de siembra (Takeuchi, 1988).

- **Conversión alimenticia:** La conversión alimenticia expresa la relación entre la cantidad de alimento suministrado y el incremento de peso obtenido. Un índice bajo representa mayor eficiencia productiva (López y Anzoátegui, 2012).

- **Sobrevivencia:** La sobrevivencia corresponde al porcentaje de peces vivos al finalizar el periodo de cultivo respecto a la cantidad inicial sembrada.

- **Rendimiento productivo:** El rendimiento productivo corresponde a la biomasa obtenida por unidad de volumen al finalizar el cultivo.

Tabla 4

Indicadores del comportamiento productivo

Indicadores	Unidad
Ganancia de peso	g
Conversión alimenticia	FCA
Tasa de crecimiento específico	%
Sobrevivencia	%
Rendimiento productivo	kg/m³

Fuente: Adaptado de López y Anzoátegui (2012).

2.2.5. Parámetros fisicoquímicos del agua

La calidad del agua constituye uno de los factores más importantes en sistemas acuícolas intensivos debido a que influye directamente sobre el metabolismo, crecimiento y sobrevivencia de los peces (Casas, 2008).

- **Temperatura**: La temperatura óptima para el cultivo de gamitana oscila entre 28 y 31 °C. Temperaturas extremas generan estrés fisiológico y disminución del crecimiento.

- **Oxígeno disuelto:** El oxígeno disuelto es indispensable para la respiración de los peces. Valores inferiores a 3 mg/L afectan negativamente el metabolismo y sobrevivencia.

- **pH:** El pH regula diversos procesos químicos y biológicos del agua. Los valores adecuados para el cultivo de gamitana oscilan entre 6.5 y 8.5.

- **Amonio, nitritos y nitratos:** Estos compuestos nitrogenados se originan a partir de la descomposición de materia orgánica y metabolismo de los peces. Altas concentraciones pueden resultar tóxicas para los organismos acuáticos.

Tabla 5

Parámetros fisicoquímicos óptimos para el cultivo de gamitana

Parámetro	Rango óptimo
Oxígeno disuelto	> 4 mg/L
pH	6.5 – 8.5
Temperatura	28 – 31 °C
Nitritos	< 1 mg/L
Nitratos	< 200 mg/L
Amonio	< 1 mg/L

Fuente: Casas (2008).

2.2.6. Proceso de nitrificación

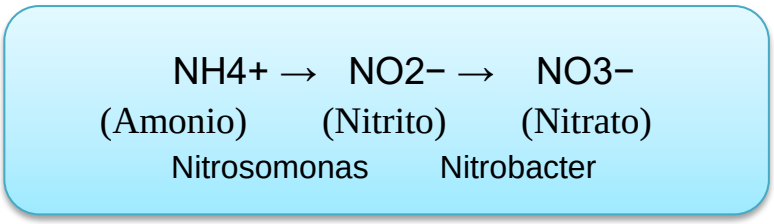
La nitrificación es un proceso biológico mediante el cual bacterias nitrificantes convierten el amonio en nitritos y posteriormente en nitratos (Pérez y Torralba, 1997).

Las bacterias Nitrosomonas transforman el amonio en nitrito, mientras que las bacterias Nitrobacter convierten el nitrito en nitrato.

Este proceso es fundamental en sistemas acuapónicos debido a que disminuye la toxicidad del agua y favorece la absorción de nutrientes por las plantas.

Figura 1

Proceso de nitrificación en sistemas acuapónicos



Fuente: Adaptado de Pérez y Torralba (1997).

2.3. Definiciones conceptuales

- **Acuaponía:** Sistema de producción integrado que combina la acuicultura y la hidroponía mediante la recirculación del agua y el aprovechamiento de nutrientes orgánicos.
- **Gamitana:** Especie íctica amazónica denominada científicamente Colossoma macropomum, utilizada ampliamente en sistemas acuícolas intensivos debido a su rápido crecimiento y valor comercial.
- **Densidad de siembra:** Cantidad de peces cultivados por unidad de volumen o superficie dentro de un sistema de producción acuícola.
- **Comportamiento productivo**: Conjunto de indicadores biológicos y productivos que permiten evaluar el desempeño de los peces

durante el cultivo.

- **Conversión alimenticia:** Relación entre la cantidad de alimento suministrado y el incremento de peso obtenido por los peces.
- **Sistema acuapónico intensivo:** Sistema de producción acuícola basado en altas densidades de cultivo y recirculación continua del agua.
- **Calidad del agua:** Conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan las condiciones adecuadas para el desarrollo de organismos acuáticos.
- **Nitrificación:** Proceso biológico mediante el cual bacterias transforman el amonio en nitritos y nitratos dentro del sistema acuapónico.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método utilizado en la presente investigación fue el método experimental, debido a que se manipuló la variable independiente correspondiente a las densidades de siembra de “gamitana” (*Colossoma macropomum*), con la finalidad de evaluar su efecto sobre el comportamiento productivo en un sistema acuapónico intensivo.

Asimismo, se aplicó el método científico mediante las etapas de observación, planteamiento del problema, formulación de hipótesis, experimentación, análisis de resultados y elaboración de conclusiones.

3.2. Tipo y nivel de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, debido a que buscó generar conocimientos prácticos relacionados con el manejo de densidades de siembra en sistemas acuapónicos intensivos para mejorar la producción de gamitana.

El nivel de investigación fue experimental, porque se manipuló la variable independiente y se evaluó su efecto sobre variables dependientes como crecimiento, conversión alimenticia, sobrevivencia y calidad del agua.

El enfoque de la investigación fue cuantitativo, ya que se recopilaron y analizaron datos numéricos relacionados con el comportamiento productivo de los peces.

3.3. Población y muestra

La población estuvo conformada por 688 alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*) utilizados en el sistema acuapónico intensivo.

La muestra estuvo representada por los peces evaluados aleatoriamente durante las biometrías quincenales realizadas a lo largo del periodo experimental, aplicándose el método de muestra proporcional para la evaluación de peso y talla.

3.4. Componentes en estudio

Los componentes evaluados durante la investigación fueron los siguientes:

- Alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*).
- Sistema acuapónico intensivo.
- Densidades de siembra.
- Calidad fisicoquímica del agua.
- Alimentación balanceada.

3.5. Tratamientos en estudio

En la presente investigación se evaluaron tres tratamientos correspondientes a diferentes densidades de siembra de “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico intensivo. La finalidad de estos tratamientos fue determinar el efecto de la densidad poblacional sobre el comportamiento productivo de la especie, considerando parámetros como crecimiento, conversión alimenticia,

sobrevivencia y rendimiento productivo.

Las densidades de siembra fueron establecidas tomando en consideración antecedentes de investigaciones previas relacionadas con sistemas intensivos y de recirculación acuícola, buscando evaluar la capacidad de adaptación y desempeño de la gamitana bajo diferentes niveles de carga poblacional.

Asimismo, cada tratamiento fue distribuido en tres repeticiones experimentales con la finalidad de obtener mayor confiabilidad en los resultados y reducir el margen de error experimental. En ese sentido, los tratamientos evaluados en la investigación se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 6

Tratamientos en estudio

Tratamiento	Descripción
T0	25 alevinos/m³
T1	50 alevinos/m³
T2	75 alevinos/m³

3.6. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), debido a que las unidades experimentales presentaron características homogéneas y las condiciones ambientales del sistema acuapónico fueron similares para todos los tratamientos evaluados. El diseño estuvo conformado por tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, permitiendo evaluar de manera objetiva el efecto de las diferentes densidades de siembra sobre el

comportamiento productivo de la “gamitana” (Colossoma macropomum).

