UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

EFECTO DE DOS SISTEMAS DE AIREACIÓN EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE PACOTANA (*Piaractus brachypomus X Colossoma macropomum)* EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN YARINACOCHA, UCAYALI

Tesis para optar el título de

INGENIERO AGRONÓMO

LAURA TRUJILLO OLIMAR

Pucallpa, Perú

2025

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 **Laura Trujillo Olimar,** denominada: **"Efecto de dos sistemas de aireación en el comportamiento productivo de pacotana (*Piaractus brachypomus x colossoma macropomun*) en un sistema acuaponico, Yarinacocha, Ucayali"** 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, 31 de ENERO de 2025.

Dr. Gustavo Horacio Celi Arévalo
Presidente

Dr. Jorge Washinton Vela Alvarado
Primer Miembro

M.V. Elías Florentino Cano Castillo
Segundo Miembro

M. Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro
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.

Dr. Gustavo Horacio Celi Arévalo .....
PRESIDENTE

Dr. Jorge Washinton Vela Alvarado .....
PRIMER MIEMBRO

M.V. Elías Florentino Cano Castillo .....
SEGUNDO MIEMBRO

M. Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro .....
ASESOR

Bach. Laura Trujillo Olimar .....
TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0638-2024** .

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 DOS SISTEMAS DE AIREACIÓN EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE PACOTANA (Piaractus brachypomus X Colossoma macropomun) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN YARINACOCHA, UCAYALI** "

Autor(es)	:	**TRUJILLO OLIMAR, LAURA**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**Mg. VILLEGAS PANDURO PABLO PEDRO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 3%,** 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: 08/11/2024

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, Laura Trujillo Olimar

Autor de la tesis titulada : Efecto de dos Sistemas de Aireación en el comportamiento Productivo de Paco Tana (Piaractus brachypomus x colossoma macropomum) En un Sistema Acuapónico en Yarinacocha, Ucayali.

Sustentada el año 2025

Asesor(a): Ing. M.Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro

Facultad: de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomía

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: 09 / 02 / 25

Email: Trujillo_olimar2000@hotmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 913464242 DNI: 75579696

DEDICATORIA

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirme continuar en este camino y sobre todo por protegerme, para poder culminar con éxito este camino profesional.

A mi madre Lilia Basilia Olimar Jaba, por ser mi amiga, mi compañera, mi maestra y sobre todo mi soporte y fuerza para poder continuar en este camino profesional, por quererme y apoyarme, por ser esa persona que me demuestra que con mucha valentía y dedicación se puede con todo lo que uno se propone.

A mi padre Leonardo Trujillo Vásquez, por ser mi apoyo, mi fuerza y mi motor, por demostrarme que con mucho esfuerzo y mucha valentía se puede cumplir los sueños y por inculcarme que se puede llegar a conseguir todo lo que uno se propone y se realiza las cosas con mucho amor y sobre todo con la verdad.

A mis hermanas y a mi hermanito, por siempre ser mi Fuerza y el apoyo moral que necesito y así también por inspirarme a ser una figura de ejemplo para ellos, por apoyarme en todas las decisiones que tomo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Ucayali por haber sido el ente principal como mi casa superior de estudios y sobre todo por haber permitido mi formación como profesional.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la carrera de Agronomía, por compartirme todos sus conocimientos y por formarme académicamente con todas sus experiencias y que gracia a ellos fui formada en la profesional correcta que ahora soy.

Al Instituto de Educación Superior Pedagógico Publico Bilingüe por haberme abierto las puertas de las instalaciones del sistema acuapónico, en el cual realice mi investigación.

Al Ing. M.Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro, por apoyarme como mi asesor, mentor y guía en mi proyecto de investigación.

Al Ing. Rogger Wagner Peña Pasmiño, por ser un gran amigo, mi guía y mi apoyo en toda la ejecución de mi proyecto de investigación y por brindarme su apoyo con todos sus conocimientos para poder culminar con éxito mi proyecto.

A mis amigos incondicionales, Arleth, Marko y Lizandro por apoyarme y brindarme su incondicional amistad tan sincera y ser siempre ese apoyo que necesitaba en este largo proceso y siempre ser de gran soporte en mi proyecto de investigación.

A mi familia por siempre apoyarme en cada decisión que tome y nunca negarse a bríndame sus apoyos cuando lo necesitaba.

Sobre todo, estoy tan agradecida con todas las personas que directa e indirectamente me apoyaron en todo este proceso llena de dedicación y sobre todo lleno de mucho esfuerzo para poder culminar mis estudios superiores con mucho éxito.

ÍNDICE GENERAL

		Pág.
Acta de sustentación……..		ii
Acta de aprobación……..		iii
Constancia antiplagio……..		iv
Autorización de publicación de tesis…….		v
Dedicatoria……		vi
Agradecimiento…….		vii
Índice general……...		viii
Resumen……...		x
Abstract…….		xi
Índice de tablas……..…….		xii
Índice de figuras……..……		xiv
Introducción…….		xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……..		1
1.1.	Descripción y fundamentación del problema……	1
1.2.	Formulación del problema……	2
1.2.1.	Problema general……...	2
1.2.2.	Problemas específicos……	3
1.3.	Objetivo……	3
1.3.1.	Objetivo general…….	3
1.3.2.	Objetivos específicos…….	3
1.4.	Hipótesis y/o sistema de hipótesis……..……...	4
1.5.	Operacionalizacion de las variables…….	4
1.6.	Justificación e importancia…….	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO……		6
2.1.	Antecedentes……..……	6
2.2.	Bases teóricas……	8
2.2.1.	Pacotana……..……	8
2.2.2.	Acuaponía……..…….	9

2.2.3. La acuicultura en Ucayali…….. 11
2.2.4. El oxígeno disuelto en la crianza de los peces…… 13
2.3.1. Definiciones conceptuales…… 15
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA…… 18
3.1. Método de investigación…..……. 18
3.2. Tipo y nivel de investigación…...……. 18
3.3. Población y muestra……. 18
3.4. Componentes en estudio……. 18
3.5. Tratamientos en estudio…….. 19
3.6. Diseño experimental…….. 19
3.7. Ejecución del experimento……... 19
3.7.1. Ubicación y duración del estudio…….. 19
3.7.2. Condiciones ambientales…….. 20
3.7.3. Proceso experimental…… 20
3.7.4. Variables evaluadas…….. 25
CAPÍTULO IV: RESULTADOS……..…… 27
4.1. Incremento de peso manual……...…… 27
4.2. Incremento de peso total……...……..…….... 28
4.3. Análisis de regresión del peso……..……. 28
4.4. Talla de peces por evaluación…..……... 31
4.5. Incremento de talla.……...……..…….. 32
4.6. Análisis de regresión de la talla..……... 32
4.7. Conversión alimenticia……. 34
DISCUSIÓN DE RESULTADOS……..…… 36
CONCLUSIONES……...……..…….. 39
RECOMENDACIONES…….……. 40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……. 41
ANEXOS…… 49

RESUMEN

La investigación busca de una alternativa tecnológica para poder incrementar el OD (Oxígeno Disuelto) mediante sistemas de aireación y así poder mejorar el comportamiento productivo de Pacotana *(Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)*. El trabajo de investigación se realizó en el sistema de producción acuapónico, el cual se ubica en las instalaciones del Instituto Educativo Superior Pedagógico Público Bilingüe de Yarinacocha, Pucallpa, ubicado en las coordenadas: 8°20´54” Latitud sur, 74°34´18” Longitud oeste, a una altitud de 155 m.s.n.m., iniciándose en el mes de marzo y finalizo en el mes de agosto de 2024, con una duración de 6 meses. Se realizó la crianza de peces pacotana en tanques de crianza, desarrollándose las actividades de manejo y alimentación, asimismo se evaluaron las variables propuestas (peso, talla, incremento de peso y talla, consumo de alimento y factor de conversión alimenticia) y la concentración de oxígeno disuelto y calidad de aguas, cada 30 días. Los resultados fueron analizados en un diseño completamente al azar, aplicándose una prueba T de Studen con un $\alpha = 0,05$, sometiendo los datos a un análisis de regresión lineal simple, concluyéndose que, el sistema de aireación por oxigenador blower demostró valores superiores para el peso, incremento de peso, talla, incremento de talla, consumo total de alimento y factor de conversión alimenticia, en comparación con el sistema de aireación de caída por gravedad debido a una mayor concentración de oxígeno disuelto en el tanque de crianza.

Palabras claves: Comportamiento productivo, pacotana, sistema acuapónico, sistemas de aireación.

ABSTRACT

The research seeks a technological alternative to increase DO (Dissolved Oxygen) through aeration systems and thus improve the productive behavior of Pacotana (Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum). The research work was carried out in the aquaponic production system, which is located in the facilities of the Biligue Public Pedagogical Higher Educational Institute of Yarinacocha, Pucallpa, located at the coordinates: 8°20'54" South latitude, 74°34' 18" West longitude, at an altitude of 155 meters above sea level, beginning in the month of March and ending in the month of August 2024, with a duration of 6 months. Pacotana fish were raised in breeding tanks, handling and feeding activities were developed, and the proposed variables (weight, size, increase in weight and size, food consumption and feed conversion factor) and the concentration of dissolved oxygen and water quality, every 30 days. The results were analyzed in a completely randomized design, applying a Studen's T test with an $\alpha = 0.05$, subjecting the data to a simple linear regression analysis, concluding that the blower oxygenator aeration system demonstrated higher values for weight, weight gain, length, length gain, total feed consumption and feed conversion factor, compared to the gravity drop aeration system due to a higher concentration of dissolved oxygen in the tank of breeding.

Keywords: Productive behavior, pacotana, aquaponic system, aeration systems.

ÍNDICE DE TABLAS

En el contenido		**Pág.**
Tabla 1.	Solubilidad del oxígeno en agua pura en relación con la temperatura…….….	14
Tabla 2.	Tratamientos…….	19
Tabla 3.	Concentración de oxígeno disuelto……..	22
Tabla 4.	Calidad de aguas…..…….....	23
Tabla 5.	Peso de peces por evaluación…….……	27
Tabla 6.	Incremento de peso…….	28
Tabla 7.	Análisis de regresión del tratamiento con oxigenador Blower	29
Tabla 8.	Análisis de regresión del tratamiento con caída por gravedad……	30
Tabla 9.	Talla de peces por evaluación……..…….	31
Tabla 10.	Incremento de talla...……	32
Tabla 11.	Análisis de regresión del tratamiento con oxigenador Blower	32
Tabla 12.	Análisis de regresión del tratamiento con caída por gravedad	33
Tabla 13.	Consumo de alimento y FCA……..	34
En el anexo		
Tabla 14.	ANVA de la prueba de T para el peso de peces e incremento de peso de las diferentes evaluaciones…….……...	50
Tabla 15.	ANVA de la prueba de T para la talla de peces e incremento de talla de las diferentes evaluaciones.……...	52
Tabla 16.	ANVA del análisis de regresión simple para el peso de peces en el tratamiento con oxigenador blower..……..	53
Tabla 17.	ANVA del análisis de regresión simple para el peso de peces en el tratamiento con oxigenador blower……..…….	54
Tabla 18.	ANVA del análisis de regresión simple para la talla de peces en el tratamiento con oxigenador blower…..……	54

Tabla 19. ANVA del análisis de regresión simple para la talla de peces en el tratamiento con caída por gravedad..…… 54

ÍNDICE DE FIGURAS

En el contenido **Pág.**

Figura 1.	Gráfico de dispersión de los pesos tratamiento con oxigenador Blower……	29
Figura 2.	Gráfico de dispersión de los pesos del tratamiento con caída por gravedad……..	30
Figura 3.	Gráfico de dispersión de las tallas del tratamiento con oxigenador Blower……	33
Figura 4.	Gráfico de dispersión de las tallas del tratamiento con caída por gravedad……..	34
Figura 5.	Factor de conversión alimenticia..…….....	35
En el anexos		
Figura 6.	Instalación de Blower…….……..	55
Figura 7.	Instalación de tuberías para el funcionamiento del Blower….	55
Figura 8.	Limpieza de difusores…..……	56
Figura 9.	Instalación de difusores……..…….	56
Figura 10.	Limpieza de los tubos de caída por gravedad……	57
Figura 11.	Alimentación de los peces…….	57
Figura 12.	Limpieza de estanques……..…….	58
Figura 13.	Evaluación de análisis de agua……..	58
Figura 14.	Biometrías de los peces……..	59
Figura 15.	Supervisión de jurados de tesis..……	59

INTRODUCCIÓN

La acuicultura está experimentando un crecimiento acelerado en comparación a otros sectores productivos pecuarios, mostrando un aumento en el suministro acuícola per cápita desde 0,7 kg en 1970 hasta 7,8 kg en 2008, lo que constituye un crecimiento medio anual del 6,6% (FAO, 2010).

