

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



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**APLICACIÓN DE DOS SISTEMAS DE AIREACIÓN Y
TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA ETAPA DE
CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE PACO (*Piaractus
brachypomus*), PROVINCIA DE RODRÍGUEZ DE
MENDOZA, AMAZONAS**

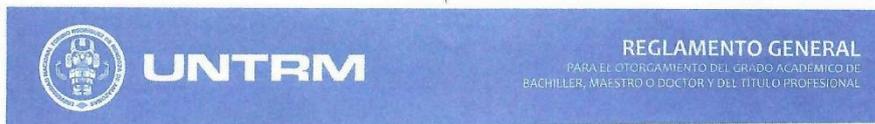
**Autor: Bach. Jaime Orlando Vargas Guevara
Asesor: Mg. Robert Javier Fernández Cruzalegui
Co-asesor: Dr. Efraín Manuelito Castro Alayo**

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2023

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



ANEXO 3-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): VARGAS GUEVARA JAIME ORLANDO
DNI N°: 48082070
Correo electrónico: 031021a112@untrm.edu.pe
Facultad: INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Profesional: INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Facultad: _____
Escuela Profesional: _____

2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

APLICACIÓN DE DOS SISTEMAS DE AIRRACION Y TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum*), PROVINCIA DE RODRÍGUEZ DE MENDOZA, AMAZONAS

3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: CRUZALEGUI FERNÁNDEZ ROBERT JAVIER
DNI, Pasaporte, C.E N°: 41717033
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) 0000-0002-0959-9713

Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: CASTRO ALAYO EFRAIN MANUELITO
DNI, Pasaporte, C.E N°: 18204816
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) 0000-0003-4322-8980

4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html
4.00.00 - CIENCIAS AERARIAS 4.01.00 - AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESQUERÍA
4.01.03 - ACUICULTURA

5. Originalidad del Trabajo

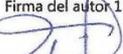
Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC. Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 26 / ABRIL / 2023



Firma del autor 1


Firma del Asesor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

DIOS por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Con todo el amor del mundo a mi abuela que fue como mi madre que desde el cielo siempre me ilumina su alma María Eto Tacca y a mi abuelo Francisco Yalta Mendoza ya que fueron mi soporte indispensable durante mis estudios universitarios y por su sacrificio y esfuerzo que puso en el día a día para yo poder cumplir una de mis primeras metas, este logro te lo debo a ti madre y padre ya que me brindaste tu apoyo incondicional en mi formación académica en cada etapa de mi vida, por haberme inculcado valores y haberme guiado con tu ejemplo para ser una mejor persona cada día.

A mi Tío y Hermana, Abner A. Yalta Eto, Wendy S. Vargas Guevara. Por su apoyo constante para el logro de mi propósito.

A mi pequeña hija Jayli Kristell por ser la más bonita bendición que Dios me dio. Este logro es por ti hijita mía, por ser el motor y motivo más grande que mueve mi vida día a día.

A mi esposa Lidia R. Tineo por apostar por mí y estar en los momentos que más la necesite.

Jaime O. Vargas Guevara

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darme vida y gozar de buena salud, por permitirme disfrutar de mi familia y ser mi guía espiritual en cada decisión tomada en mi vida, por haber puesto a personas que sumaron en mi formación profesional y estuvieron pendiente mío para no rendirme hasta lograr mi objetivo.

A mi madre y padre, mi más grande agradecimiento por la paciencia, amor y sobre todo la confianza que puso en mí para impulsarme a ser cada día mejor y una persona de bien. A mi esposa por estar junto a mí en las buenas y en las malas y apoyarme siempre.

A mi Alma Mater la “Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas”, prestigiosa institución que me acogió y fue parte de mi formación profesional, a las aulas de mi Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, docentes y técnicos que con sus enseñanzas, experiencias y valores contribuyeron en mi formación.

Al Ing. Mg. Robert Javier Cruzalegui Fernández asesor de la tesis, por el conocimiento brindado para la realización de este trabajo de investigación.

Al Dr. Mg. Efraín Manuelito Castro Alayo co-asesor de la tesis, por la consideración, la confianza y todos los conocimientos aportados para realizar del trabajo de investigación.