Asimismo, este diseño experimental permitió reducir el error experimental y obtener mayor confiabilidad en los resultados relacionados con el crecimiento, conversión alimenticia, sobrevivencia y rendimiento productivo de la especie durante el periodo de evaluación.

El modelo aditivo lineal utilizado para el análisis estadístico fue el siguiente:

$$Yij = \mu + Ti + Eij$$

Dónde:

Yij = Observación experimental.

μ = Media general.

Ti = Efecto del tratamiento.

Eij = Error experimental.

Para el análisis estadístico se aplicó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación múltiple de Duncan con un nivel de significancia de α = 0.05.

Tabla 7

Esquema del análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	2
Error experimental	6
Total	8

3.7. Ejecución del experimento

3.7.1. Ubicación y duración del estudio

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones del Instituto de Educación Superior Pedagógico Público Bilingüe (IESPPB), ubicado en la carretera a San José km 0.5, distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali. El área experimental presentó condiciones adecuadas para la instalación y funcionamiento del sistema acuapónico intensivo utilizado en el cultivo de “gamitana” (*Colossoma macropomum*).

La zona de estudio se caracterizó por presentar un clima tropical húmedo, con temperaturas favorables para el desarrollo de especies amazónicas, permitiendo mantener condiciones adecuadas para el crecimiento y sobrevivencia de los peces durante todo el periodo experimental.

El experimento tuvo una duración de 120 días, iniciándose en la primera semana de setiembre y culminando en la última semana de diciembre de 2024. Durante este periodo se realizaron actividades de acondicionamiento del sistema, siembra de los alevinos, monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua, alimentación, biometrías quincenales y evaluación del comportamiento productivo de la especie. Asimismo, durante el tiempo que duró la investigación se efectuó un seguimiento continuo del sistema acuapónico intensivo, con la finalidad de garantizar condiciones adecuadas de manejo y obtener resultados confiables relacionados con las diferentes densidades de siembra evaluadas.

3.7.2. Condiciones ambientales

Según la clasificación de Holdridge, la zona de estudio correspondió al bosque húmedo tropical. Las condiciones climáticas de la zona se caracterizaron por presentar temperaturas elevadas y alta humedad relativa.

La temperatura media anual fue de 26.9 °C, con una precipitación promedio anual de 1773 mm.

Tabla 8

Condiciones climáticas durante el periodo experimental

Meses	T° máx.	T° mín.	T° media	Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
Setiembre	29.5	20.7	25.4	81.9	96.1
Octubre	31.5	20.9	26.2	78.5	100.1
Noviembre	28.5	22.3	25.4	81.9	250.2
Diciembre	30.2	21.8	26.0	82.4	210.5

Fuente: Estación Meteorológica de la UNU.

Durante el periodo experimental no se registraron variaciones extremas de temperatura ni humedad relativa que pudieran afectar significativamente el desarrollo de los peces.

3.7.3. Proceso experimental

Inicialmente, se acondicionó el sistema acuapónico intensivo mediante la limpieza de los tanques y la instalación de los componentes

hidráulicos y biológicos.

Posteriormente, se sembraron los alevinos de gamitana de acuerdo con las densidades establecidas en cada tratamiento. Los peces presentaron un peso promedio inicial de 60 g.

El alimento balanceado utilizado fue Purigamitana extruido, con 28% de proteína bruta, suministrándose cinco veces al día en horarios de 8:00 a.m., 10:00 a.m., 12:00 p.m., 3:00 p.m. y 5:00 p.m.

La ración alimenticia fue ajustada quincenalmente de acuerdo con los resultados de las biometrías realizadas.

Tabla 9

Composición nutricional del alimento balanceado

Componente	Porcentaje
Proteína bruta	28%
Grasa	3%
Fibra	10%
Humedad	12%

La alimentación fue distribuida uniformemente sobre la superficie del agua para evitar competencia entre los peces.

Asimismo, se realizaron actividades de monitoreo diarios relacionados con:

- Alimentación de los peces.
- Control del nivel del agua.
- Recolección de peces muertos.
- Supervisión del sistema hidráulico.
- Verificación del flujo de agua.

3.7.4. Variables evaluadas

Las variables evaluadas correspondieron al comportamiento productivo de la gamitana y a la calidad del agua del sistema acuapónico.

Crecimiento de los peces

El crecimiento fue evaluado mediante biometrías quincenales de peso y talla. Los parámetros analizados fueron:

- Ganancia de peso.
- Tasa de crecimiento absoluto.
- Crecimiento relativo.
- Tasa de crecimiento específico.

Las fórmulas utilizadas fueron las propuestas por Takeuchi (1988) y López y Anzoátegui (2013).

Tabla 10

Parámetros de crecimiento evaluados

Parámetro	Fórmula
Ganancia de peso	$Pf - Pi$
Tasa de crecimiento absoluto	$(Pf - Pi)/t$
Crecimiento relativo	$((Pf - Pi)/Pi) \times 100$
Tasa de crecimiento específico	$((Ln\ Pf - Ln\ Pi)/t) \times 100$

Fuente: Adaptado de Takeuchi (1988).

Conversión alimenticia

La conversión alimenticia fue determinada mediante la relación entre el alimento suministrado y el incremento de peso obtenido por los peces.

Fórmula 1: Conversión alimenticia

CA = Alimento consumido (kg) / Incremento de peso (kg)

Eficiencia alimenticia

La eficiencia alimenticia fue calculada mediante la relación entre el incremento de peso y el alimento ingerido.

Sobrevivencia

La sobrevivencia fue determinada mediante el porcentaje de peces vivos al finalizar el experimento.

Fórmula 2. Porcentaje de sobrevivencia

Sobrevivencia (%) = (Número final de peces × 100) / Número inicial de peces.

Calidad fisicoquímica del agua

La calidad del agua fue evaluada cada quince días mediante un kit colorimétrico y un termómetro digital. Los parámetros evaluados fueron:

- Temperatura.
- pH.
- Oxígeno disuelto.
- Nitritos.
- Nitratos.
- Amonio.

Los datos obtenidos fueron registrados en hojas de cálculo de Microsoft Excel para su posterior análisis e interpretación.

Tabla 11

Parámetros fisicoquímicos evaluados

Parámetro	Unidad
Temperatura	°C
pH	—
Oxígeno disuelto	mg/L
Nitritos	mg/L
Nitratos	mg/L
Amonio	mg/L

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Longitud y peso total

Tabla 12

Resultados de longitud (cm) y peso (g) final de C. macropomum

Parámetros	TRATAMIENTOS		
	T0	**T1**	**T2**
Longitud final (cm)	16.42 a	15.01 b	14.49 c
Peso Final (g)	68.74a	54.25 b	49.29 c

Letras iguales no presentan diferencias significativas. Duncan p≤ 0.05

En la Tabla 12 se presentan los resultados de la longitud final (cm) y el peso final (g) de *Colossoma macropomum* obtenidos al término del periodo experimental de 120 días, bajo diferentes densidades de siembra evaluadas en el sistema acuapónico intensivo. Los resultados evidencian que la densidad de siembra ejerció una influencia significativa sobre el crecimiento de los peces, tanto en longitud como en peso corporal.