La acuaponía es un sistema innovador de producción de alimentos que combina la acuicultura (crianza de animales acuáticos) con la hidroponía (cultivo de plantas en agua), creando un ciclo sostenible donde los desechos de los peces se convierten en nutrientes para las plantas. Este enfoque no solo optimiza el uso del agua, sino que también promueve la seguridad alimentaria y puede ser implementado en espacios reducidos y terrenos marginales, lo que lo hace accesible para diversas comunidades (García y Pérez, 2019). La Acuaponía muestra sostenibilidad, reduciendo el consumo de agua, comparado con los sistemas agrícolas convencionales, asimismo, hay un escaso uso de agroquímicos, ya que los desechos orgánicos fertilizan las plantas, generando una producción más orgánica, y, existe alta rentabilidad económica, tanto a escala comercial como familiar (García y Pérez, 2019).

La aireación es el proceso mecánico por el cual se procura un contacto íntimo del aire con el agua, aunque el objetivo es disolver oxígeno en el agua, la aireación incluye también la remoción del agua de gases indeseables, como dióxido de carbono (CO_2) y metano, este proceso se le denomina desgasificación (NALCO et al., 1989). La demanda química de oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar los compuestos orgánicos mediante procesos químicos y transformarlos en CO_2 y agua. El contenido de DQO debe superar siempre al contenido de DBO ya que muchos compuestos orgánicos pueden oxidarse químicamente mas no biológicamente. Los valores aceptables están por entre 40 mgO_2/L - 80 mgO_2/L (Boyd, 1998).

La investigación busco determinar el efecto de los sistemas de aireación en el comportamiento productivo de Pacotana (*Piaractus brachypomus x colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema.

A nivel mundial se define que el oxígeno disuelto es la cantidad de oxigeno gaseoso que se encuentra en forma de O_2, la concentración de la misma es inversamente proporcional a la temperatura con la que cuenta el agua y esto hace que esta sea indispensable para la vida acuática (FAO, 1980).

El nivel que se maneja de oxígeno disuelto en estanques acuícolas es uno de los parámetros que permite mitigar enfermedades y así mismo, mejora la captación y recepción de alimento, razón por la cual la mayoría de acuicultores se enfocan en suplir esta necesidad a organismos de interés y entre ellos además de los peces se puede también encontrar organismos vegetales que atribuyen a la generación y consumo de OD. (Hanna, 2020).

La concentración de oxigeno es un parámetro muy importante ya que es indispensable para la vida acuática ya que ayuda a que estos se desarrollen correctamente, algunas especies necesitan niveles aún más elevados de OD. El nivel de OD es un indicador ya que a mayor concentración de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. (Peña, 2007).

En América Latina, la acuicultura se desarrolla bajo la técnica extractiva lo que viene generando una sobre explotación de las especies diezmando su capacidad de resiliencia. Limitando el proceso de recuperación poblacional de diferentes especies originarias del trópico; por lo que se hace de vital importante conocer el manejo acuícola del hibrido Pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum).* (PRODUCE, 2011).

En el Perú, la especie Pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* es un ejemplar hibrido resultante del cruce de Gamitana y Paco, estas son dos especies nativas de las cuencas del Amazonas, los que

muestran adaptabilidad a la crianza a gran escala, sin embargo, la carencia de oxígeno disuelto provoca que la especie no se desarrolle adecuadamente y su crecimiento sea lento (Guerra et al., 1992).

En la región de Ucayali sea identificado que este hibrido es una especie capaz de adaptarse a condiciones nuevas ya que fue creado con esta finalidad, existen innumerables factores que indiquen la producción de peces en estanques y entre ellos tenemos, la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y la alimentación (Hoyos et al., 2016).

En tal sentido, se requiere evaluar el comportamiento productivo del hibrido bajo un sistema acuaponico, en la cual se analizará las diferentes características referentes a la concentración de oxígeno, teniendo en consideración que la crianza de los peces se realiza en tanques de espacio limitado, y en altas densidades, provocándose competencia por el oxígeno disuelto, siendo la calidad del agua, vital para el desarrollo de los peces (Hanna, 2020).

Por consiguiente, se requiere determinar un sistema que permita incorporar los niveles de aporte de oxígeno disuelto apropiado, que permita mejorar el crecimiento de los peces y así poder maximizar densidades altas de siembra bajo el sistema de cultivo en acuoponia.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el efecto de los sistemas de aireación en el comportamiento productivo de Pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto del sistema de aireación por caída en el comportamiento productivo de la pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico*?*
- ¿Cuál será el efecto del sistema de aireación por Blower en el comportamiento productivo de la pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico*?*

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de los sistemas de aireación en el comportamiento productivo de Pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del sistema de aireación por caída en el comportamiento productivo de Pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico.

- Evaluar el efecto del sistema de aireación por Blower en el comportamiento productivo de Pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La aplicación de los sistemas de aireación, mejorarán significativamente el comportamiento productivo de la pacotana (*Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La aplicación del sistema de aireación por caída mejorará significativamente el comportamiento productivo de pacotana (*Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico.

- La aplicación del sistema de aireación por Blower mejorará significativamente el comportamiento productivo de pacotana (*Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*) en un sistema acuapónico.

1.5. Operacionalizacion de las variables

Variables independientes

Sistema de aireación de los tanques

T1 = Aireación por caída

T2 = Aireación por Blower

Variables dependientes

- Peso
- Incremento de peso
- Talla
- Incremento de talla
- Factor de conversión alimenticia

1.6. Justificación e importancia

La presente investigación permitió conocer la eficiencia de dos sistemas de aireación en el comportamiento productivo de Pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico, logrando así poder mejor la producción con dos sistemas diferentes de aireación de modo que se pueda tener una alternativa de mejora para los acuicultores que se dedican a la crianza de peces en espacios controlados, ya que muchas veces, al trabajar en espacios pequeños el crecimiento es más lento. Esta alternativa de sistemas de aireación permitió mejorar la calidad de OD en el agua y por lo tanto mejorara el desarrollo adecuado de los peces, siendo esta una alternativa que ayudará a los acuicultores independientes y asociados para que puedan tener mejor calidad de peces en estanques pequeños.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Aisalla (2024), menciona en su investigación de Diseño e implementación de un sistema IoT para el monitoreo de pH, oxígeno disuelto, turbidez y temperatura en el acuicultivo de trucha agua cristalinas en ecuador, hace énfasis que el nivel de oxígeno disuelto es de suma importancia en la crianza acuícola ya que a mayor nivel de OD se considera mejor calidad de agua y que si los niveles de oxígeno disuelto son bajos algunos peces y otros organismos no sobreviven, la temperatura es un factor muy importante ya que si el agua se mantiene fría el oxígeno disuelto se puede conservar más tiempo a diferencia que si el agua se mantiene caliente esta no retiene oxígeno.

Lema et al., (2017), mencionan en su investigación sobre la implementación automatizado de bombeo de agua para la generación de oxigeno OD en ecuador, mencionan que para poder obtener un crecimiento adecuado en los peces es necesario que en los estanques de crianza se asemeje a la producción de oxigeno que generan los ríos o fuentes agua de forma natural y que esta se mantenga de forma estable.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Gil (2023), menciona en su investigación sobre manejo productivo en el cultivo de trucha Arcoíris (*Oncorhynchis mykiss*) a partir de los 200 gramos, la cual tuvo como objetivo realizar el control físico químico de calidad de agua como oxígeno disuelto (OD), saturación de oxigeno (%), temperatura (T°), en el cual mencionan que el oxígeno disuelto es un factor importante en el proceso de respiración y metabolismo de los animales

Cruz (2021), menciona en su investigación de la influencia sobre el oxígeno disuelto y temperatura en la quebrada Misquiyaquillo, la cual tuvo como objetivo la determinación del valor de los parámetros de temperatura y oxígeno disuelto, en la estación de muestreo, dice que existe una relación de influencia indirectamente proporcional con respecto a la temperatura y el oxígeno disuelto, ya que a medida que la temperara disminuye el oxígeno disuelto también sufre este cambio, la variación del valor del oxígeno disuelto a lugar y el tiempo no es muy insignificante, es decir que no existe influencia de lugar ni tiempo en la cantidad de oxígeno disuelto que hay en el agua.

Carchipulla (2021), menciona en su investigación sobre la importancia del oxígeno disuelto para mejorar la calidad de agua en estanques de camarón blanco, la cual tuvo como objetivo describir la importancia del oxígeno disuelto en agua identificando los factores que intervienen en el proceso de disolución de oxígeno en el agua para contribuir al mejor desarrollo de la camaronicultura, menciona que la aireación es una de los factores de mayor importo en la calidad de agua, dado que a mayor oxígeno disuelto en agua que exista se atribuye a que la calidad del agua es buena y que si la calidad de OD disminuye la calidad del agua también, afectando seriamente a la salud de las especies acuícolas.

Torres (2020), indica en su investigación de la calidad de agua, en la parte media de la quebrada Misquiyaquillo, mediante uso de Modelación del oxígeno disuelto y DBO5 en constante cinética de autodepuración, la cual tuvo como objetivo la determinación de la calidad de agua mediante la modelación del oxígeno disuelto y DBO6, evaluó la modelación del oxígeno disuelto y se logró determinar que el OD es el parámetro que se mala concentración en materia orgánica biodegradable presente en el agua. El OD en agua aparte de ser un elemento de suma importancia y básico para los organismos acuáticos, se puede atribuir que a bajas concentraciones de OD se puede relacionar a la existencia de organismos ajenos y esto está ligado a la contaminación que puede existir en el agua.

Según Alva y Rojas (2019), en su investigación de la estimación del déficit de Oxígeno disuelto usando el modelo Streeter y Phelps en las cuencas

baja del rio moche, la cual tuvo como objetivo la evaluación del déficit del oxígeno disuelto, dicen que el OD representante la cantidad de oxigeno atmosférico en el agua y que el déficit de OD hace referencia a que el agua presenta una alta carga de contenido orgánico.

Rocca (2018), en su investigación de variación del OD y su efecto como indicador de calidad de agua, tuvo como objetivo determinar la variación del oxígeno disuelto y su influencia como indicador de calidad de agua, menciona que el afloramiento costero es una cusa común que genera hipoxia en el medio marino y esto afecta por las bajas concentraciones de OD y están son influencias por el cambio climático.

2.1.3. Antecedentes locales

No se encontró antecedentes.