También agradecer al subproyecto “Producción de Paco (*Piaractus Brachypomus*) y Gamitana (*Colossoma Macropomum*) aplicando dos tecnologías de aireación y tres densidades de siembra en selva alta, Rodríguez de Mendoza, región Amazonas”. El cual hizo posible la realización de mi proyecto de tesis.

Agradecer también a la Asociación De Productores Agropecuarios Conservacionistas De Huamanpata por la hospitalidad brindada en su centro piscícola donde realice el trabajo en campo.

Jaime O. Vargas Guevara

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

Ph. D. JORGE LUIS MAICELO QUINTANA

Rector

Dr. OSCAR ANDRÉS GAMARRA TORRES

Vicerrector Académico

Dra. MARÍA NELLY LUJÁN ESPINOZA

Vicerrectora de Investigación

Dr. ERICK ALDO AUQUÍÑIVIN SILVA

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias

VISTO BUENO DE ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada APLICACIÓN DE DOS SISTEMAS DE RIEGOS Y TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE PISO (Panicum brachypomus), PROVINCIA DE RODRÍGUEZ DE MENDOZA, AMAZONAS ; del egresado JAIME ORLANDO VARGAS CUEVARA de la Facultad de INGENIERÍA Y CIENCIAS AERARIAS Escuela Profesional de INGENIERÍA AEROINDUSTRIAL de esta Casa Superior de Estudios.

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

Chachapoyas, 17 de ABRIL de 2023

Firma y nombre completo del Asesor
ROBERT JAVIER FERNÁNDEZ CRUZALEGUI



VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS



ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ()/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada APLICACIÓN DE DOS SISTEMAS DE AIRRACION Y TRES DENSIDADES DE SIEMBRAS EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE PACHA (Panicum brachypomus), PROVINCIA DE RODRÍGUEZ DE MENDOZA, AMAZONAS del egresado JAIME ORLANDO VARGAS GUEVARA de la Facultad de INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS Escuela Profesional de INGENIERÍA AEROINDUSTRIAL de esta Casa Superior de Estudios.



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

Chachapoyas, 17 de ABRIL de 2023

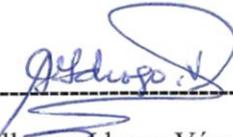
Firma y nombre completo del Asesor
EFRAÍN MANUELITO CASTRO ALAYO

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Ing. M.Sc. Armstrong Barnard Fernández Jeri

PRESIDENTE



Ing. Guillermo Idrogo Vásquez

SECRETARIO



Dr. Erick Aldo Auquiñivin Silva

VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

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

APLICACIÓN DE DOS SISTEMAS DE AIREACIÓN Y TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE PACO (*Pisartectus brachypomus*) provincia de Rodríguez de Mendoza

presentada por el estudiante ()/egresado (x) JHUME ORLANDO VARELA CUCUARA

de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AGRUINDUSTRIAL

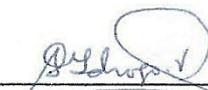
con correo electrónico institucional 031021a112@untrm.edu.pe

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

- a) La citada Tesis tiene 12 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 20 de Marzo del 2023


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:
.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



ANEXO 3-S

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 10 de ABRIL del año 2023 siendo las 1500 horas, el aspirante: JAI ME ORLANDO VARGAS GUEVARA, asesorado por MS. ROBERT JAVIER CRUZALEGUI FERNANDEZ defiende en sesión pública presencial (X) / a distancia () la Tesis titulada: "APLICACIÓN DE DOS SISTEMAS DE AIREACIÓN Y TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE PAGO (Pinnaculus Inca chiy pomus), PROVINCIA DE RODRIGUEZ DE MENDOZA, para obtener el Título Profesional de INGENIERO AGROINDUSTRIAL, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: ING. ARMSTRONG BARNARD FERNANDEZ SERI
Secretario: ING. GUILLERMO IDROGO VÁSQUEZ
Vocal: ING. ERICK ALOO AQUINIVIN SILVA



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

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

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

Aprobado (X) por Unanimidad (X)/Mayoría () Desaprobado ()

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

Siendo las 1600 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]
SECRETARIO

[Signature]
VOCAL

[Signature]
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:
.....

INDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DE ASESOR DE LA TESIS	vi
VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE LA TESIS.....	vii
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	x
INDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN	17
II. MATERIAL Y METODOS	19
2.1. Localización.....	19
2.2. Muestra	20
2.3. Variables de estudio.....	20
2.3.1. Variable independiente	20
2.3.2. Variable dependiente	20
2.4. Diseño experimental	20
2.5. Métodos y procedimientos.....	21
2.5.1. Acondicionamiento de estanques.....	21
2.5.2. Instalación de experimentos.....	21
2.5.3. Densidad de siembra de paco (<i>Piaractus brachypomus</i>).....	22
2.5.4. Alimentación.....	23
2.5.5. Aplicación de aireación.....	23
2.5.6. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua	23
2.5.7. Ganancia de peso (GP).....	23

2.5.8. Ganancia de longitud (GL)	24
2.5.9. Ganancia de biomasa (GB)	24
2.5.10. Factor de conversión alimenticia (FCA)	24
2.5.11. Tasa de crecimiento específico (TCE)	24
2.5.12. Supervivencia (%)	24
2.6. Análisis de datos	25
III. RESULTADOS	26
3.1. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua	26
3.2. Ganancia de peso	29
3.3. Ganancia de talla	30
3.4. Ganancia de biomasa	32
3.5. Tasa de crecimiento específico (TCE)	33
3.6. Factor de conversión alimenticia (FCA) supervivencia (%)	33
IV. DISCUSIÓN	35
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES	38
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS 43	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factor A. Sistemas de Aireación	21
Tabla 2. Factor D. Densidades de siembra	21
Tabla 3. Resultados de ganancia de biomasa de las densidades de siembra en relación al tipo de aireador	32
Tabla 4. Resultados del TCE de las densidades de siembra en relación al tipo de aireador.....	33
Tabla 5. Resultados de la evaluación de Factor de conversión alimenticia (FCA) y la supervivencia de los pacos.....	34

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Mapa ubicación del centro piscícola	19
Figura 2. Diseño de instalación de sistema de aireación tipo paleta	22
Figura 3. Diseño de instalación de sistema de aireación tipo Splash	22
Figura 4. Resultados de la evaluación del oxígeno disuelto (ppm) con respecto a la densidad de siembra y tipo de aireadores	26
Figura 5. Resultados de la evaluación del oxígeno disuelto (ppm) respecto al tipo de aireadores.....	27
Figura 6. Resultados de la evaluación de la temperatura del agua con respecto a la densidad de siembra y tipo de aireadores.....	27
Figura 7. Resultados de la evaluación de la temperatura del agua con respecto al tipo de aireadores.....	28
Figura 8. Resultados de la evaluación del pH con respecto la densidad de siembra y tipo de aireadores	28
Figura 9. Resultados de la evaluación de pH con respecto a tipos de aireadores	29
Figura 10. Resultados de la evaluación del peso de paco en relación a las densidades de siembra y tipo de aireadores	30
Figura 11. Efecto de los tipos de aireadores con respecto a los pesos de pacos	30
Figura 12. Resultados de la evaluación de talla de alevines de Paco en relación a densidad de siembra	31
Figura 13. Resultados del efecto de los tipos de aireadores con respecto a la talla de los alevines de Paco	31
Figura 14. Resultados de la ganancia de biomasa de pacos, de acuerdo a las densidades de siembra con aireador tipo paleta, en relación a los días de muestreo	32
Figura 15. Resultados de la ganancia de biomasa de pacos, de acuerdo a las densidades de siembra con aireador tipo Splash, en relación a los días de muestreo.....	33

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue la aplicación del sistema de aireación tipo paleta y la aplicación del sistema de aireación tipo splash en condiciones de selva alta bajo tres densidades de siembra en el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) en la etapa de crecimiento. Se trató de un estudio experimental el cual presenta un arreglo factorial de forma 2 x 3 con un diseño estadístico DCA. Se utilizó dos sistemas de aireación en tres densidades de siembra (4, 8, y 12 peces/m²) de cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) con un total de 144 peces, presentando un peso promedio inicial de 55 g y una longitud promedio de 14 cm. Los indicadores de crecimiento del pez que se evaluaron fueron ganancia de peso, ganancia de longitud, ganancia de biomasa, índice de conversión alimenticia aparente, eficiencia del alimento, tasa de crecimiento específico y supervivencia, así como también los parámetros del agua (pH, oxígeno disuelto). Los resultados obtenidos en relación a la ganancia de peso, talla, biomasa y TCE en relación a las densidades de siembra con el aireador tipo Splash y paleta, no mostraron diferencias significativas entre ellas, ya que los datos obtenidos fueron mayores a 0,05 (p-valor), del mismo modo los resultados obtenidos en relación a los parámetros del agua no mostraron diferencias significativas (p= 0,05). El análisis de datos se realizó con ayuda del software SPSS para realizar la prueba ANOVA factorial.