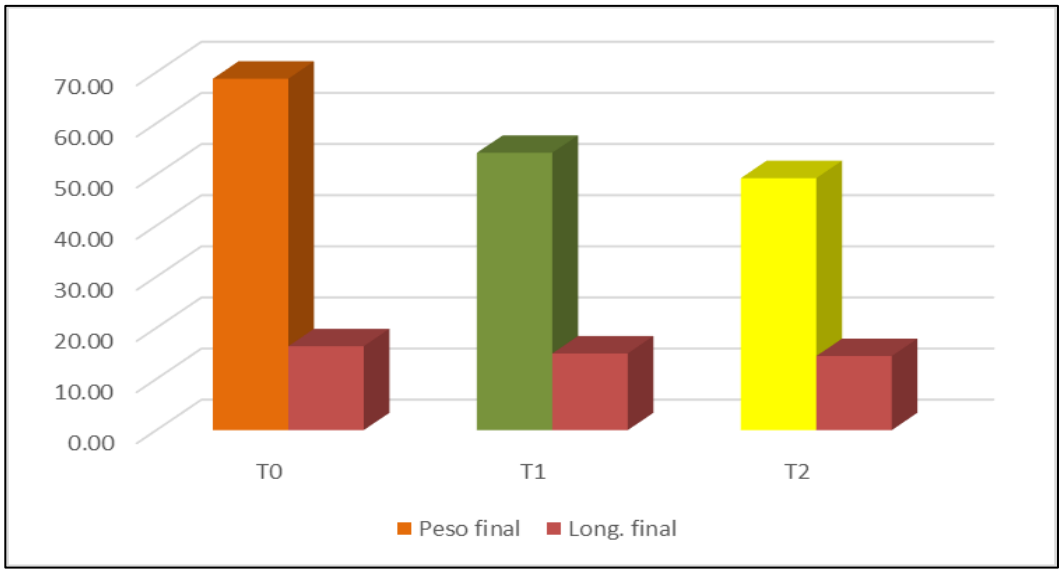
Respecto al peso final, el tratamiento T0 registró el mayor valor promedio con 68.74 g, superando significativamente ($p<0.05$) a los tratamientos T1 y T2, que alcanzaron promedios de 54.25 g y 49.29 g, respectivamente. Estos resultados indican que los peces sembrados a menor densidad presentaron un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles, favoreciendo una mayor ganancia de peso durante el periodo de cultivo. Asimismo, el análisis de comparación múltiple de Duncan mostró diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos evaluados.

De manera similar, en relación con la longitud final, el tratamiento T0 alcanzó el mayor crecimiento promedio con 16.42 cm, seguido por T1 con 15.01 cm y T2 con 14.49 cm. El análisis estadístico determinó diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos, evidenciando que el incremento de la densidad de siembra afectó negativamente el crecimiento longitudinal de los ejemplares. Estos resultados sugieren que una menor competencia por espacio, alimento y oxígeno contribuye a optimizar el desarrollo corporal de *C. macropomum*.

En términos generales, los resultados obtenidos demuestran que la menor densidad de siembra evaluada (T0) favoreció significativamente el comportamiento productivo de la especie, reflejándose en mayores valores de longitud y peso final en comparación con los tratamientos de mayor densidad. Este comportamiento confirma la importancia de establecer densidades adecuadas de cultivo para maximizar el crecimiento y la eficiencia productiva en sistemas acuapónicos intensivos.

Figura 2

Peso y longitud final



La Figura 2, presenta los valores promedio de peso y longitud final de *Colossoma macropomum* obtenidos en los tres tratamientos evaluados al finalizar el periodo experimental de 120 días.

Se observa que el tratamiento T0 registró los mayores valores tanto de peso final como de longitud final, alcanzando 68.74 g y 16.42 cm, respectivamente. Por su parte, el tratamiento T1 obtuvo valores intermedios con un peso final promedio de 54.25 g y una longitud final de 15.01 cm. Finalmente, el tratamiento T2 presentó los menores valores de crecimiento, registrando un peso final promedio de 49.29 g y una longitud final de 14.49 cm.

Los resultados muestran una disminución progresiva del peso y la longitud final conforme se incrementó la densidad de siembra. En términos de peso, la diferencia entre el tratamiento T0 y T2 fue de 19.45 g, mientras que para la longitud final la diferencia fue de 1.93 cm.

Asimismo, se aprecia que los tres tratamientos alcanzaron incrementos en ambas variables productivas durante el periodo de evaluación; sin embargo, los mayores valores finales correspondieron al tratamiento T0, seguido de T1 y T2. Estos resultados permiten visualizar el comportamiento productivo de la especie bajo las diferentes densidades de siembra evaluadas.

4.2. Rendimiento (Kg/m^3) y factor de conversión alimenticia (FCA)

Tabla 13

Resultados de rendimiento 1 m³ (kg) y factor de conversión alimenticia (FCA)

Parámetros	Tratamientos	Promedios
Rendimiento 1 m3 (kg)	25 alevino/m^3	**4.41 a**
	50 alevino/m^3	**4.07 a**
	75 alevino/m^3	**4.93 a**
FCA	25 alevino/m^3	**2.72 a**
	50 alevino/m^3	**2.93 a**
	75 alevino/m^3	**1.46 b**

La Tabla 13 presenta los resultados del rendimiento por metro cúbico (kg/m³) y del factor de conversión alimenticia (FCA) obtenidos en los diferentes tratamientos evaluados para *Colossoma macropomum*.

En cuanto al rendimiento por unidad de volumen, el tratamiento T2 (75 alevinos/m³) registró el valor más alto con 4.93 kg/m³, seguido por el tratamiento T0 (25 alevinos/m³) con 4.41 kg/m³ y el tratamiento T1 (50 alevinos/m³) con 4.07 kg/m³. De acuerdo con la prueba de Duncan, los tres tratamientos presentaron la misma letra estadística (a), indicando que no existieron diferencias significativas entre los promedios obtenidos ($p>0.05$).

Respecto al factor de conversión alimenticia (FCA), el tratamiento T2 presentó el menor valor con 1.46, seguido por T0 con 2.72 y T1 con 2.93. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($p\leq0.05$), evidenciadas por la asignación de letras diferentes en la prueba de Duncan. El tratamiento T2 se ubicó en un grupo estadístico

distinto (b), mientras que T0 y T1 conformaron un mismo grupo estadístico (a).

Los resultados muestran que el mayor rendimiento por metro cúbico se obtuvo en el tratamiento T2, mientras que el menor factor de conversión alimenticia también correspondió a este tratamiento. Por otro lado, el tratamiento T1 presentó el valor más bajo de rendimiento y el valor más alto de FCA entre los tratamientos evaluados.

4.3. Índices de crecimiento de peces

La Tabla 14 presenta los resultados de los índices de crecimiento de *Colossoma macropomum* obtenidos en los diferentes tratamientos evaluados.

Tabla 14

Observaciones sobre los parámetros vinculados al índice de crecimiento de peces en los tratamientos de densidades de Colossoma macropomum

Parámetros	Tratamientos	Promedios
Crecimiento absoluto (g)	25 alevino/m^3	54.55 a
	50 alevino/m^3	48.02 b
	75 alevino/m^3	43.01 b
Crecimiento relativo (%)	25 alevino/m^3	881.30 a
	50 alevino/m^3	770.80 b
	75 alevino/m^3	684.87 c
Crecimiento específico (%)	25 alevino/m^3	1.9 a
	50 alevinos/m^3	1.8 a
	75 alevino/m^3	1.7 b

Respecto al crecimiento absoluto, el tratamiento T0 (25 alevinos/m^3) registró el valor más alto con 54.55 g, seguido por T1 (50 alevinos/m^3) con 48.02 g y T2 (75 alevinos/m^3) con 43.01 g. El análisis estadístico mediante la prueba de Duncan mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$), ubicando al tratamiento T0 en un grupo estadístico diferente al de T1 y T2.

En cuanto al crecimiento relativo, los resultados evidenciaron valores de 881.30% para T0, 770.80% para T1 y 684.87% para T2. La prueba de Duncan determinó diferencias significativas entre los tres tratamientos ($p \leq 0.05$), observándose una disminución progresiva de este parámetro conforme aumentó la densidad de siembra.