Bases teóricas

2.2.1. Pacotana

La pacotana es un hibrido resultante entre el cruce de Gamitana (*Colossoma macropomum*) y el paco (*Piaractus brachypomus*) ya que consideraron de suma importancia rescatar los mejores atributos que estas dos especies nativas posee, este cruce se realizó en las instalaciones del Mar del Perú – (IMARPE), en 1986, todo esto con la finalidad de poder obtener un resultado mucho más residente a los progenitores, obteniendo un hibrido capaz de adaptarse a condiciones ambientales diferentes al de si habitad natural (Guerra et al., 1992).

Características morfológicas

Este hibrido Pacotana obtuvo mayores características de su progenitor Gamitana asemejándose en su coloración, así como también se asemeja a sus forma y color de sus aletas que son de naturaleza blanda, la pacotana presenta una forma corporal robusta y algo alargada, que es característica de ambos progenitores. Su cuerpo es más achatado lateralmente que el del paco, la coloración de la pacotana puede variar, generalmente muestra una mezcla de patrones que

posees ambos progenitores. Puede tener tonos planeados a grises en el cuerpo, con un brillo metálico, las aletas son similares a las de sus progenitores, pero suelen ser más largas y definidas, su mandíbula es relativamente fuerte, con dientes adaptados para una dieta variada, sus escamas son bien desarrolladas que le proporcionar a estos peces una protección adicional (Guerra et al., 1992).

2.2.2. Acuaponía

La acuaponía es un sistema que busca fusionar la hidroponía con la acuicultura, quiere decir que esto es un sistema en donde se aprovecha los desechos (orina, eses y sobrantes de alimento) de los peces como un método de abonamiento para las plantas. Este tipo de sistemas son eco – amigables ya que no se hace un mal uso del recurso hídrico. Este sistema tiene como finalidad poder ahorrar agua con su método circular y aparte de ello es una alternativa para obtener productos sanos (BIOAQUAFLOC, 2022).

El sistema acuapónico recirculatorio (RAS), es una tecnología nueva en donde se puede criar peces y al mismo tiempo se puede obtener producción vegetal, en este sistema, el agua rica en nutrientes de un estanque de peces es utilizada para regar las plantas y esas aguas son filtradas y purificadas por las grabas para luego regresar al estanque como agua limpia, creando así un ciclo cerrado y sostenible. Todo esto se debe a que estas aguas están acumuladas de nutrientes como los nitritos y fosfatos, los cuales mediante el ciclo de nitrificación son absorbidos y se utilizan como nutrientes en las platas, ya que en esta crianza no se utilizan ningún tipo de agroquímico por motivo que las plantas están conectadas a los peces y se necesita crear un vínculo amigable entre los peces y las plantas (García y Pérez, 2019).

Problema de estrés en los peces

El estrés en los peces puede ser la causada por muchos factores ambientales como internos y las consecuencias se puede percibir en su crecimiento, reproducción y supervivencia. Este problema es común en los peces ya que esta sometidos a una manipulación constante, ya sea para realizar una evaluación

biométrica, trasporte, cambio de agua, interacciones sociales (competencia por alimento y espacio), enfermedades y parásitos o simplemente para una evaluación cotidiana, aparte de ellos tiene mucha influencia, el cambio repentino de temperatura y esto se ve reflejado en su alimentación y crecimiento. El estrés se puede definir también con una situación en la cual el animal se siente amenazado y genera una respuesta fisiológica para poder compensar (Peran, 2020).

Tipos de sistemas de aireación

Existen varios tipos de sistemas y métodos de aireación que se adaptan a cada necesidad en específico y entre ellas podemos encontrar (Bosstech, 2014).

- **Fuentes flotantes**

Este sistema funciona impulsando en agua en el aire para crear un espectáculo en la superficie, cuando vuelve a la base y así genera una turbulencia que transfiere oxígeno al agua (Bosstech, 2014).

- **Aireadores sumergidos**

Este tipo de sistema es cuando al aireador se encuentra sumergido por completo y actúa bombeando aire desde un comprensor en tierra a través de una manguera en el fondo del agua (Bosstech, 2014).

Aireados solares

Este sistema de aireación es bueno para lugares de difícil acceso ya que este sistema es alimentado por energía solar, su principal beneficio de los aireadores solares es que no depende de energía eléctrica y por tal motivo es más adecuado para zonas rurales (Bosstech, 2014).

Biometría

La biometría es una tecnología que se refiere al uso de técnicas para identificar y estudiar diferentes especies de peces a través de sus características físicas o biológicas y entre ellos se puede incluir, patrones de manchas, forma del cuerpo, tamaño o algunas otras características. Como muestreo biométrico o

simplemente biométrica es llamado a la acción de obtener información sobre la talla y peso de cualquier especie con que se está trabajando y consiste en capturar peces completamente al azar de todos los rangos de tamaño para obtener medidas de talla y peso (Bouchon et al., 2002).

Alimentación

La dieta alimenticia del hibrido Pacotana es la mismo que se proporciona a sus progenitores y normalmente se proporciona alimento peletizado. Para la acuicultura el alimento pellets se puede producir de varios diámetros y dureza. La extracción es el método utilizado para producir alimento para peces ya que este método permite tener alimento con las características necesarias de flotabilidad, hundimiento lento, flotabilidad neutra o hundimiento rápido, que depende mucho de la composición del alimento. El extrusor permite añadir altas concentraciones de aceite, grasas y líquidos, que mejora el rendimiento de la producción y todo esto depende a la formulación de la dieta y a los nutrientes que el alimento posee (Amlan, 2020).

2.2.3. La acuicultura en Ucayali

En la región de Ucayali, la acuicultura es una actividad reconocida por si impacto económico, esta actividad presenta etapas de auge y crecimiento en nuestra región, se prioriza la venta de peces nativos como el paco, Gamitana y Paiche. Para grupo mayoritario de piscicultores constituye un componente complementario que forma parte del sistema de producción, así como lo es la ganadería, la crianza de aves, etc., ya que es de fácil manejo (Plan Regional Acuícola de Ucayali, 2021).

Tipos de sistemas en la acuicultura

Los sistemas de crianza en la acuicultura son muy diversos y esto se puede realizar tanto en agua dulce como también en agua salada. Se puede cultivar directamente en medio acuático (sistema abierto) o en instalaciones bajo un sistema controlando (sistema cerrado). De acuerdo a esto controles podemos encontrar los siguientes sistemas:

Extensivo

Este sistema tiene muy poca intervención del hombre y principalmente se da en programas de repoblamiento de lagunas, embalses o represas que son de beneficios de la comunidad. Este tipo de crianza es una técnica de acuicultura que busca criar peces en condiciones que imitan en lo posible su entorno natural, una de sus características son los espacios amplios ya que esto permite una mayor interacción con su entorno natural, otra de sus características principales es su alimentación natural y su menor impacto ambiental (Sociedad Nacional de Pesquería, 2022).

Semi extensivo

Esta actividad se limita la intervención humana y solo es utilizada en la siembra, esta es una actividad con una dieta natural y en bajas densidades esta actividad también es usada en acuicultura de subsistencia, esta crianza de peces Semi extensiva se encuentra entre la crianza extensiva y la intensiva ya que combina ambos para optimizar la producción, pero manteniendo ciertas características del entorno natural, una de las características es el manejo de espacio y el control ambiental parcial (Sociedad Nacional de Pesquería, 2022).

Intensivos

Este tipo de sistemas se caracteriza por tener el control de todos los parámetros de la vida del animal, la siembra se realiza en altas densidades, con dietas diseñadas para cada etapa o edad. Este enfoque se utiliza para satisfacer la demanda las de productos de manera eficiente y sostenible. Este tipo de sistema busca maximizar la producción de peces mediante un control sobre su entorno y se caracteriza por usar una tecnología avanzada y entre sus principales características por ser un sistema cerrado o controlado ya que son criados en un sistema circular otra de sus características es la alimentación artificial y su alta densidad de stock (Sociedad Nacional de Pesquería, 2022).

Semi intensivo

En este sistema los peces se encuentran confinados en grandes estructuras como jaulas o estanques, en las cuales se trabaja con densidades de siembra, alimentación, recambio de agua y completamente con la aireación. Este tipo de crianza es un enfoque que se encuentra entre los métodos de sistemas completamente intensivos por su nivel de tecnología y su nivel de control, dentro de sus características tener que son espacios controlados ya que se utilizan estanques más pequeños que permiten un manejo más directo de los peces, otro de sus características es el control del ambiente ya que en este tipo de sistema se tiene el control de los principales parámetros de agua y así se asegurar de las condiciones óptimas para su crecimiento (Sociedad Nacional de Pesquería, 2022).

2.2.4. El oxígeno disuelto en la crianza de los peces

El término aireación es usado para referirse a la disolución del oxígeno de la atmósfera dentro del agua. La trasferencia de oxígeno puro en forma gaseosa al agua se define como oxigenación (Losordo et al., 1999).

El agua debe ser aireada para mantener apropiadas las concentraciones de oxígeno disuelto y para el adecuado funcionamiento del filtro biológico (Parker, 2002). La aireación es usualmente aplicada en el tanque de cultivo de los peces y a veces se coloca también en orden de prioridad al sistema de filtración biológica (McGee & Cichra, 2000).

El nivel de oxígeno disuelto presente en un sistema de acuicultura es el parámetro más importante en la calidad del agua. Si no existe una adecuada concentración de oxígeno disuelto los organismos pueden ser vulnerables a enfermedades y parásitos, o morir por hipoxia (Salazar, 2001).

Según la zona donde se establezca el cultivo es importante tener en cuenta que el nivel de saturación de oxígeno en el agua depende, entre otras cosas, de la temperatura y la altitud. A nivel del mar la saturación oxígeno disuelto en el agua es de 11,3 mg/L a 10°C y de 10,0 mg/L a 15°C; mientras

que a una altitud de 910 msnm los niveles de oxígeno en saturación en el agua son de 10,1 mg/L y 8,9 mg/L para 10 y 15°C respectivamente (Stickney, 2000).

La disminución en la concentración de O_2 ocurre cuando el consumo excede a la producción. El incremento en el consumo de O_2 puede ser causado por una superpoblación de algas, por eventos estacionales, por el incremento en la entrada de residuos orgánicos, entre otros (Floyd, 1992).

Oxígeno disuelto

La solubilidad del oxígeno disminuye a medida que la temperatura del agua aumenta como se puede observar en la tabla 1, cuando el agua contiene concentración de oxígeno igual a la solubilidad de este a la temperatura existente, se dice que el agua está saturada con oxígeno disuelto (Boyd & Lichtkoppler, 1979) y que, además, es el principal factor que afecta el metabolismo respiratorio y la excreción de amonio en organismos acuáticos.

Tabla 1. Solubilidad del oxígeno en agua pura en relación con la temperatura.

Temperatura (°C)	Concentración (ppm)	Temperatura (°C)	Concentración (ppm)
26	8,09	34	7,16
27	7,95	35	6,93
28	7,81	36	6,82
29	7,67	37	6,71
30	7,54	38	6,61

Fuente: FAO (2017)

Durante la respiración, los peces, al igual que otros animales toman oxígeno y liberan dióxido de carbono. El proceso se realiza por medio de las

branquias en la mayoría de los peces, aunque algunos pueden utilizar la piel y otros poseen pulmones como estructuras que utilizan además de las branquias. Cuando un pez respira, un sorbo de agua a presión fluye desde la boca hasta las cámaras branquiales que se encuentran a cada lado de la cabeza. Las branquias, que se localizan en las hendiduras branquiales, dentro de las cámaras branquiales, consisten en filamentos laminares carnosos seccionados por las extensiones llamadas lamelas. A medida que el agua fluye a través de las branquias, el oxígeno contenido en el agua se difunde en la sangre mediante los vasos sanguíneos presentes en los filamentos y en las lamelas. Simultáneamente el CO_2 presente en la sangre del pez es difundido hacia el agua, el cual será expulsado del cuerpo (Martinez et al., 2015).