Palabras claves: Paco (*Piaractus brachypomus*), aireador tipo paleta, aireador tipo splash, biometría, indicadores de crecimiento.

ABSTRACT

The research was carried out in the fish farming center of Michina, province of Rodríguez de Mendoza de Amazonas, in a period of 09 weeks. The objective was to evaluate the effect of the application of the paddle-type aeration system in high jungle conditions under three planting densities in the paco (*Piaractus brachypomus*) crop in the growth stage and to evaluate the effect of the application of the aeration system splash type in high forest conditions under three planting densities in the cultivation of paco (*Piaractus brachypomus*) in the growth stage. It was an experimental study which presents a 2 x 3 factorial arrangement with a completely randomized design. Two aeration systems were used at three stocking densities (4, 8, and 12 fish/m²) of paco (*Piaractus brachypomus*) culture with a total of 144 fish, presenting an initial average weight of 55 g and an average length of 14 g. cm. The fish growth indicators that were evaluated were weight gain, length gain, biomass gain, apparent feed conversion ratio, feed efficiency, specific growth rate and survival, as well as water parameters (pH, oxygen dissolved). The results obtained in relation to the gain in weight, height, biomass and TCE in relation to the planting densities with the Splash and paddle aerator, did not show significant differences between them, since the data obtained were greater than 0.05 (p-value), in the same way the results obtained in relation to the water parameters did not show significant differences (p= 0.05). The data analysis was carried out with the help of the SPSS software to carry out the factorial ANOVA test.

Keywords: Paco (*Piaractus brachypomus*), paddle aerator, splash aerator, biometry, growth indicators.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura cada día cumple un papel importante en las demandas de las personas debido a la producción económica de calidad que favorece (Jescovitch et al., 2017), sin embargo el mal manejo de los estanques puede generar mortalidad en los peces y pérdidas económicas debido al mal control del oxígeno disuelto y la temperatura del agua, los cuales son los parámetros que tienen mayor importancia para el buen desarrollo acuícola (Jamroen, 2022). Durante el día, el fitoplancton produce oxígeno y absorbe algunos productos metabólicos producidos en el estanque, esta función es relevante en la regulación de parámetros de calidad de agua (Balbuena et al., 2011)

El oxígeno disuelto (OD) es una de los factores más relevantes en temas de acuicultura, ya que conlleva a determinar el desarrollo constante de los peces en relación a su crecimiento, supervivencia y la ingesta de su alimento (Chatziantoniou et al., 2022). El control preciso dentro de sus rangos establecidos determina una buena producción acuícola, ya que por debajo de los rangos de oxígeno disuelto limita a los peces en su crecimiento saludable, generando incluso la muerte (Zhou et al., 2022), dado a ello es recomendable evaluar el OD por adelantado para así poder garantizar una buena seguridad en la producción acuícola y en casos de presentar un limitado OD, se repercute a utilizar aireación artificial (Ren et al., 2020).

Dado a ello, para evitar el limitado oxígeno disuelto en los estanques acuícolas, se emplea aireación artificial, el cual cumple con la función de oxigenar el agua siguiendo el principio de salpicar el agua o burbujas de aire (Xiao et al., 2020), dentro de estos sistemas de aireación se encuentra el aireador mecánicos el cual es comúnmente utilizado en la acuicultura debido a que la salpicadura de estos aireadores aumenta la superficie del agua expuesta al aire y facilita la velocidad de transferencia de oxígeno del aire al agua (Mengistu et al., 2020).