Por otro lado, el crecimiento específico presentó valores de 1.9% para T0, 1.8% para T1 y 1.7% para T2. El análisis estadístico indicó que los tratamientos T0 y T1 pertenecieron al mismo grupo estadístico, mientras que T2 se ubicó en un grupo diferente, evidenciando diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

De manera general, los tres índices de crecimiento evaluados mostraron los valores más altos en el tratamiento T0 y los más bajos en el tratamiento T2. Asimismo, se observó una tendencia decreciente en los parámetros de crecimiento a medida que se incrementó la densidad de siembra.

4.4. Calidad de agua

Tabla 15

Parámetros de calidad del agua

Fechas	Parámetros					
	T (°C)	NH3 (mg/lt)	NO2 (mg/lt)	NO3 (mg/lt)	(pH)	O.D (mg/lt)
11/09/2019	27	0	0	0	6.21	5.7
26/09/2019	25	0.08	0.3	50	7.4	6
11/10/2019	26	0.08	0.3	50	7.23	5.3
26/10/2019	27	0.09	0.5	50	7.02	6.5
11/11/2019	27	0.08	0.6	60	7	4.6
26/11/2019	29	0.08	0.3	25	6.79	3.1
11/12/2019	25	0.08	0.1	25	7.1	4.4
26/12/2019	27	0.08	0.1	50	7.4	4.1
Promedio	26.44	0.08	0.3	42.78	6.97	4.86
Valor máx.	29	0.09	0.6	60	7.4	6.5
Valor mín.	25	0	0	0	6.21	3.1
Desv.	1.33	0.03	0.2	19.2	0.4	1.09

La Tabla 15 presenta los valores registrados de los parámetros fisicoquímicos del agua durante el periodo experimental de 120 días.

La temperatura del agua fluctuó entre 25 °C y 29 °C, con un promedio de 26.44 ± 1.33 °C. Los valores más altos se registraron el 26 de noviembre, mientras que los más bajos se observaron los días 26 de septiembre y 11 de diciembre.

La concentración de amoníaco (NH_3) presentó valores entre 0 y 0.09 mg/L, registrando un promedio de 0.08 ± 0.03 mg/L. Por su parte, los nitritos (NO_2) variaron entre 0 y 0.60 mg/L, con un valor promedio de 0.30 ± 0.20 mg/L. Los nitratos (NO_3) mostraron fluctuaciones entre 0 y 60 mg/L, alcanzando un promedio de 42.78 ± 19.20 mg/L durante el periodo de evaluación.

En relación con el potencial de hidrógeno (pH), los valores oscilaron entre 6.21 y 7.40, registrándose un promedio de 6.97 ± 0.40. Asimismo, el oxígeno disuelto presentó variaciones entre 3.10 y 6.50 mg/L, con una concentración promedio de 4.86 ± 1.09 mg/L.

De manera general, los parámetros evaluados mostraron variaciones durante el periodo experimental. La mayor variabilidad se registró en la concentración de nitratos, mientras que el amoníaco presentó las menores fluctuaciones. Los valores promedio obtenidos para temperatura, pH, oxígeno disuelto y compuestos nitrogenados permitieron caracterizar las condiciones del agua durante el desarrollo del cultivo de *Colossoma macropomum*.

4.5. Sobrevivencia de peces

Tabla 16

Resultados del porcentaje de sobrevivencia de C. macropomum en el sistema acuapónico

	TRATAMIENTOS		
	T0 (25 alevino/m^3)	**T1 (50 alevino/m^3)**	**T2 (75 alevino/m^3)**
Inicio	114	225	339
Final	99	213	303
Sobrevivencia (%)	86.8	94.6	89.3

La Tabla 16, presenta los resultados del porcentaje de sobrevivencia de *Colossoma macropomum* registrados en los diferentes tratamientos de densidad de siembra durante el periodo experimental.

Se observa que el tratamiento T1 (50 alevinos/m^3) registró el mayor porcentaje de sobrevivencia, alcanzando un valor de 94.6%, al pasar de una población inicial de 225 peces a una población final de 213 peces. Por su parte, el tratamiento T2 (75 alevinos/m^3) presentó una sobrevivencia de 89.3%, con una reducción de 339 a 303 individuos al finalizar el experimento.

Asimismo, el tratamiento T0 (25 alevinos/m^3) mostró el menor porcentaje de sobrevivencia, registrando un valor de 86.8%, con una población inicial de 114 peces y una población final de 99 peces.

En términos generales, los tres tratamientos presentaron porcentajes de sobrevivencia superiores al 85%, observándose el mayor valor en T1 y el menor en T0. Los resultados evidencian variaciones en la sobrevivencia de los peces entre las diferentes densidades de siembra evaluadas durante el periodo de cultivo.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación permitieron evidenciar que la densidad de siembra influyó en el comportamiento productivo de *Colossoma macropomum* cultivado en un sistema acuapónico intensivo. De manera general, se observó que los tratamientos evaluados presentaron diferencias en el crecimiento, rendimiento, factor de conversión alimenticia, índices de crecimiento, calidad del agua y sobrevivencia, lo que demuestra que la densidad constituye un factor importante dentro del manejo productivo de la especie.

En relación con el peso y la longitud final, los resultados mostraron que el tratamiento T0, correspondiente a 25 alevinos/m^3, alcanzó los mayores valores promedio, con 68.74 g de peso final y 16.42 cm de longitud final. En comparación, el tratamiento T1 registró 54.25 g y 15.01 cm, mientras que el tratamiento T2 obtuvo 49.29 g y 14.49 cm. Estos resultados evidencian que, a menor densidad de siembra, los peces alcanzaron un mayor crecimiento individual. Este comportamiento coincide con lo señalado por García (2014), quien sostiene que menores densidades de siembra favorecen mejores resultados en peso y longitud en *C. macropomum*.

Asimismo, los resultados guardan relación con lo indicado por Deza y Alcántara (2002), quienes señalan que la densidad de siembra influye de manera inversa sobre el crecimiento de los peces; es decir, cuando se incrementa la densidad, la tasa de crecimiento tiende a disminuir. Esto permite explicar que los peces del tratamiento T0 hayan presentado un mayor desarrollo individual, debido a que estuvieron sometidos a una menor competencia por espacio, alimento y oxígeno disponible. En cambio, en los tratamientos T1 y T2,

al existir una mayor cantidad de peces por metro cúbico, el crecimiento en peso y longitud fue menor.

Sin embargo, estos resultados difieren parcialmente de lo reportado por Poleo et al. (2011), quienes indican que la cachama puede cultivarse en sistemas cerrados con cero recambios de agua y en altas densidades, tolerando hasta 12.9 kg/m³. No obstante, en la presente investigación, aunque los peces lograron desarrollarse en las tres densidades evaluadas, los mejores resultados de crecimiento individual se obtuvieron en la menor densidad. Esta diferencia puede estar relacionada con las condiciones propias del sistema acuapónico utilizado, el manejo del agua, la aireación disponible y la respuesta de la especie frente a las densidades aplicadas.

Respecto al rendimiento por metro cúbico, los resultados mostraron valores de 4.41 kg/m³ en T0, 4.07 kg/m³ en T1 y 4.93 kg/m³ en T2. Aunque el tratamiento T2 presentó el mayor valor numérico de rendimiento, la prueba de Duncan indicó que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos. Esto demuestra que el aumento de la densidad no generó diferencias estadísticas en la producción total de biomasa por metro cúbico. Sin embargo, el mayor rendimiento numérico observado en T2 puede explicarse por la mayor cantidad de peces sembrados en dicho tratamiento.