Demanda biológica de oxigeno (DBO)

La demanda biológica de oxígeno (DBO) representa la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas, como: *Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en el agua, para Boyd (1998), debe tener valores de 5 mg O_2/L a 20 mg O_2/L (Valenzuela, 2018).

La DBO se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O_2/L). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como DBO5. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla (degradarla) (Valenzuela, 2018).

2.3.1. Definiciones conceptuales

Sistema acuapónico: La acuaponía o agricultura acuapónica es un método que consiste en un sistema de producción sostenible de plantas y

peces que combina la acuicultura tradicional, es decir, la cría de animales acuáticos como peces, cangrejos de río y camarones, con la hidroponía, cultivo de plantas en agua en un medio ambiente simbiótico. En acuicultura, las secreciones de los animales cultivados pueden acumularse en el agua, aumentando su toxicidad; por el contrario, en un sistema de acuaponía, el agua de la acuicultura, que aquí funciona como un subsistema, alimenta al sistema hidropónico, en el que los desechos son descompuestos en nitritos y posteriormente en nitratos por las bacterias de nitrificación (Fernandez, 2012)

Recirculación de agua: En los sistemas acuapónicos recirculan y reutilizan el agua en forma eficaz, por eso también es llamado sistema de recirculación acuícola, que implica un uso más sustentable del agua a través de su recirculación, utilizando al máximo el recurso haciendo a éste un sistema altamente amigable con el medio ambiente y así también nos permite utilizar pequeños espacios para lograr altas producciones (Fernandez, 2012).

Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto expresa el contenido actual (mg/L) o como el contenido de oxígeno que puede presentar el agua a una temperatura determinada. También se conceptualiza como el porcentaje de saturación. La concentración en mg/L, también puede ser expresado en partes por millón (ppm) ya que, un litro equivale a 1000 gramos de agua y un miligramo es una milésima parte de un gramo (California Water Boards, 2013).

Aireación del agua: De acuerdo con Martins et al. (2010), la densificación de los cultivos puede generar preocupación en términos del bienestar de los peces; sin embargo, la capacidad de los sistemas de recirculación de agua para mantener constante la calidad del agua, hace que éstos contribuyan al mejoramiento del bienestar de los animales. Como resultado del reúso del líquido en los sistemas de recirculación se presenta un volumen de efluente mucho menor, pero con elevados niveles de sustancias contaminantes.

Pacotana: La Pacotana es un pez omnívoro, con tendencia a frugívoro, ya que presenta una combinación de dientes muy parecido a los dientes

molariformes de la Gamitana, especializados para triturar alimentos duros como semillas y frutos, siendo posiblemente el factor principal de la robustez de estos carácidos, presentando características muy similares del paco, pero con mayor crecimiento (Martino, 2002).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

En la presente investigación se aplicó los métodos cuantitativos, descripciones estadísticas, análisis de datos y razonamiento inductivo.

3.2. Tipo y nivel de investigación

El trabajo de tesis fue de tipo experimental y aplicado, en vista que se realizó el estudio del comportamiento productivo de Pacotana *(Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* bajo dos sistemas de aireaciones en acuoponia.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo compuesta de peces del hibrido Pacotana (*Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*), que corresponden a una población general de la especie en la región de Ucayali.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por 200 peces del hibrido Pacotana (*Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*), por cada unidad experimental.

3.4. Componentes de estudio

Los sistemas de aireación (aireación por caída y aireación por Blower), comportamiento productivo de la pacotana hibrido Pacotana (*Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*).

3.5. Tratamientos de estudio

Los tratamientos estudiados fueron los siguientes:

Tabla 2. Tratamientos.

Tratamientos	Código	Descripción	Repeticiones (No de peces)
T1	A1B1	Oxigenador Blower	50
T2	A1B2	Caída por gravedad	50

3.6. Diseño experimental

Para la presente investigación se aplicó la Prueba de T de Student, con dos tratamientos y 50 repeticiones, haciendo un total de 100 unidades experimentales.

Asimismo, los pesos y tamaños evaluados mensualmente fueron sometidos a un análisis de Regresión Lineal Simple, con la finalidad de conocer la curva de tendencia de las variables.

3.7. Ejecución del experimento

3.7.1. Ubicación y duración del estudio

El estudio de tesis fue desarrollado en los ambientes del sistema acuapónico, que se encuentra ubicado dentro del Instituto Superior Pedagógico Publico Bilingüe, ubicado en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali, en las siguientes coordenadas:

- Latitud sur: 8°20´54”
- Longitud oeste: 74°34´18”
- Altitud: 155 m.s.n.m.

El proyecto de investigación tuvo una duración de 6 meses, iniciando en el mes de marzo del 2024 y finalizo en el mes de agosto de 2024.

3.7.2. Condiciones ambientales

La temperatura promedio mensual es de 25,7°C. En la Provincia de Coronel de Portillo, la distribución de las lluvias es estacional, observándose una estación lluviosa (enero a abril), una seca (mayo a agosto) y otra semiseca (octubre, noviembre y parte de diciembre). Entre los meses de agosto a octubre, se observa mayor evaporación, debido a la presencia de cielos despejados en estos meses. Pucallpa presenta 1817,8 horas de sol anual; siendo los meses de los meses de febrero y marzo, con menor horas de sol, con 109,2 y 117,4 horas respectivamente, siendo los meses de julio, agosto y septiembre, los que muestran mayores horas de sol, con 200,9, 183,1 y 171,3 horas respectivamente. Pucallpa muestra vientos con baja velocidad en las diferentes épocas del año, siendo la más alta, de 2,2 m/seg, en el mes de Octubre (Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, 2017).

3.7.3. Proceso experimental

Materiales

- Material genético de estudio
  - Pacotana *(Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum).*

- Material y equipo de campo.
  - Malla tipo red
  - Tinas
  - Baldes
  - Tapers
  - Balanza eléctrica
  - Termómetro
  - Blower

  - Tubos de 2”
  - T de 2”
  - Llaves de pase de agua de ½
  - Reducción de 2” a ½
- Insumo
  - Alimento (comercial)

- Material de gabinete
  - Papel Bon A-4
  - Lapiceros
  - Libreta de campo
  - Cámara digital
  - Tablero de apuntes

Procedimientos

Adquisición de materiales

En esta actividad se realizó la recolección de los materiales que se utilizaron para la implementación e instalación del sistema de Oxígeno Disuelto (OD), para que tenga un buen funcionamiento y fueron instaladas en el estanque donde se encontraban los peces del proyecto de investigación.

Instalación del Blower y difusores

Esta actividad consistió en instalar el blower con las tuberías y los difusores para el estanque en donde se desarrollos el trabajo de investigación y así proporcionar una buena oxigenación a esa cama experimental.

Evaluación biométrica

Esta actividad se realizó de manera consecutiva cada 30 días durante todo el proceso de ejecución del proyecto de investigación, teniendo un total de 6 evaluaciones biometrías, realizadas con la finalidad de poder evaluar el comportamiento de los peces en cuanto a su peso y talla, de acuerdo a las condiciones nuevas a las cuales fueron implementados en sus respectivos estanques.

Caracterización del OD (Oxígeno disuelto)

Esta actividad se desarrolló con la ayuda de un kit de análisis de agua cada 15 días teniendo un total de 12 caracterizaciones en toda la ejecución del proyecto de investigación y fue realizado con la finalidad de poder saber con exactitud cuánto de oxígeno disuelto tenia cada estanque.

La tabla 3 muestra los resultados de la caracterización de concentraciones de oxígeno disuelto, en ambos tratamientos de estudio durante 6 meses de evaluación.

Tabla 3. Concentración de oxígeno disuelto.

Trat.	Descripción	Horario	Concentración de oxígeno disuelto (mg/L)										
			Marzo	Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto	
			21/03	5/04	20/04	5/05	20/05	4/06	19/06	4/07	19/07	3/08	18/08
T1	Oxigenador Blower	Mañana	11,2	11,6	10,3	14,3	8,1	8,2	3	10,3	13	12,4	9,5
		Tarde	3,2	17,7	13,5	9,7	5,5	6,9	2	11,3	11	9,1	8,6
T2	Caída por gravedad	Mañana	4,2	3	2	4,6	3,8	3,1	2,1	4,8	4	5,6	3,3
		Tarde	2	2	2,2	1,4	2,4	2,2	1,5	3,5	3,4	4,1	2,1

La tabla 3 muestra las caracterizaciones sobre las concentraciones de oxígeno disuelto en los tanques de crianza de la pacotana, en los cuales se demuestra que, el sistema de aireación por oxigenador blower obtuvo concentraciones superiores a 8,2 en las mañanas y de 5,5 en las tardes, en comparación al sistema de aireación de caída por gravedad, el cual mostro concentraciones entre 2 a 5,6 en la mañana y de 1,4 a 4,1 en las tardes, con

excepción a la fecha 19 de junio, en el cual, se produjo un desperfecto en el sistema de suministro de corriente eléctrica en el sistema de producción acuapónico, motivo por el cual el oxigenador blower dejo de funcionar, registrándose concentraciones de oxígeno disuelto similares al sistema de aireación de caída por gravedad.

Calidad de aguas.

La tabla 4 muestra los resultados de las evaluaciones de calidad de aguas, durante 6 meses de evaluación.

Tabla 4. Calidad de aguas.

Parámetros	Tratamiento	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
pH	Caída por gravedad	7	7,5	7,5	8	8	7,5
	Oxigenador Blower	7	7	8	7,5	8	7,5
Amonio	Caída por gravedad	1,5	1	0,2	0,25	0	0,05
	Oxigenador Blower	0,2	0,5	0	0,25	0,1	0,05
Nitrito	Caída por gravedad	0,1	0,1	0,05	0,4	0,05	0,4
	Oxigenador Blower	0,1	0,2	0,05	0,2	0,005	0,1
Alcalinidad (ppm)	Caída por gravedad	200	250	180	160	260	120
	Oxigenador Blower	200	280	260	200	240	200
Dioxido de carbono (ppm)	Caída por gravedad	35	20	12	25	20	35
	Oxigenador Blower	25	65	20	25	10	35
Dureza (ppm)	Caída por gravedad	100	150	200	120	200	140
	Oxigenador Blower	100	150	200	100	200	140
Temperatura (C°)	Caída por gravedad	29	28	29	23	27	25
	Oxigenador Blower	29	28	29	23,5	27	25

La tabla 4 muestra los valores obtenidos en las evaluaciones realizadas en los meses de marzo a agosto, para los tratamientos estudiados de sistemas de aireación en el cultivo de la pacotana, demostrándose que, en todos los parámetros evaluados, los valores se mantienen estables en los dos sistemas de aireación y en cada mes.

Actividades permanentes

Estas actividades se realizaron de manera frecuente, dentro de los cuales se encuentra, la limpieza de los estanques, limpieza de las tuberías de caída de agua, el recambio de agua que se realizaba dos veces al mes, limpieza del excedente de alimento que se realizaba diariamente.

Alimentación de peces

Esta actividad se realizaba de manera diaria, ya que los peces se alimentaban dos veces al día, con alimento peletizado de origen comercial y se proporcionaban en las mañanas y tardes, para poder tener un control de cuanto alimento se les proporcionaba el alimento era pesado cada vez que se les proporcionaba.