El efecto de los sistemas de aireación en mejorar el rendimiento del cultivo de tilapia roja con aireación de microburbujas (Heriyati et al., 2022), piensos de bagre y camarón con aireadores de paletas (Boyd et al., 2018; Jayanthi et al., 2021), y cultivo de camarón con nanoburbujas y aireadores centrífugos (Itano et al., 2019; Rahmawati et al., 2021); garantiza una producción sostenible que satisfaga los mercados, por otra parte existen sistemas que se aplican en la acuicultura con el propósito de incrementar el oxígeno disuelto como el generador de burbujas basado en membrana (Mohd Rasdi et al., 2022),

así como el sistema de aireación Venturi (Yadav et al., 2021); pero de poca aplicación debido a su alto costo de inversión.

Los sistemas de aireación en la acuicultura moderna, cuentan con novedosos dispositivos solares innovadores, que permite mantener niveles de oxígeno disuelto para garantizar la productividad y la salud de los peces a pequeña escala (Khabbazi et al., 2016; Ruzzante et al., 2022; Sorkhabi et al., 2017). Sin embargo, no existen investigaciones sobre la aplicación de sistemas de aireación tipo paletas y splash en jaulas flotantes de *Piaractus brachypomus* en condiciones de selva alta (1,571 msnm). Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo aplicar dos sistemas de aireación y tres densidades de siembra en la etapa de crecimiento en el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) en condiciones de selva alta en el distrito Mariscal Benavides, provincia Rodríguez de Mendoza, departamento Amazonas - Perú.

II. MATERIAL Y METODOS

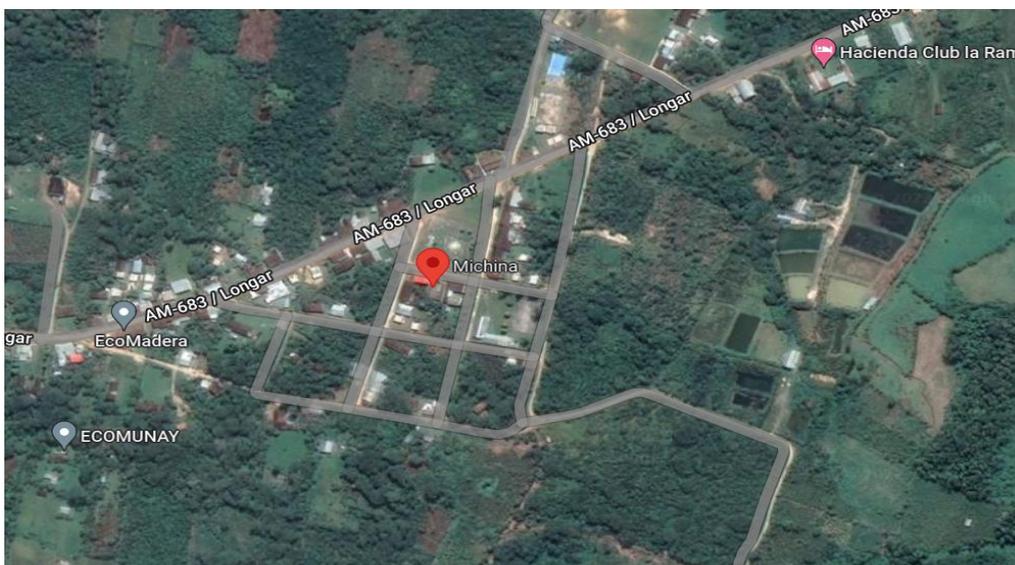
2.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Piscícola de Michina, ubicada en el distrito de Mariscal Benavides, provincia Rodríguez de Mendoza, región Amazonas, el cual presenta las siguientes características geográficas:

Centro poblado	: Michina
Distrito	: Mariscal Benavides
Provincia	: Rodríguez de Mendoza
Departamento	: Amazonas
Código UBIGEO	: 106070007
ID del Centro poblado	: 7
Categoría N°	: 5
Segunda categoría	: Caserío
Clasificación según INEI	: Rural
Latitud:	: -77.51515
Longitud	: -6.35509

Figura 1

Mapa ubicación del centro piscícola



2.2. Muestra

Para realizar el estudio de la aplicación de dos sistemas de aireación en las tres densidades de siembra de cultivo de paco se utilizó un total de 144 peces los cuales fueron adquiridos de Tarapoto – IIAP, donde fueron aclimatados y posterior a ello se seleccionó los pacos en etapa juveniles con un peso promedio inicial de 55 g y una longitud promedio de 14 cm.