Estos resultados se relacionan con lo señalado por Deza y Alcántara (2002), quienes indicaron que en estanques seminaturales de Pucallpa el rendimiento por hectárea puede incrementarse conforme aumenta la densidad de siembra. Sin embargo, los mismos autores sostienen que este incremento en biomasa total puede estar acompañado de una reducción en el crecimiento individual de los peces. Esta relación también se observó en la presente

investigación, debido a que T2 alcanzó el mayor rendimiento por metro cúbico, pero no obtuvo los mejores valores de peso y longitud final.

En cuanto al factor de conversión alimenticia, los resultados evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos. El mejor valor se registró en T2, con un FCA de 1.46:1, seguido por T0 con 2.72:1 y T1 con 2.93:1. Esto indica que el tratamiento con 75 alevinos/m³ presentó una mayor eficiencia en el aprovechamiento del alimento, debido a que necesitó 1.46 kg de alimento para producir 1 kg de biomasa de pescado. Este resultado puede considerarse favorable, ya que refleja una mejor transformación del alimento suministrado en biomasa.

Lo encontrado se relaciona con lo indicado por López y Anzoátegui (2012), quienes señalan que una conversión alimenticia adecuada se encuentra entre 1.0 y 2.0, y que obtener valores cercanos a 1 representa una mayor eficiencia productiva. En ese sentido, el FCA obtenido en T2 se ubicó dentro del rango considerado adecuado, mientras que los tratamientos T0 y T1 presentaron valores más altos, indicando menor eficiencia alimenticia.

Asimismo, los resultados son similares a los reportados por Poleo et al. (2011), quienes obtuvieron conversiones alimenticias cercanas a 1.5 en sistemas de crianza de cachama. De igual manera, Granado (2000) reportó conversiones alimenticias aproximadas de 2:1 en jaulas flotantes, especialmente en densidades menores. Por tanto, los valores obtenidos en la presente investigación muestran que el sistema acuapónico permitió alcanzar una eficiencia alimenticia aceptable, principalmente en el tratamiento de mayor densidad.

En relación con los índices de crecimiento, se observó que el crecimiento absoluto fue mayor en T0, con 54.55 g, seguido de T1 con 48.02 g y T2 con 43.01 g. De igual manera, el crecimiento relativo presentó valores de 881.30% en T0, 770.80% en T1 y 684.87% en T2. Respecto al crecimiento específico, se registraron valores de 1.9% en T0, 1.8% en T1 y 1.7% en T2. Estos resultados confirman que el tratamiento con menor densidad presentó mejores indicadores de crecimiento individual.

Estos hallazgos se relacionan con lo reportado por Deza y Alcántara (2002), quienes obtuvieron tasas de crecimiento específico de 1.62, 1.58 y 1.58 en diferentes densidades de siembra en estanques seminaturales. Aunque los valores obtenidos en la presente investigación fueron ligeramente superiores, la tendencia fue similar, debido a que los mejores resultados se observaron en las menores densidades. Esto refuerza la idea de que el incremento de la densidad puede limitar el crecimiento individual de los peces, aun cuando la biomasa total del sistema pueda mantenerse o incrementarse.

Por otro lado, Casas (2008) señala que las condiciones ambientales y de infraestructura pueden influir en el crecimiento de los peces, especialmente cuando existen variaciones de temperatura, deficiencias en la oxigenación o condiciones que favorezcan el estrés. En la presente investigación, si bien los peces lograron desarrollarse durante el periodo experimental, las variaciones observadas en la calidad del agua pudieron haber influido en las diferencias de crecimiento entre tratamientos.

Respecto a la calidad del agua, los parámetros fisicoquímicos presentaron variaciones durante el periodo experimental. La temperatura promedio fue de 26.44 ± 1.33 °C, el pH alcanzó un promedio de 6.97 ± 0.40 y el oxígeno disuelto

presentó un promedio de 4.86 ± 1.09 mg/L. Asimismo, el amoníaco no ionizado registró un promedio de 0.08 ± 0.03 mg/L, los nitritos 0.30 ± 0.20 mg/L y los nitratos 42.78 ± 19.20 mg/L.

En cuanto al oxígeno disuelto, se registraron valores entre 3.1 y 6.5 mg/L. Este parámetro presentó variaciones importantes durante el cultivo, lo cual pudo afectar el desempeño productivo de los peces. Casas (2008) señala que el oxígeno disuelto debe superar los 4 mg/L, debido a que constituye uno de los factores más limitantes para la vida acuática. De igual manera, Guerra et al. (2006) sostienen que el oxígeno disuelto debe mantenerse por encima de 6.0 mg/L, ya que niveles inferiores durante periodos prolongados pueden reducir el ritmo de crecimiento.

En la presente investigación, algunos valores de oxígeno disuelto estuvieron por debajo de los niveles recomendados por dichos autores, especialmente el valor mínimo de 3.1 mg/L. Esta condición pudo haber influido en el crecimiento de los peces, principalmente en los tratamientos de mayor densidad, donde la demanda de oxígeno fue probablemente mayor. Asimismo, Freitas (2015) señala que la concentración mínima de oxígeno para mantener un estanque debe ser de 5 mg/L, considerando además que, a mayor densidad de siembra, mayor debe ser la renovación y aireación del agua.

Respecto a los compuestos nitrogenados, los valores promedio de amoníaco no ionizado, nitrito y nitrato se mantuvieron dentro de rangos que no ocasionaron mortalidad masiva durante el cultivo. Sin embargo, Casas (2008) indica que el amoníaco no ionizado puede ser tóxico para los peces dependiendo de su concentración, pH, temperatura y oxígeno disuelto. Asimismo, Guerra et al. (2006) señalan que la toxicidad del amoníaco se

incrementa cuando existe bajo oxígeno disuelto, pH elevado y temperatura alta. En este estudio, aunque no se registró mortalidad asociada directamente a estos parámetros, las concentraciones observadas pudieron influir en el desempeño productivo de los peces.

En relación con el pH, el promedio registrado fue de 6.97, con valores entre 6.21 y 7.40. Estos valores se encontraron dentro del rango señalado por Casas (2008), quien indica que el pH adecuado para el cultivo de peces amazónicos puede ubicarse entre 6.4 y 9.0. No obstante, Guerra et al. (2006) advierten que valores por debajo o por encima del rango adecuado pueden generar inapetencia y disminución del crecimiento. En este sentido, el pH registrado en el sistema acuapónico se mantuvo relativamente estable durante el periodo experimental.

Respecto a la temperatura, el promedio fue de 26.44 °C, con valores entre 25 °C y 29 °C. Este parámetro se ubicó dentro de un rango favorable para el desarrollo de peces amazónicos. Pereyra (2013) señala que la temperatura es un factor importante para el crecimiento, reproducción y supervivencia de los peces, y que las especies amazónicas prosperan en rangos aproximados de 20 °C a 32 °C. Asimismo, para el cultivo de gamitana, se considera favorable una temperatura cercana a 26 °C y 30 °C. Por ello, los valores registrados en la presente investigación fueron adecuados para el cultivo de *C. macropomum*.

Finalmente, en cuanto a la sobrevivencia, los resultados mostraron porcentajes superiores al 85% en los tres tratamientos. El mayor valor se registró en T1, con 94.6%, seguido de T2 con 89.3% y T0 con 86.8%. Estos resultados indican que, a pesar de las diferencias en densidad de siembra, el sistema acuapónico permitió mantener una sobrevivencia aceptable durante el periodo

experimental. La mayor sobrevivencia observada en T1 podría estar relacionada con una mejor adaptación de los peces a dicha densidad, mientras que los menores porcentajes registrados en T0 y T2 evidencian variaciones en la respuesta de los organismos durante el cultivo.