Evaluación de variables

La investigación tuvo una duración de 6 meses, tiempo en el cual se realizaron 12 evaluaciones, con un intervalo de 15 días, teniéndose en cuenta la evaluación de las variables dependientes como: peso de peces e incremento de peso, talla e incremento de talla, consumo de alimento y factor de conversión alimenticia.

Se elaboró una base de datos de Excel, con los resultados obtenidos, en el cual se promediaron los resultados tantos como los de las biometrías (talla y peso), alimentación (promedios diarios y mensuales), análisis de agua (parámetros de agua y ambiente), oxígeno disuelto y temperatura.

3.7.4. Variables evaluadas

Variables independientes

Sistema de aireación de los tanques

T1 = Aireación por caída

T2 = Aireación por Blower

Variables dependientes

- Peso
- Incremento de peso
- Talla
- Incremento de talla
- Factor de conversión alimenticia

Variables independientes

Aireación por caída

Este tipo de sistema de aireación de estanque es el método más frecuente, ya que se emplea solamente con tubos que llega hasta los estanques. Este sistema fue ejecutado en las instalaciones del Instituto Superior Pedagógico Publico Bilingüe, lugar que contó con las condiciones necesarias ya adecuadas para la crianza de peces.

Aireación por Blower

Este tipo de sistema de aireación se utilizó un motor con la cual se generó más OD en el estanque y así se logró mejorar las condiciones para los peces. Sistema que fue implementado y ejecutado en las instalaciones del Instituto Superior Pedagógico Publico Bilingüe, para generar condiciones adecuadas para la crianza de peces.

Variables dependientes

Incremento de talla

Los datos fueron recolectados mediante evaluaciones biométricas que se desarrollaron cada 30 días, de manera progresiva durante el tiempo de ejecución del proyecto de investigación, los datos fueron recolectados en una base de datos con los cuales se obtuvieron resultados progresivos en centímetros. Esta actividad se realizó mediante el proceso biométrico que consistió en sacar los peces en estudio del estanque completamente al azar y a estos peces se procedió a medir con la ayuda de un ictiometro, obteniéndose la medida exacta de cada pez evaluado.

Incremento de peso

Estos datos fueron recolectados mediante evaluaciones biométricas que se desarrollaron cada 30 días, datos que fueron tomados de manera progresiva durante el proceso de ejecución del proyecto de tesis, los datos fueron recolectados en una base de datos con los cuales se obtuvieron resultados progresivos en gramos. Esta actividad fue desarrollada mediante el proceso biométrico que consistió en sacar los peces completamente al azar para luego realizar el pesado con ayuda de una balanza electrónica, obteniéndose con exactitud el peso del pez evaluado.

Incremento de peso y talla

Estos datos son el resultado obtenido a la culminación del proyecto de investigación y con los cuales fueron compararon con los datos de inicio y se pude determinar la ganancia de peso y talla durante todo el proceso del proyecto de investigación.

Consumo de alimento

Los datos fueron obtenidos mediante la alimentación que se brindó a los peces de manera diaria durante en el proceso del proyecto de investigación, alimento que fue pesado y proporcionada 2 veces al día en las mañanas y las tardes, con los datos diarios se pudo sacar promedio mensual.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Incremento de peso mensual

La tabla 5 muestra los resultados del análisis de promedio, para la evaluación del peso de los peces evaluados, realizados al inicio y cada 30 días, durante 6 meses de evaluación.

Tabla 5. Peso de peces por evaluación.

Evaluación	Tratamientos	N	Media (g)	Desviación estándar (g)
Peso 1	Oxigenador Blower	50	53,06 a	,95
	Caída por gravedad	50	57,52 b	1,12
Peso 2	Oxigenador Blower	50	57,26 a	,96
	Caída por gravedad	50	66,82 b	1,36
Peso 3	Oxigenador Blower	50	82,48 a	1,12
	Caída por gravedad	50	83,54 b	1,05
Peso 4	Oxigenador Blower	50	95,92 a	,82
	Caída por gravedad	50	101,82 b	12,57
Peso 5	Oxigenador Blower	50	103,80 a	27,65
	Caída por gravedad	50	108,02 b	,82
Peso 6	Oxigenador Blower	50	157,78 a	1,55
	Caída por gravedad	50	121,76 b	1,11
Peso 7	Oxigenador Blower	50	198,24 a	1,50
	Caída por gravedad	50	126,62 b	1,06

La tabla 5 muestra que, en la primera evaluación, no se observaron diferencias significativas entre los sistemas de aireación estudiados. En la segunda evaluación, el sistema de aireación de caída por gravedad mostro mejor peso de peces en comparación con el sistema de oxigenador blower.

En la tercera, cuarta y quinta evaluación, no se observaron diferencias significativas entre los sistemas de aireación estudiados.

En la sexta y séptima evaluación, el sistema de aireación por oxigenador blower mostró mejor peso de peces en comparación con el sistema de aireación de caída por gravedad, como se muestra en el cuadro.

4.2. Incremento de peso total

En la tabla 6 se muestran el resultado del análisis de acuerdo a los promedios, para el incremento de peso de los peces evaluados, durante todo el período de ejecución de la investigación.

Tabla 6. Incremento de peso.

Evaluación	Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Incremento de peso	Oxigenador Blower	50	145,18 g	1,650	,233
	Caída por gravedad	50	69,10 g	1,329	,188

La tabla 6 muestra que, el sistema de aireación por oxigenado blower mostró mayor incremento de peso de peces en comparación con el sistema de aireación de caída por gravedad, mostrándose diferencias significativas entre los tratamientos estudiados.

4.3. Análisis de regresión del incremento de peso

4.3.1. Análisis de regresión del Peso en el tratamiento con oxigenador Blower

En la tabla 7 se muestran el resultado del análisis de regresión de peso del tratamiento con oxigenador Blower, para los promedios de peso de los peces evaluados, durante todo el período de ejecución de la investigación.

Tabla 7. Análisis de regresión del tratamiento con oxigenador Blower.

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	12,949	14,942		,867	,426
	Evaluación	23,496	3,341	,953	7,032	,001

a. Variable dependiente: T1 = Oxigenador Blower

La tabla 7 muestra que, para la variable dependiente correspondiente al tratamiento Oxigenador Blower analizado, existen diferencias significativas, observándose que los promedios de resultados de las evaluaciones de peso, en las 7 evaluaciones, corresponden a una regresión lineal, como se muestra en la figura 1.

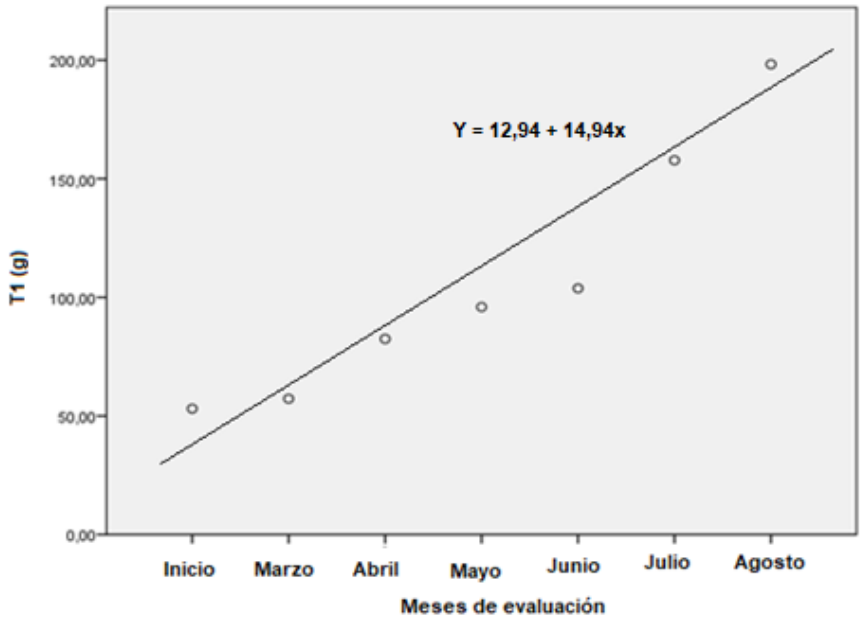


Figura 1. Gráfico de dispersión de los pesos del tratamiento con oxigenador Blower.

4.3.2. Análisis de regresión del Peso en el tratamiento caída por gravedad

En la tabla 8 se muestran el resultado del análisis de regresión de peso del tratamiento con caída por gravedad, para los promedios de peso de los peces evaluados, durante todo el período de ejecución de la investigación.

Tabla 8. Análisis de regresión del tratamiento con caída por gravedad.

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	46,349	3,645		12,716	,000
	Evaluación	12,202	,815	,989	14,972	,000

a. Variable dependiente: T2 = Caída por gravedad

La tabla 8 muestra que, para la variable dependiente correspondiente al tratamiento caída por gravedad analizado, existen diferencias significativas, observando que los promedios de resultados de las evaluaciones de peso, en las 7 evaluaciones, corresponden a una regresión lineal, como se muestra en la figura 2.

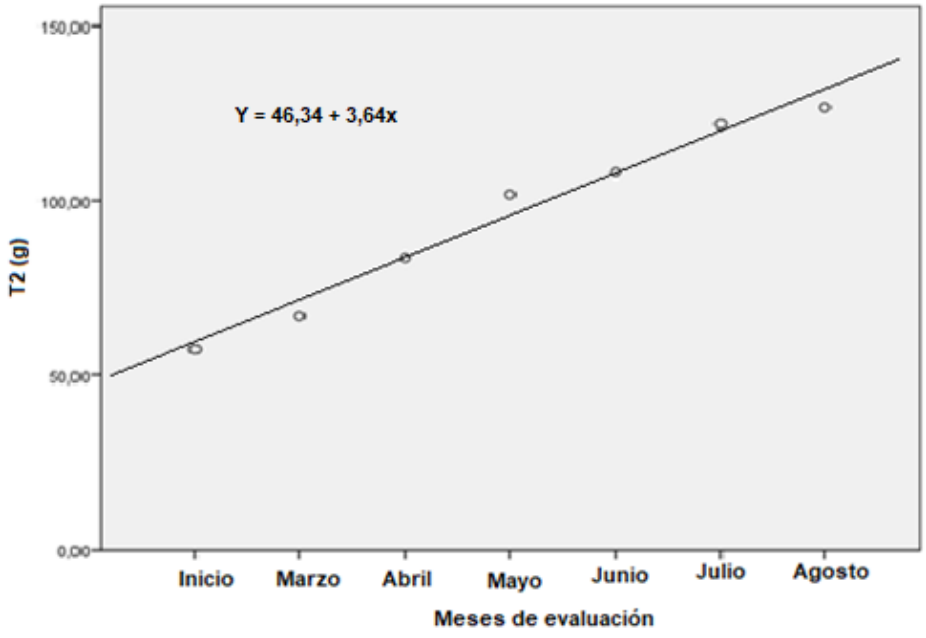


Figura 2. Gráfico de dispersión de los pesos del tratamiento con caída por gravedad.

4.4. Talla de peces por evaluación

La tabla 9 muestra los resultados del análisis de acuerdo a los promedios, de talla de los peces evaluados, realizados al inicio y cada 30 días, durante 6 meses de evaluación.

Tabla 9. Talla de peces por evaluación.