2.3. Variables de estudio

2.3.1. Variable independiente

Sistema de aireación

- ✓ Paleta
- ✓ Splash

Densidad de siembra

- ✓ Densidad 1: 4 peces por metro cuadrado
- ✓ Densidad 2: 8 peces por metro cuadrado
- ✓ Densidad 3: 12 peces por metro cuadrado

2.3.2. Variable dependiente

Etapa de crecimiento

- ✓ Ganancia de longitud
- ✓ Ganancia de peso
- ✓ Oxígeno disuelto
- ✓ Conversión alimenticia
- ✓ Temperatura del agua
- ✓ Eficiencia de aireación estándar (SAE)

2.4. Diseño experimental

En presente trabajo de investigación, se evaluó los dos sistemas de aireación (A_1 y A_2) con tres densidades de siembra (D_1 , D_2 y D_3), 4, 8 y 12 peces por metro cuadrado respectivamente. Presenta un arreglo factorial de forma 2 x 3, con tres repeticiones por cada tratamiento, de tal manera que se condujo mediante un diseño completamente aleatorizado (DCA).

Tabla 1*Factor A. Sistemas de Aireación*

A	Sistema de Aireación
A ₁	Splash
A ₂	Paleta

Tabla 2*Factor D. Densidades de siembra*

D	Densidad de siembra
D ₁	4 peces/m ²
D ₂	8 peces/m ²
D ₃	12 peces/m ²

2.5. Métodos y procedimientos

2.5.1. Acondicionamiento de estanques

El acondicionamiento empezó con la limpieza de los estanques, quitando las malas yerbas y ramas, posterior a ellos se realizó la desinfección mediante el encalado con cal viva aplicando al fondo y paredes de los estanques, se dejó en reposo durante 7 días para así ser enjuagado, llenado y abonado con abono químico N.P.K, polvillo y harina de pescado respectivamente.

2.5.2. Instalación de experimentos

Para el presente trabajo de investigación, se utilizó dos estanques, una para el estudio con aireador tipo paleta y el otro con aireador tipo splash. Para la instalación y sembrado de los peces, se utilizó tres jaulas hechas de material raschell por tratamiento con dimensiones de 1 m³ cada una, haciendo un total de 9 jaulas por estanque. El diseño de las jaulas instaladas presentó los siguientes diseños:

Figura 2

Diseño de instalación de sistema de aireación tipo paleta

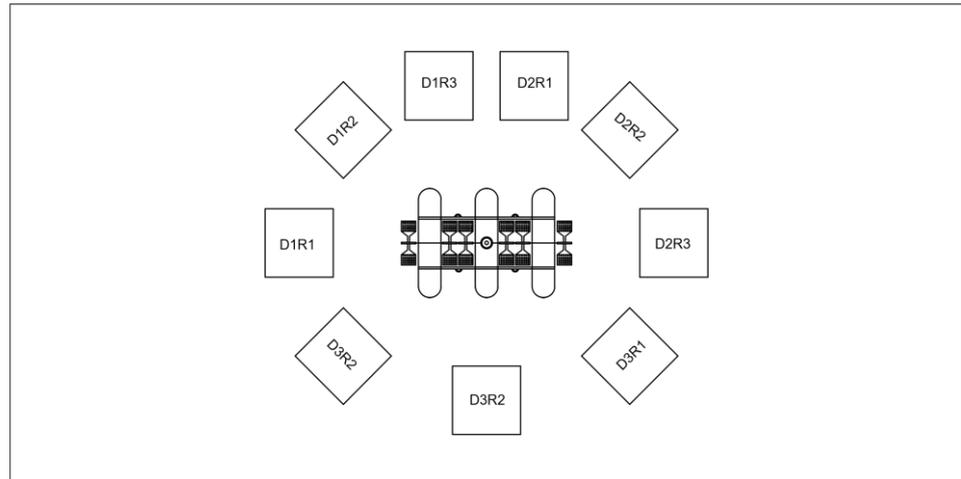
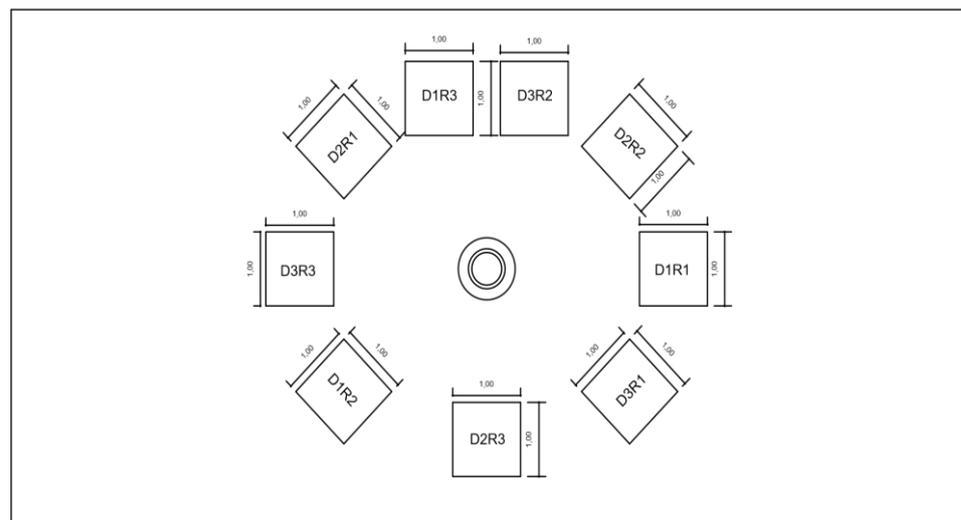