En conjunto, los resultados demuestran que la densidad de siembra influyó de manera diferenciada sobre las variables productivas evaluadas. La menor densidad favoreció el crecimiento individual en peso, longitud e índices de crecimiento; sin embargo, la mayor densidad presentó mejor rendimiento por metro cúbico y mejor factor de conversión alimenticia. Asimismo, la calidad del agua y la sobrevivencia fueron aspectos importantes dentro del sistema acuapónico, debido a que permitieron mantener el cultivo durante el periodo experimental. Por tanto, se evidencia que la selección de una densidad adecuada debe considerar no solo el crecimiento individual de los peces, sino también la eficiencia alimenticia, el rendimiento por unidad de volumen, la calidad del agua y la sobrevivencia de la especie.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- Se concluyó que las diferentes densidades de siembra influyeron significativamente en el comportamiento productivo de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) cultivada en un sistema acuapónico intensivo, evidenciándose diferencias en el crecimiento, conversión alimenticia, rendimiento productivo y sobrevivencia entre los tratamientos evaluados.

- Se determinó que el tratamiento T0, correspondiente a la densidad de 25 peces/m³, presentó los mejores resultados de crecimiento en peso y longitud, alcanzando un peso final de 68.74 g y una longitud final de 16.42 cm, demostrando que menores densidades favorecen el desarrollo individual de los peces.

- Se concluyó que la densidad de 75 peces/m³ (T2) presentó la mejor conversión alimenticia con un factor de conversión alimenticia (FCA) de 1.46:1 y el mayor rendimiento productivo de 4.93 kg/m³, evidenciando un mejor aprovechamiento del alimento balanceado y mayor producción de biomasa.

- Se determinó que el mayor porcentaje de sobrevivencia se registró en el tratamiento T1 con 94.6%, seguido del T2 con 89.3% y del T0 con 86.8%, demostrando que el adecuado manejo del sistema acuapónico permitió mantener bajos niveles de mortalidad durante el periodo experimental.

- Se concluyó que los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron

mayormente dentro de los rangos aceptables para el cultivo de *Colossoma macropomum*, registrándose una temperatura promedio de 26.44 °C, pH de 6.97 y oxígeno disuelto de 4.86 mg/L, condiciones que permitieron el adecuado desarrollo de la especie en el sistema acuapónico intensivo.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar densidades de siembra de 25 peces/m³ cuando el objetivo principal sea obtener un mayor crecimiento individual en peso y longitud de la “gamitana” (*Colossoma macropomum*) en sistemas acuapónicos intensivos.

- Se recomienda emplear densidades de 75 peces/m³ para maximizar el rendimiento productivo y mejorar la eficiencia de conversión alimenticia, siempre que se garantice un adecuado manejo técnico y monitoreo permanente de la calidad del agua.

- Se recomienda realizar controles continuos de los parámetros fisicoquímicos del agua, especialmente del oxígeno disuelto, temperatura, pH y compuestos nitrogenados, con la finalidad de mantener condiciones óptimas para el desarrollo y sobrevivencia de los peces.

- Se recomienda fortalecer los sistemas de aireación y recirculación de agua en cultivos de alta densidad, debido a que niveles bajos de oxígeno disuelto pueden afectar negativamente el crecimiento y comportamiento productivo de la especie.

- Se recomienda desarrollar futuras investigaciones relacionadas con mayores densidades de siembra, diferentes niveles de proteína en el alimento balanceado y otros sistemas acuapónicos, con la finalidad de generar mayor información científica sobre el cultivo intensivo de Colossoma macropomum en la región amazónica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, C., Martínez, R., & Chávez, E. (2012). Sistemas acuapónicos como alternativa de producción sostenible de alimentos. *Revista Mexicana de Agronegocios, 31*, 567-576.

Alcántara, F. (1988). *Reproducción inducida de especies ícticas amazónicas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

Anzoátegui, L., & López, J. (2013). Evaluación de un sistema de recirculación de agua para el cultivo de cachama (*Colossoma macropomum*) a alta densidad de siembra. *Revista Científica UDO Agrícola, 13*(2), 415-423.

Bazán Alvites, R. (2022). *Evaluación de sistemas acuapónicos aplicados al cultivo de especies amazónicas en la región Ucayali*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

Casas, J. (2008). *Aplicación de filtros biológicos en sistemas de recirculación acuícola para el cultivo de cachama blanca (Piaractus brachypomus)*. Universidad de los Llanos.

Caló, P. (2011). *Acuaponía: integración de la acuicultura y la hidroponía en sistemas sustentables*. Universidad Nacional de La Plata.

Chu-Koo, F., & Kohler, C. (2015). *Producción intensiva de especies amazónicas en sistemas acuícolas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

Dávila, M. (2004). *Sistemas de recirculación de agua y filtros biológicos en acuicultura intensiva*. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales.

Deza, S., & Alcántara, F. (2002). *Cultivo de gamitana (Colossoma macropomum) en diferentes densidades de siembra en estanques seminaturales de Pucallpa*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).

Freitas, F. (2015). *Manejo de la calidad del agua en sistemas acuícolas intensivos*. Editorial Académica Española.

García, J. (2014). *Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de Colossoma macropomum en sistemas de cultivo intensivo*. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales.

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K., Jijakli, H., & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability, 7*(4), 4199-4224.

Granado, A. (2000). *Evaluación del crecimiento y conversión alimenticia de cachama (Colossoma macropomum) en jaulas flotantes*. Universidad de Oriente.

Guerra Flores, H; Saldaña Rojas, G; Tello Martin, S; Alcantara Bocanegra, F. 2006. Cultivo de Peces Nativos, una Opción de Desarrollo Sostenido en el Área de Influencia del Parque Nacional Río Abiseo (en línea). Perú, PRODUCE.

IIAP. (2000). *Manual para el cultivo de gamitana (Colossoma macropomum)*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

López, J., & Anzoátegui, L. (2012). Crecimiento del híbrido cachamoto (*Colossoma macropomum* × *Piaractus brachypomus*) en un sistema de recirculación de agua. *Revista Científica UDO Agrícola, 12*(4), 876-884.

Muñoz, E. (2012). *Sistemas de recirculación acuapónicos y producción sostenible*. Universidad de Chile.

Oliva Paredes, R. (2017). *Manejo alimenticio y productivo de Colossoma macropomum en sistemas intensivos*. Universidad Nacional de Ucayali.

Pereyra, G. (2013). *Factores ambientales que influyen en el cultivo de peces amazónicos*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).

Pérez, M., & Torralba, A. (1997). Procesos de nitrificación y desnitrificación en sistemas acuáticos. *Revista Latinoamericana de Microbiología, 39*(2), 85-92.

Pinedo, A., & Vásquez, M. (2018). Crecimiento y sobrevivencia de gamitana en diferentes sistemas de cultivo acuícola en Loreto. *Revista Peruana de Biología, 25*(3), 155-164.

Poleo, G., Aranbarrio, J., Mendoza, L., & Romero, O. (2011). Cultivo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en sistemas cerrados con y sin recambio de agua. *Zootecnia Tropical, 29*(3), 289-298.

Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M. (2006). *Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics - Integrating fish and plant culture*. Southern Regional Aquaculture Center.

Ramírez, C., & Sánchez, D. (2021). Evaluación de densidades de siembra en juveniles de gamitana cultivados en estanques intensivos en Pucallpa. *Revista Amazónica de Investigación Agropecuaria, 8*(1), 33-42.

Ronzón, A., Hernández, J., & Maldonado, T. (2012). Evaluación de la producción de albahaca (*Ocimum basilicum*) en sistemas hidropónicos y acuapónicos asociados al cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 3*(5), 945-956.