Evaluaciones	Tratamientos	n	Media (cm)	Desviación estándar (cm)
Talla1	Oxigenador Blower	50	13,54 a	,61
	Caída por gravedad	50	12,70 b	,70
Talla2	Oxigenador Blower	50	15,16 a	,58
	Caída por gravedad	50	15,02 a	,65
Talla3	Oxigenador Blower	50	16,54 a	,86
	Caída por gravedad	50	16,32 a	,79
Talla4	Oxigenador Blower	50	17,90 a	1,03
	Caída por gravedad	50	17,50 a	,81
Talla5	Oxigenador Blower	50	19,06 a	,79
	Caída por gravedad	50	18,54 b	,76
Talla6	Oxigenador Blower	50	24,96 a	30,90
	Caída por gravedad	50	19,94 b	,97
Talla7	Oxigenador Blower	50	23,74 a	,66
	Caída por gravedad	50	22,00 b	1,24
Incremento de talla	Oxigenador Blower	50	10,20 a	1,01
	Caída por gravedad	50	9,30 b	1,56

En la tabla 9 se muestra que, en la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta evaluación, no se observaron diferencias significativas entre los sistemas de aireación estudiados. En la sexta y séptima evaluación, el sistema de aireación con oxigenador blower mostro mejor talla de peces en comparación con el sistema de oxigenación de caída por gravedad.

4.5. Incremento de talla

En la tabla 10 se muestra los resultados del análisis, para el incremento de talla de los peces evaluados, durante todo el proceso de ejecución del proyecto de investigación.

Tabla 10. Incremento de talla.

Evaluaciones	Tratamientos	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Incremento de talla	Oxigenador Blower	50	10,20 cm	1,010	,143
	Caída por gravedad	50	9,30 cm	1,568	,222

En la tabla 10 se muestra que, el sistema de aireación por oxigenado blower mostró mayor incremento de talla de peces en comparación con el sistema de aireación de caída por gravedad, mostrándose diferencias significativas entre los tratamientos estudiados.

4.6. Análisis de regresión de la talla

4.6.1. Análisis de regresión de talla en el tratamiento con oxigenador blower

En la tabla 11 se muestran el resultado del análisis de regresión del tratamiento con oxigenador Blower, para los promedios de peso de los peces evaluados, durante todo el período de ejecución de la investigación.

Tabla 11. Análisis de regresión del tratamiento con oxigenador Blower.

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Error estándar	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	11,169	1,190		9,383	,000
	Evaluación	1,883	,266	,954	7,074	,001

a. Variable dependiente: T1 = Oxigenador Blower

La tabla 11 muestra que, para la variable dependiente correspondiente al tratamiento Oxigenador Blower analizado, existen diferencias significativas, observando que los promedios de resultados de las evaluaciones de talla, en

las 7 evaluaciones, corresponden a una regresión lineal, como se muestra en la figura 3.

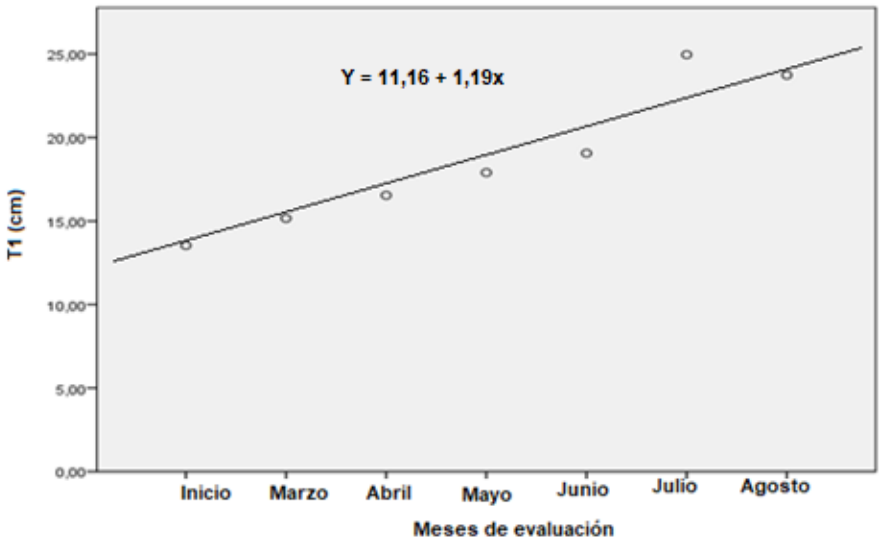


Figura 3. Gráfico de dispersión de las tallas del tratamiento con oxigenador Blower.

4.6.2. Análisis de regresión de talla en el tratamiento caída por gravedad

En la tabla 12 se muestran el resultado del análisis de regresión del tratamiento con caída por gravedad, para los promedios de peso de los peces evaluados, durante todo el período de ejecución de la investigación.

Tabla 12. Análisis de regresión del tratamiento con caída por gravedad.

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	11,723	,339		34,538	,000
	Evaluación	1,427	,076	,993	18,804	,000

a. Variable dependiente: T2 = Caída por gravedad

La tabla 12 muestra que, para la variable dependiente correspondiente al tratamiento caída por gravedad analizado, existen diferencias significativas,

observando que los promedios de resultados de las evaluaciones de talla, en las 7 evaluaciones, corresponden a una regresión lineal, como se muestra en la figura 4.

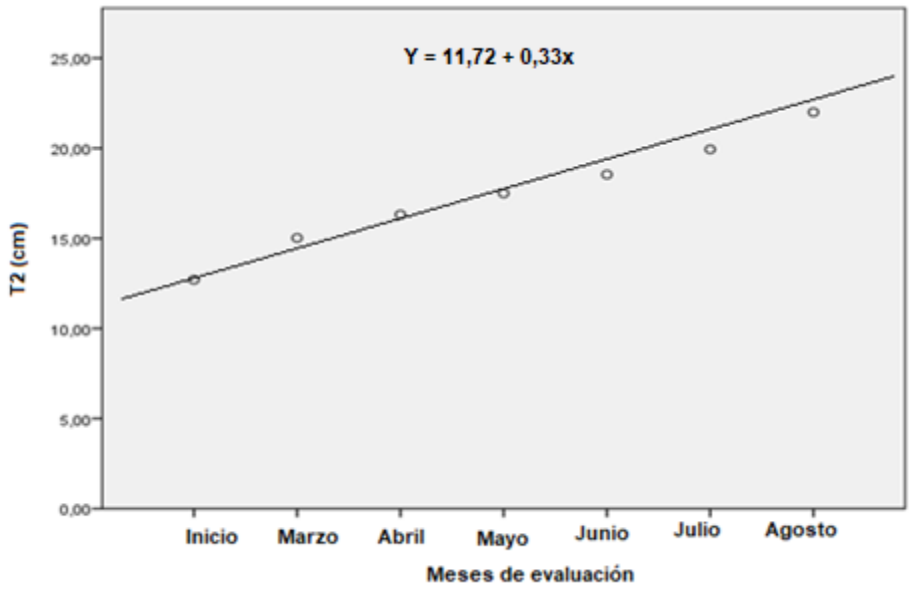


Figura 4. Gráfico de dispersión de las tallas del tratamiento con caída por gravedad.

4.7. Conversión alimenticia

En la tabla 13 se muestran el consumo total de alimento balanceado y el factor de conversión alimenticia, para cada sistema de aireación estudiado.

Tabla 13. Consumo de alimento y FCA.

Tratamientos	Descripción	Consumo total de alimento (kg)	FCA
1	Oxigenador Blower	14,474 kg	2,03
2	Caída por gravedad	13,814 kg	3,90

En la tabla 13 se muestra el total del consumo de alimento que se brindó a los peces evaluados, durante el desarrollo del proyecto de investigación, en el cual, se aprecia mayor consumo de alimento balanceado en los peces

correspondiente al sistema de aireación de oxigenador blower, en comparación con el sistema de aireación de caída por gravedad.

Asimismo, en la tabla 13 se muestra que, el Factor de Conversión Alimenticia, muestra el mejor índice en el sistema de aireación por oxigenador blower, en comparación con el sistema de aireación de caída por gravedad, como se muestra en la siguiente figura.

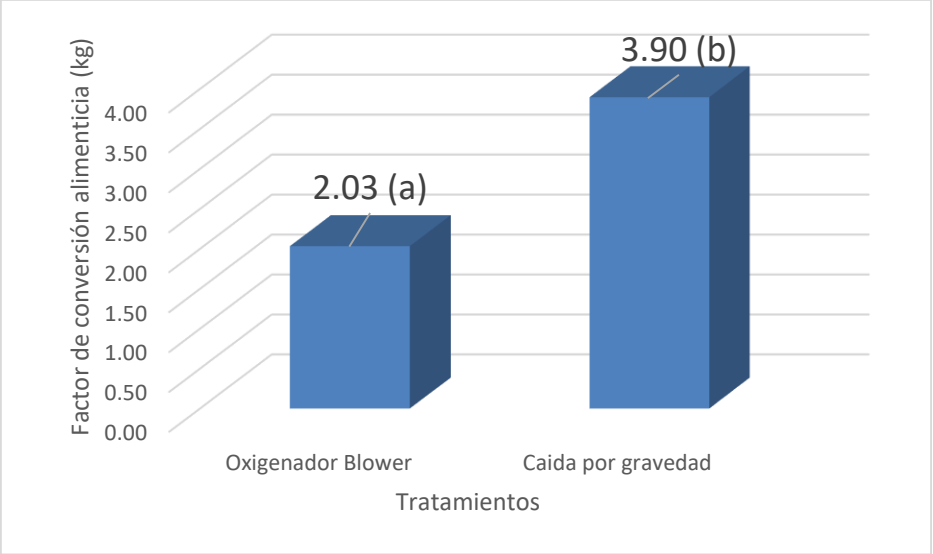


Figura 5. Factor de conversión alimenticia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Boyd (2004) conceptualiza a la calidad del agua como la agrupación de variables físicas y variables químicas que muestran influencia sobre la capacidad productiva de especies hidrobiológicas; teniendo en cuenta que, las actividades de manejo de la crianza de peces buscan mantener estas variables en valores apropiados. La temperatura, oxígeno disuelto, pH, amonio no ionizado y el nitrato son parámetros que determinan la calidad del agua y, por ende, el desarrollo de los peces. Pérez et al. (2015), en su estudio "Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos" obtuvo valor máximo del Oxígeno Disuelto en el cultivo monosexual, en rangos de 8,10 mg/L a 1,41 mg/L, y en ambos sexos tuvieron rangos de 6,91 mg/L a 1,57 mg/L, afirmándose que, la tilapia soporta bajas concentraciones, aproximadamente 1 mg/l, e incluso en períodos cortos valores menores, provocando que a menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, afectando el crecimiento de los peces, siendo los valores de oxígeno disuelto más conveniente son valores mayores de 2 ó 3 mg/L.

Hace 30 años, Brett (1979), citado por Martinez et al. (2009) observó que altas densidades de organismos hidrobiológicos por unidad de volumen de agua, así como bajas concentraciones de oxígeno disminuían el crecimiento y eficiencia de conversión de alimento de los animales cultivados. Esto se debe a que no hay la cantidad suficiente de oxígeno para el metabolismo oxidativo de los nutrientes ni para obtener la cantidad de energía necesaria para cubrir todas las necesidades. El problema de la densidad se presenta solo bajo condiciones de cultivo, al haber un elevado número de organismos por unidad de volumen hay un mayor consumo de oxígeno y de alimento, mayor producción de metabolitos tóxicos y menor espacio entre organismos; todo esto conlleva estrés al organismo, lo cual representa un aumento adicional a la demanda energética, afectando negativamente el crecimiento (Costas y col, 2007)

Rivas et al. (2021) estudio el efecto de las tasas de recambio sobre las características físico químicas del agua, rendimiento productivo y modelo de ajuste de crecimiento de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* spp.), demostró que el recambio diario de 25% del agua favoreció el crecimiento de los juveniles de tilapia roja, en masa y longitud final de 12,16 g y 8,81 cm, respectivamente, observándose a su vez, menores valores promedios de temperatura y nitratos, y valores más elevados de oxígeno disuelto y amonio no ionizado.