Salinas, Y., & Agudelo, E. (2000). *Especies ícticas amazónicas de importancia comercial*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas.

Segovia, J. (2008). Uso de efluentes de sistemas de recirculación acuícola en el cultivo integrado de tilapia y fresa. *Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE)*.

Takeuchi, T. (1988). Laboratory work: Chemical evaluation of dietary nutrients. En T. Watanabe (Ed.), *Fish nutrition and mariculture* (pp. 179-233). Kanagawa International Fisheries Training Center.

Torres, E. (2020). *Calidad de agua y comportamiento productivo de especies amazónicas en sistemas acuícolas de Yarinacocha*. Universidad Nacional de Ucayali.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLAS DE ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 1A

ANVA para la biomasa final

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	1.03608013	1.03608013	2.76	0.1475	*
Error	6	2.24899075	0.37483179			
Total	8	3.28507088				

R^2= 0.32 C.V. = 10.31

Tabla 2A

ANVA para el incremento de biomasa

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	0.15429012	0.15429012	0.38	0.5608	*
Error	6	2.44284575	0.40714096			
Total	8	2.59713587				

R2= 0.06 C.V. = 13.02

Tabla 3A

ANVA para el peso final

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	605.69401250	605.69401250	24.07	0.0027	*
Error	6	151.00647500	25.16774583			
Total	8	756.70048750				

R2= 0.80 C.V. = 8.10

Tabla 4A

ANVA para el incremento de peso

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	621.45751250	621.45751250	20.36	0.0041	*
Error	6	183.15447500	30.52574583			
Total	8	804.61198750				

R2= 0.77 C.V. = 10.67

Tabla 5A

ANVA para la talla final

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	4.80500000	4.80500000	16.06	0.0071	*
Error	6	1.79500000	0.29916667			
Total	8	6.60000000				

R^2= 0.73 C.V. = 3.56

Tabla 6A

ANVA para el incremento de talla

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	6.48000000	6.48000000	15.07	0.0082	*
Error	6	2.58000000	0.43000000			
Total	8	9.06000000				

R^2= 0.72 C.V. = 9.1

Tabla 7A

ANVA para el factor de conversión alimenticia (FCA)

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	0.15125000	0.15125000	6.15	0.0478	*
Error	6	0.14750000	0.02458333			
Total	8	0.29875000				

R^2= 0.51 C.V. = 7.10

Tabla 8A

ANVA para el rendimiento por 1 m³

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	0.05072112	0.05072112	0.39	0.5529	*
Error	6	0.77086475	0.12847746			
Total	8	0.82158587				

R^2= 0.06 C.V. = 9.88

Tabla 9A

ANVA para el índice de crecimiento absoluto (g)

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	0.00063013	0.00063013	20.58	0.0039	*
Error	6	0.00018375	0.00003063			
Total	8	0.00081388				

R^2= 0.77 C.V. = 10.72

Tabla 10A

ANVA para el índice de crecimiento relativo (%)

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	76245.125000	76245.125000	7.00	0.0382	*
Error	6	65315.750000	10885.958333			
Total	8	141560.875000				

R^2= 0.54 C.V. = 20.30

Tabla 11A

ANVA para el índice de crecimiento específico (%)

Fuente	G.L.	Suma de cuadrado	Cuadrado medio	Fc	Ft	Signif.
Tratamiento	2	0.13005000	0.13005000	9.19	0.0231	*
Error	6	0.08495000	0.01415833			
Total	8	0.21500000				

R^2= 0.61 C.V. = 7.93

ANEXO 2

TABLAS DE FICHAS DE EVALUACIÓN

Tabla 12A

Ficha de evaluación T0R1

T 0 R1

N° de eval.	Fecha de evaluación	Población	Peso promedio	Biomasa (g)	T.A.	C.A.D. (g)	Ración (5 veces/día)	C.A.M. (15 días/mes)
1°	11/09/2019	38	6.42	244.00	0.10	24.40	4.88	366.00
2°	26/11/2019	38	10.08	383.00	0.10	38.30	7.66	
3°	11/10/2019	35	18.29	640.00	0.10	64.00	12.80	
4°	26/10/2019	35	27.18	951.45	0.10	95.14	19.03	
5°	11/11/2019	35	40.66	1423.03	0.10	142.30	28.46	
6°	26/11/2019	35	51.24	1793.29	0.10	179.33	35.87	
7°	11/12/2019	35	60.74	2125.79	0.10	212.58	42.52	
8°	26/12/2019	35	68.82	2408.55263	0.10	240.8	48.17105	

Tabla 13A

Ficha de evaluación T0R2

	T 0 R2							
N° de eval.	**Fecha de evaluación**	**Población**	**Peso promedio**	**Biomasa (g)**	**T.A.**	**C.A.D. (g)**	**Ración (5 veces/día)**	**C.A.M. (26 días/mes)**
1°	11/09/2019	38	6.13	233.00	0.10	23.30	4.66	605.80
2°	26/11/2019	38	10.47	398.00	0.10	39.80	7.96	
3°	11/10/2019	32	18.29	585.14	0.10	58.51	11.70	1521.37
4°	26/10/2019	32	27.18	869.894737	0.10	86.99	17.40	2261.73
5°	11/11/2019	32	40.18	1285.89	0.10	128.59	25.72	3343.33
6°	26/11/2019	32	49.16	1573.05	0.10	157.31	31.46	4089.94
7°	11/12/2019	32	59.26	1896.42	0.10	189.64	37.93	4930.69
8°	26/12/2019	32	68.05	2177.68421	0.1	217.77	43.55	5661.98
9°		32						

Tabla 14A

Ficha de evaluación T0R3

T 0 R3

N° de evaluación	Fecha de evaluación	Población	Peso promedio	Biomasa (g)	T.A.	C.A.D. (g)	Ración (5 veces/día)	C.A.M. (15 días/mes)
1°	11/09/2019	38	6.03	229.00	0.10	22.90	4.58	68.70
2°	26/11/2019	38	11.18	425.00	0.10	42.50	8.50	127.50
3°	11/10/2019	36	20.00	720.00	0.10	72.00	14.40	1872.00
4°	26/10/2019	32	29.92	957.47	0.10	95.75	19.15	2489.43
5°	11/11/2019	32	39.70	1270.49	0.10	127.05	25.41	3303.26
6°	26/11/2019	32	49.81	1593.78	0.10	159.38	31.88	
7°	11/12/2019	32	57.08	1826.59	0.10	182.66	36.53	
8°	26/12/2019	32	69.35	2219.24	0.1	221.92	44.38	

Tabla 15A

Ficha de evaluación T1R1

T 1 R1

N° de eval.	Fecha de evaluación	Población	Peso promedio	Biomasa (g)	T.A.	C.A.D. (g)	Ración (5 veces/día)	C.A.M. (15días/mes)
1°	11/09/2019	75	**6.1**	460.00	0.10	46.00	9.20	138.00
2°	26/11/2019	71	8.07	572.73	0.10	57.27	11.45	171.82
3°	11/10/2017	71	11	779.00	0.10	77.90	15.58	2025.40
4°	26/10/2019	71	21.28	1510.88	0.10	151.09	30.22	3928.29
5°	11/11/2019	71	30.95	2197.16	0.10	219.72	43.94	5712.62
6°	26/11/2019	71	39.93	2835.07	0.10	283.51	56.70	
7°	11/12/2019	71	47.85	3397.15	0.10	339.72	67.94	
8°	26/12/2019	71	56.01	3976.98611	0.10	397.70	79.54	