Poelo et al. (2011) evaluaron la tolerancia de *Piaractus brachypomus*, en cultivos con altas densidades en sistemas cerrados, demostrándose que, los peces en tanques con cero recambios de agua, crecieron a una tasa de 2,34±0,05 g/día, y tuvieron conversión alimenticia de 1,5±0,06, y peso final de 449,5±99 g. En el sistema con circulación a través de un bioclarificador, los peces crecieron 2,33±0,03 g/día, con conversión alimenticia de 1,6±0,07, y peso final de 446,5±10 g, concluyéndose que *P. brachypomus* puede ser cultivado en sistemas cerrados con cero recambios de agua en altas densidades.

López y Anzoátegui (2012) evaluaron la ganancia en peso del híbrido cachamoto (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) criados en un sistema de recirculación de agua. La crianza de peces se realizó en tres tanques tipo australianos, sembrándose 2000 peces en cada tanque, con un peso inicial de 3,433±1,504 g, observándose ganancia en peso de 627,567±43,726 g, en 210 días de crianza, obteniéndose 651,3±14,402 g como peso final. La tasa de conversión alimenticia obtenida fue de 1,6±0,642. Los parámetros físico químicos del agua fueron O.D 8,246±3,708 mg. l-1, pH 7,904±0,540, Temperatura 30,186±0,949 ºC, NH4+0.360±0.215 mg. l-1, NH3 0,065±0,026 mg. l-1 y NO2- 0,073±0,059 mg. l-1, siendo estos valores los mínimos aceptables para la especie. El crecimiento de la especie responde favorablemente al cultivo en sistemas de recirculación de agua.

Montaña (2009) afirma que, la producción en las granjas acuícolas depende del balance entre los factores bióticos (organismos acuáticos) y los factores abióticos (oxígeno disuelto, temperatura, pH entre otros), y que, debido a la mala calidad del agua, se ha incrementado la aparición de problemas sanitarios,

afectando el desarrollo y crecimiento de especies de cultivo, lo que ha traído como consecuencia que los peces sufran condiciones de baja concentración de oxígeno, y alta concentración de sólidos suspendidos que ocasionan generalmente la muerte.

Asimismo, es preciso señalar que, el concepto fundamental de la acuaponía radica en la combinación de la acuicultura (producción de organismos acuáticos) y la hidroponía (cultivo de plantas sin suelo), utilizando sistemas que recirculan agua y nutrientes. En este modelo acuapónico, el alimento dado a los peces actúa como la fuente de energía para el sistema, proporcionando los nutrientes que necesitan para su desarrollo y supervivencia. Al igual que otros organismos, los peces aprovechan lo necesario del alimento y excretan los compuestos que les sobran, junto con los productos resultantes de su metabolismo. Estos desechos y los restos de alimento no ingeridos sirven de sustrato para bacterias, hongos y microalgas, que extraen los nutrientes para proliferar. Esta interacción permite transformar desechos tóxicos, como el nitrito de amonio, en nitratos, los cuales las plantas utilizan para crecer, generar biomasa y producir frutos ricos en nutrientes, que es el objetivo principal de un sistema destinado a la producción de plantas (Gómez et al., 2022). Los sistemas de producción acuapónico son bastante recientes en comparación con las prácticas agrícolas y acuícolas tradicionales. Hay una amplia variedad de especies vegetales y animales que se pueden cultivar en diversos diseños y escalas, que se ajustan según las necesidades. La acuaponía tiene el potencial de abordar varios problemas, como la seguridad alimentaria, la reducción de impactos ambientales, el impulso al desarrollo económico y la mejora del bienestar social (Valdéz et al., 2023).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos propuestos, se concluye:

- Se determinó el efecto de los sistemas de aireación en el comportamiento productivo de Pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico.
- En cuanto al efecto del sistema de aireación de caída por gravedad en el comportamiento productivo de Pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico, se demostró valores bajos para el peso, incremento de peso, talla, incremento de talla, consumo total de alimento y factor de conversión alimenticia, debido a la baja concentración de oxígeno disuelto en el tanque de crianza.
- En cuanto al el efecto del sistema de aireación por oxigenador blower en el comportamiento productivo de Pacotana (*Piaractus brachypomus x Colossoma macropomum)* en un sistema acuapónico, se demostró valores superiores para el peso, incremento de peso, talla, incremento de talla, consumo total de alimento y factor de conversión alimenticia, debido a la mayor concentración de oxígeno disuelto en el tanque de crianza.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Recomendar la instalación del sistema de aireación con oxigenador blower para la crianza de peces en un sistema acuapónico

- Estudiar el efecto del sistema de aireación en otras especies hidrobiológicas como: la liza, el paco, la gamitana, el boquichico, entre otras especies, en un sistema acuapónico.

- Estudiar el efecto de difusores como diferentes tamaños de burbuja (6 mm, 3 mm, 1 mm), en un sistema acuapónico.

- Se recomienda que estos sistemas de aireación se implementen en diferentes ambientes de crianza de especies acuícolas para el aprovechamiento de ganancia de peso en menor tiempo.

- Se recomienda que al utilizar este tipo de sistema de aireación se implemente paneles solares para que el sistema se desarrolle de manera adecuada en lugares alejados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera Morales, M. E., Hernández Sánchez, F., Mendieta Sánchez, E., Herrera Fuentes, C. (2012). PRODUCCIÓN INTEGRAL SUSTENTABLE DE ALIMENTOS (en línea) Ra Ximhai, vol. 8, núm. 3, septiembre-diciembre, (2012), pp. 71-74 Redalyc.PRODUCCIÓN INTEGRAL SUSTENTABLE DE ALIMENTOS

Aisalla Toaquiza, D. L., (2024), " Diseño e implementación de un sistema IoT para el monitoreo de pH, Oxígeno disuelto, turbidez y temperatura en el acuicultivo de trucha agua cristalinas en la parroquia de pungalá" (en línea) http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/23202

Alva, S. G., Rojas, G. J. (2019). "Estimación del déficit de oxígeno disuelto usando el modelo Streeter y Phelps en la cuenca baja del rio Moche" (en línea) https://hdl.handle.net/20.500.12692/40048

Amlan International. (2020). "Los beneficios del alimento Peletizado y Consideraciones Sobre la Dieta Relacionadas" (en línea) https://amlan.com/mx-es/blog/the-benefits-of-pelleting-feed-and-related-diet-considerations/

BIOAQUAFLOC. (2022). "¿Que es la Acuoponia? Definición y antecedentes del sistema Acuaponico" (en línea) https://www.bioaquafloc.com/que-es-la-acuaponia/

BIOAQUAFLOC. (2019). "Tipos de modelos de Acuapónicos" (en línea) https://www.bioaquafloc.com/tipos-de-modelos-acuaponicos/

Bosstech. (2014). "Conoce las ventajas de los distintos tipos de sistemas de aireación para estanques" (en línea) https://bosstech.pe/tipos-sistemas-aireacion-estanques/

Bouchon C, M., Ñiquen, C. M., Mori, P. J., Echevarria, C. A. y Cahuin, V, A. (2002). MANUAL DE MUESTREO DE LA PESQUERIA PELAGICA, p.05. Instituto del Mar del Perú (IMARPE) (en línea)

https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/907/1/IP%20157.pdf

Boyd, C. E. (1998). Water quality for pond aquaculture. Aurbn : International Center for aquaculture and Aquatic Environment Alabama Aqucultural Experiment station. https://books.google.com.pe/books/about/Water_Quality_for_Pond_Aquaculture.html?id=NzkOHQAACAAJ&redir_esc=y

Boyd, C. (2004). Considerations on water quality and soil in shrimp culture. Alabama USA. 30 p. https://archimer.ifremer.fr/doc/2004/publication-1866.pdf

Boyd, C. E., Lichtkoppler, F. (1979). Water quality management in pond Fish Culture. Auburn-Alabama: Research and Development Series No. 22 Project: AID/DSANG 0039. Obtenido de file:///C:/Users/RICARDO/Downloads/0192FISH%20(2).pdf

Carchipulla, L. V. (2018). “Importancia del oxígeno disuelto para mejorar la calidad de agua en estanques de camarón Blanco *(Litopenaeus vannamei)*. https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12905

California Water Boards. (2013). Obtenido de State water resources control board: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf

Costas, B., Aragão, C., Mancera, J.M., Dinis, M.T., Conceição, L.E.C. (2007). High stocking density induces crowding stress and affects amino acid metabolism in Senegalese sole Solea senegalensis (Kaup 1858) juveniles. Aquaculture Research 39:1-9.

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2109.2007.01845.x

Cruz, C. T. (2021). “Influencia de la precipitación sobre el oxígeno disuelto y temperatura, en la quebrada Misquiyaquillo; Moyobamba” (en línea) http://hdl.handle.net/11458/4109

FAO. (1980). “Método para la determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales y residuales”. https://faolex.fao.org/docs/pdf/mex52031.pdf

FAO (The State of World Aquaculture). (2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries Department, Rome. 2010. 5p. https://www.fao.org/4/i1820e/i1820e00.htm

FAO. (2017). Site Selection For Aquaculture CHEMICAL FEATURES OF WATER. http://www.fao.org/docrep/field/003/AC183E/AC183E04.htm

Fernández Lozano, J. (2012). Secretaria de comercio interior Corporación del mercado central de Buenos Aires. Gerencia de Calidad y Tecnología. P. 11.pdf. “La producción de hortalizas en Argentina”. Disponible en: http://www.mercadocentral.gob.ar/ziptecnicas/la_produccion_de_hortalizas_en_argentina.pdf

Floyd, R. F. (1992). Dissolved oxygen for fish production. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural sciences, University of Florida 27: 1-3.

https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FA002

García Castillo, G. A., Pérez Peñaloza, D.R. (2019). Sistema acuaponico como alternativa sustentable para la agricultura y la piscicultura actual. Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d375ddf9-792f-4372-882e-b49adf023c16/content

Gobierno Regional de Junín. (2020). “Consumo del paco pez nativo en la selva central, Refuerza sistema inmunológico” (en línea) http://www.regionjunin.gob.pe/noticia/id/2020101208_consumo_del_paco_pez_nativo_en_selva_central_refuerza_sistema_inmunologico/

Gómez, M. A. C., Marchena, M. H., González, J. A. L., Buitrago, I. D. L., Bernal, R. A. B., & Pombo, J. R. (2022). Los sistemas acuapónicos como fuente de alimento con la implementación de nuevas tecnologías. Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa, 2(1), 245-256.

https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8916582

Guerra, H. F., Alcántara, F. B., Sánchez, H. R., Avalos, S. Q. (1992). Hibridación de paco, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) por gamitana, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) en Iquitos- Perú. Folia Amazónica, 4 (1), 107-114.

https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/182

HANNA instruments. (2020). “Importancia del oxígeno disuelto en piscicultura” (en línea) https://www.hannacolombia.com/aqua/blog/item/importancia-del-oxigeno-disuelto-en-piscicultura

Hoyos, R. A., Lainas, A. E. (2016). “Crecimiento de Pacotana *(Piaractus brachypomus x Colossoma Macropomum)* bajo la modalidad de policultivo con “tilapia hibrida” *(Oreochromis aureus x Oreochromis niloticus var. Chitralada)* en estantes seminaturales”

https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/774

INTAGRI. (2017). Acuaponía para la Producción de Plantas y Peces. Serie Horticultura Protegida Núm. 32. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p (en línea) https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces

Lema Ilguán, A., Padilla Calle, S., Altamirano Santillan, E., Vallejo Vallejo, G., Velastegui Novoa, H., (2017). “Implementacion de un sistema automatizado

de bombeo de agua para la generación de oxigeno artificial utilizando enegia solar para piscicultura en la finca EL PORVENIR en ecuador" (en línea) https://www.polodelconocimiento.com/

López, P., & Anzoátegui, D. (2012). Crecimiento del hibrido Cachamoto (*Colossoma Macropomum* x *Piaractus Brachypomus*) en un sistema de recirculación de agua. Zootecnia Tropical, 30(4), 351-360. Disponible en: https://ve.scielo.org/pdf/zt/v30n4/art06.pdf

Losordo, T. M., Masser, P. M., Rakocy, J. E. (1992). An overview of critical considerations. Recirculating aquaculture tank production systems. Southern Regional Aquaculture Center 451: 1-7

https://www.researchgate.net/publication/303197677_Recirculating_aquaculture_tank_production_systems_an_overview_of_critical_considerations

Martins, C., Eding, E., Verdegem, M., Heinsbroek, L., Schneider, O., Blancheton, J., Roque d'Orbcastel, E., Verreth, J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. Aquacultural Engineering 43 (3): 83-93.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S01448609

Martínez Porchas, M., Martínez Córdova, L. R., Ramos Enríquez, R. (2009). Dinámica de crecimiento de peces y crustáceos. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria, 10(10), 1-16.

https://www.redalyc.org/pdf/636/63617128022.pdf

Martinez Suarez, J. L., Perez Delgado, A., Sanchez Armas, S. E., Diaz Orejan, E. T. (2015). Propuesta de un medidor de oxigeno disuelto en cultivos de Tilapia. Puebla- México: Universidad Tecnológica de Tehuacan.

https://ipsumtec.itmilpaalta.edu.mx/uploads/2023/6-5/v6_5-7.pdf

Martino, G. (2002). Retrocruce de hembras híbridas (F1) (Colossoma macropomun x Piaractus brachypomus) con machos de las especies parentales. I Congreso Iberoamericano virtual de Acuicultura CIVA Venezuela.

https://www.scielo.sa.cr/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S0034

McGee, M. Cichra, C. (2000). Principles of water recirculation and filtration in aquaculture. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences 12: 1-4.

https://ufdcimages.uflib.ufl.edu/IR/00/00/17/88/00001/FA05000.pdf

Montaña, C. A. (2009). Crecimiento y sobrevivencia en el levante de alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en sistemas cerrados de recirculación de agua. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias Biología Aplicada. Santa Fe de Bogotá D.C

https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/ed13c1dc-a4f8-4189-b060-924d27c067af/content

Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (2017). Actualización del plan de desarrollo urbano de Coronel Portillo incluye distritos conurbanos de Calleria, Yarinacocha y Manantay 2017 – 2027.

https://municportillo.gob.pe/images/pdf/doc2018/pdu17-27/planod/p_topograficocp.pdf

NALCO chemical company, K. F., & McCallion, J. (1989). Manual del agua: su naturaleza, tratamiento y aplicaciones (Vol. II). México: McGRAW-HILL.

https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:35585/Description

Parker, R. (2002). Acuaculture science. United States of America. 7- 65.

Peña, P. E. (2007). Calidad de agua Trabajo de Investigación “Oxígeno Disuelto (OD). (en línea)

https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf

Pérez, M., Sáenz, M., Martínez, E. (2015). Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo monosexual y ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos. Universidad (León). Revista Científica de la UNAN-León. Vicerrectoría de Investigación, Postgrados y Proyección Social, 6(1), 66-70.

https://ageconsearch.umn.edu/record/232908/?v=pdf

PLAN REGIONAL ACUICOLA. (2021). “Concertando y planificando para desarrollar la acuicultura en la Región de Ucayali”.

https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2021/09/PRA-ACUICOLA-UCAYALI-11.pdf

Poleo, G., Aranbarrio, J. V., Mendoza, L., Romero, O. (2011). Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 46, 429-437. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400013

PRODUCE. (2011). “Panorama de la Acuicultura Mundial, América Latina y el caribe y en el Perú” (en línea)

https://es.slideshare.net/hlarrea/produce-acuicultura

Rivas Salazar, D., Silva Acuña, R., Barrios Maestre, R., Noriega Salazar, A., (2021). Recambio de agua, su efecto sobre características físico-químicas y crecimiento en juveniles de tilapia roja. *Revista ESPAMCIENCIA*, *12*(1), 8-16.

https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8278223

Rocca, M. L. (2018). “Variación del oxígeno disuelto y su influencia como indicador de calidad de agua en Bahía Independencia – pisco” (en línea) https://hdl.handle.net/20.500.12692/78661

Salazar, G. A. (2001). Consideraciones generales sobre acuicultura. Fundamentos de acuacultura continental, 1-10. Grafimpresos Quintero, Bogotá, Colombia.

http://www.scielo.org.co/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S0120-06902013000300008000027&lng=es&pid=S0120-06902013000300008

Sociedad Nación de Pesquería. (2022). ACUICULTURA (en línea) https://www.snp.org.pe/acuicultura/#:~:text=La%20acuicultura%20o%20acuacultura,seg%C3%BAn%20lo%20define%20la%20FAO

Stickney, R.R. (2000). Enciclopedia of Aquaculture. John Wiley and Sons, Inc. Texas, State United of America.

https://www.wiley.com/en-us/Encyclopedia+of+Aquaculture-p-9780471291015

Valdez Martínez, D., Soto Alcalá, J., & Hernández Sandoval, P. (2023). Contribución de los sistemas acuapónicos en los objetivos del desarrollo sostenible y su relación con el COVID-19. Revista Ra Ximhai, 19(3 Especial), 83–103.

https://doi.org/10.35197/rx.19.03.2023.04.dv

Valenzuela Vargas, R. (2018). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (Oreochromis sp.). Tesis para optar al título de Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana.

Dialnet-EvaluacionPreliminarDeUnSistemaDeRecirculacionDeAg-6661887(1).pdf

ANEXOS

Tabla 14. ANVA de la prueba de T para el peso de peces e incremento de peso de las diferentes evaluaciones.

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Peso1	Se asumen varianzas iguales	5,097	,026	-21,312	98	,000	-4,460	,209	-4,875	-4,045
	No se asumen varianzas iguales			-21,312	95,415	,000	-4,460	,209	-4,875	-4,045
Peso2	Se asumen varianzas iguales	8,465	,004	-40,428	98	,000	-9,560	,236	-10,029	-9,091
	No se asumen varianzas iguales			-40,428	88,164	,000	-9,560	,236	-10,030	-9,090
Peso3	Se asumen varianzas iguales	,338	,562	-4,853	98	,000	-1,060	,218	-1,493	-,627
	No se asumen varianzas iguales			-4,853	97,536	,000	-1,060	,218	-1,494	-,626
Peso4	Se asumen varianzas iguales	2,636	,108	-3,312	98	,001	-5,900	1,782	-9,436	-2,364
	No se asumen varianzas iguales			-3,312	49,426	,002	-5,900	1,782	-9,480	-2,320

Peso5	Se asumen varianzas iguales	18,615	,000	-1,078	98	,283	-4,220	3,913	-11,985	3,545
	No se asumen varianzas iguales			-1,078	49,086	,286	-4,220	3,913	-12,083	3,643
Peso6	Se asumen varianzas iguales	7,968	,006	133,000	98	,000	36,020	,271	35,483	36,557
	No se asumen varianzas iguales			133,000	88,910	,000	36,020	,271	35,482	36,558
Peso7	Se asumen varianzas iguales	8,496	,004	274,403	98	,000	71,620	,261	71,102	72,138
	No se asumen varianzas iguales			274,403	88,293	,000	71,620	,261	71,101	72,139
Incremento de peso	Se asumen varianzas iguales	2,098	,151	253,957	98	,000	76,080	,300	75,485	76,675
	No se asumen varianzas iguales			253,957	93,739	,000	76,080	,300	75,485	76,675

Tabla 15. ANVA de la prueba de T para la talla de peces e incremento de talla de las diferentes evaluaciones.

		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Talla1	Se asumen varianzas iguales	,887	,349	6,346	98	,000	,840	,132	,577	1,103
	No se asumen varianzas iguales			6,346	96,072	,000	,840	,132	,577	1,103
Talla2	Se asumen varianzas iguales	,004	,949	1,129	98	,262	,140	,124	-,106	,386
	No se asumen varianzas iguales			1,129	96,764	,262	,140	,124	-,106	,386
Talla3	Se asumen varianzas iguales	,839	,362	1,327	98	,187	,220	,166	-,109	,549
	No se asumen varianzas iguales			1,327	97,340	,187	,220	,166	-,109	,549
Talla4	Se asumen varianzas iguales	,365	,547	2,148	98	,034	,400	,186	,030	,770
	No se asumen varianzas iguales			2,148	92,859	,034	,400	,186	,030	,770
Talla5	Se asumen varianzas iguales	,407	,525	3,344	98	,001	,520	,155	,211	,829

	No se asumen varianzas iguales			3,344	97,839	,001	,520	,155	,211	,829
Talla6	Se asumen varianzas iguales	3,454	,066	1,148	98	,254	5,020	4,373	-3,658	13,698
	No se asumen varianzas iguales			1,148	49,098	,257	5,020	4,373	-3,767	13,807
Talla7	Se asumen varianzas iguales	15,999	,000	8,717	98	,000	1,740	,200	1,344	2,136
	No se asumen varianzas iguales			8,717	74,791	,000	1,740	,200	1,342	2,138
Incremento de talla	Se asumen varianzas iguales	17,593	,000	3,412	98	,001	,900	,264	,376	1,424
	No se asumen varianzas iguales			3,412	83,691	,001	,900	,264	,375	1,425

Tabla 16. ANVA del análisis de regresión simple para el peso de peces en el tratamiento con oxigenador blower.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	15458,300	1	15458,300	49,456	,001[b]
	Residuo	1562,843	5	312,569		
	Total	17021,144	6			

a. Variable dependiente: T1 = Oxigenador Blower

b. Predictores: (Constante), Evaluación

Tabla 17. ANVA del análisis de regresión simple para el peso de peces en el tratamiento con oxigenador blower.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	4168,984	1	4168,984	224,158	,000[b]
	Residuo	92,992	5	18,598		
	Total	4261,976	6			

a. Variable dependiente: T2 = Caída por gravedad

b. Predictores: (Constante), Evaluación

Tabla 18. ANVA del análisis de regresión simple para la talla de peces en el tratamiento con oxigenador blower.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	99,264	1	99,264	50,046	,001[b]
	Residuo	9,917	5	1,983		
	Total	109,182	6			

a. Variable dependiente: T1 = Oxigenador Blower

b. Predictores: (Constante), Evaluación

Tabla 19. ANVA del análisis de regresión simple para la talla de peces en el tratamiento con caída por gravedad.

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	57,029	1	57,029	353,575	,000[b]
	Residuo	,806	5	,161		
	Total	57,835	6			

a. Variable dependiente: T2 = Caída por gravedad

b. Predictores: (Constante), Evaluación



Figura 6. Instalación de Blower.



Figura 7. Instalación de tuberías para el funcionamiento del Blower.



Figura 8. Limpieza de difusores.



Figura 9. Instalación de difusores.



Figura 10. Limpieza de los tubos de caída por gravedad.



Figura 11. Alimentación de los peces.



Figura 12. Limpieza de estanques.



Figura 13. Evaluación de análisis de agua.



Figura 14. Biometrías de los peces.



Figura 15. Supervisión de jurados de tesis.