Tabla 16A

Ficha de evaluación T1R2

T 1 R2

N° de eval.	Fecha de evaluación	Población	Peso promedio	Biomasa (g)	T.A.	C.A.D. (g)	Ración (5 veces/día)	C.A.M. (15 días/mes)
1°	11/09/2019	75	6.40	480.00	0.10	48.00	9.60	144.00
2°	26/11/2019	75	10.71	803.00	0.10	80.30	16.06	240.90
3°	11/10/2019	72	14.50	1043.90	0.10	104.39	20.88	2714.15
4°	26/10/2019	72	25.65	1846.65	0.10	184.66	36.93	4801.28
5°	11/11/2017	72	30.79	2217.08	0.10	221.71	44.34	5764.41
6°	26/11/2019	72	36.64	2638.36	0.10	263.84	52.77	
7°	11/12/2019	72	41.41	2981.59	0.10	298.16	59.63	
8°	26/12/2019	72	51.9041096	3737.09589	0.10	373.71	74.74	

Tabla 17A

Ficha de evaluación T1R3

T 1 R3								
N° de evaluación	**Fecha de evaluación**	**Población**	**Peso promedio**	**Biomasa (g)**	**T.A.**	**C.A.D. (g)**	**Ración (5 veces/día)**	**C.A.M. (15 días/mes)**
1°	11/09/2019	75	6.15	461.00	0.10	46.10	9.22	138.30
2°	26/11/2019	75	9.48	711.00	0.10	71.10	14.22	213.30
3°	11/10/2019	70	13.03	912.00	0.10	91.20	18.24	2371.20
4°	26/10/2019	70	23.01	1610.93	0.10	161.09	32.22	4188.43
5°	11/11/2019	70	31.05	2173.82	0.10	217.38	43.48	5651.93
6°	26/11/2019	70	38.67	2707.09	0.10	270.71	54.14	
7°	11/12/2019	70	45.58	3190.42	0.10	319.04	63.81	
8°	26/12/2019	70	54.83	3838.17	0.1	383.82	76.763	

Tabla 18A

Ficha de evaluación T2R1

T 2 R1

N° de evaluación	Fecha de evaluación	Población	Peso promedio	Biomasa (g)	T.A.	C.A.D. (g)	Ración (5 veces/día)	C.A.M. (15 días/mes)
1°	11/09/2019	113	6.19	700.00	0.10	70.00	14.00	210.00
2°	26/11/2019	113	9.83	1111.00	0.10	111.10	22.22	
3°	11/10/2019	103	15.33	1578.48	0.10	157.85	31.57	4104.04
4°	26/10/2019	103	23.34	2404.34	0.10	240.43	48.09	6251.29
5°	11/11/2019	103	30.95	3187.43	0.10	318.74	63.75	8287.32
6°	26/11/2019	103	37.97	3911.22	0.10	391.12	78.22	
7°	11/12/2019	103	45.69	4706.45	0.10	470.65	94.13	
8°	26/12/2019	103	50.34	5185.34	0.10	518.53	103.71	

Tabla 19A

Ficha de evaluación T2R2

T2 R2

N° de eval.	Fecha de evaluación	Población	Peso promedio	Biomasa (g)	T.A.	C.A.D. (g)	Ración (5 veces/día)	C.A.M. (15 días/mes)
1°	11/09/2019	113	6.33	715.00	0.10	71.50	14.30	214.50
2°	26/11/2019	110	11.42	1255.75	0.10	125.58	25.12	
3°	11/10/2019	100	16.48	1648.18	0.10	164.82	32.96	4285.27
4°	26/10/2019	100	26.46	2645.87	0.10	264.59	52.92	6879.27
5°	11/11/2019	100	30.79	3079.28	0.10	307.93	61.59	8006.13
6°	26/11/2019	100	39.07	3907.21	0.10	390.72	78.14	
7°	11/12/2019	100	42.98	4298.20	0.10	429.82	85.96	
8°	26/12/2019	100	48.52	4852.25	0.1	485.225225	97.045045	

Tabla 20A

Ficha de evaluación T2R3

T 2R3

N° de evaluación	Fecha de evaluación	Población	Peso promedio	Biomasa (g)	T.A.	C.A.D. (g)	Ración (5 veces/día)	C.A.M. (15 días/mes)
1°	11/09/2019	113	6.31	713.00	0.10	71.30	14.26	213.90
2°	26/11/2019	111	9.94	1103.12	0.10	110.31	22.06	
3°	11/10/2019	101	16.19	1635.11	0.10	163.51	32.70	4251.28
4°	26/10/2019	101	25.55	2580.50	0.10	258.05	51.61	6709.31
5°	11/11/2019	100	31.05	3105.45	0.10	310.55	62.11	8074.18
6°	26/11/2019	100	38.67	3867.27	0.10	386.73	77.35	
7°	11/12/2019	100	44.13	4412.73	0.10	441.27	88.25	
8°	26/12/2019	100	49.01	4900.91	0.10	490.09	98.02	

ANEXO 3

EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Figura 1A

Croquis de ubicación

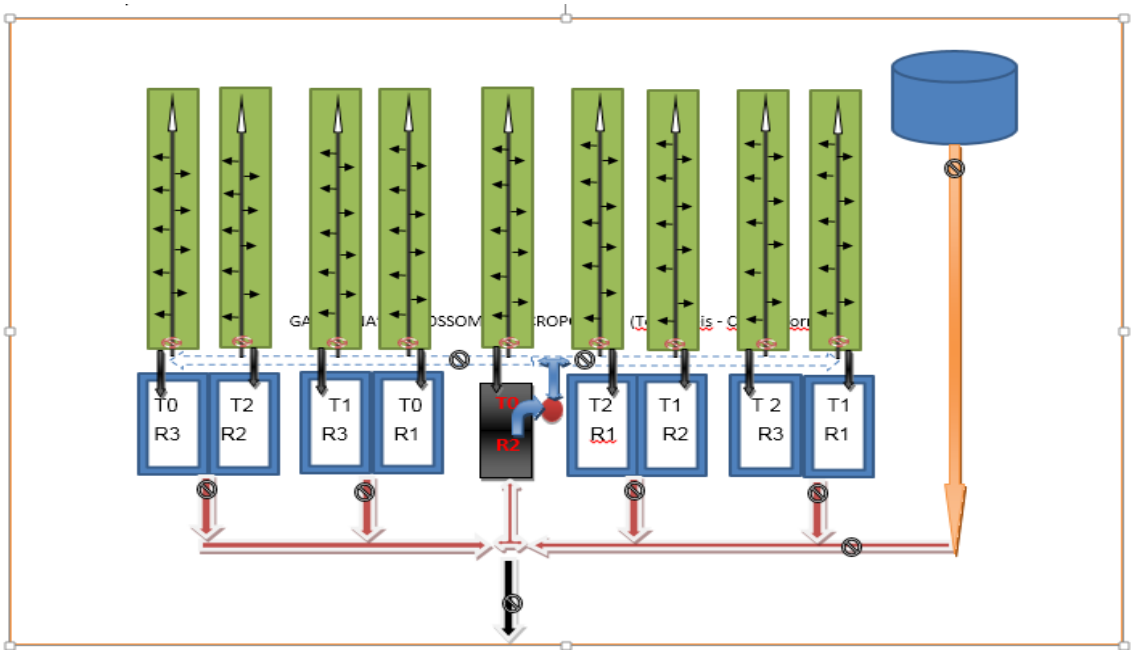


Figura 2

Sembrío de cebollita china



Figura 3A

Alevinos de gamitana



Figura 4

Evaluación biométrica (Peso)



Figura 5A

Evaluación biométrica (Longitud)



Figura 6A

Captura de alevinos para su evaluación biométrica