Figura 3

Diseño de instalación de sistema de aireación tipo Splash



2.5.3. Densidad de siembra de paco (*Piaractus brachypomus*)

Para la densidad de siembra en el cultivo de paco, se utilizó tres densidades de siembra para cada tipo de aireador, el cual la densidad 1 fue de 4 peces /m², densidad 2 fue 8 peces/m² y densidad 3 fue de 12 peces/m², todos estos por triplicado respectivamente, siendo un total de 144 peces utilizados en la presente investigación. Los peces previamente seleccionados estaban en etapa juvenil presentando un peso inicial promedio de 55 g y una longitud promedio de 14 cm, cuyas evaluaciones se realizaron en periodos de 5 días durante 60 días.

2.5.4. Alimentación

Los alevinos recibieron una dieta balanceada con alimento comercial con 30% de proteína. La tasa de alimento diario fue de 10% de la biomasa durante los 60 días de evaluación y el alimento fue distribuido diariamente en 3 raciones proporcionales.

2.5.5. Aplicación de aireación

Una vez ya instalados los aireadores tipo paleta y tipo splash ubicados en los estanques correspondientes a los estudios, se comenzó a realizar el funcionamiento de los mismo para el desarrollo de la investigación. Estos aireadores funcionaban en 2 turnos por día, cada turno presentaba alrededor de 3 horas, teniendo así un funcionamiento diario de 6 horas. Pero dejaban de funcionar en los días lluviosos debido a que bajaba la temperatura del agua, el cual amenazaba a la supervivencia de los pacos.

2.5.6. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua

Los parámetros monitoreados del agua durante el experimento fueron el oxígeno disuelto, pH del agua, temperatura del agua y dentro de ello se midió la temperatura ambiente. El oxígeno disuelto se midió con ayuda de un multiparametro (ppm) modelo EcoSense DO200A en 2 turnos diarios, en horarios de 8:00 am, antes del funcionamiento de los aireadores y otro a las 5:pm cuando dejaba de funcionar los aireadores, el pH se midió en los mismos horarios con ayuda de un pH metro modelo Combo PH & EC. Estos datos fueron recolectados diariamente durante en los 60 días del estudio correspondiente.

2.5.7. Ganancia de peso (GP)

Se determinó mediante una balanza electrónica marca Camry, modelo EK5350, el cual previamente estaba calibrada y tarada con un balde de plástico de capacidad de 1 litro con agua del estanque. Se colocaba los peces uno por uno de los diferentes tratamientos registrando el valor de su peso expresada en gramos, para así ser evaluado de acuerdo a la siguiente formula:

$$GP = \bar{X}_{Peso\ final} - \bar{X}_{Peso\ inicial}$$

2.5.8. Ganancia de longitud (GL)

Se realizó con ayuda de un metro colocado en una mesa, donde se logró registrar los valores a la longitud de los peces de los tratamientos estudiados, la medición correspondió desde la cabeza hasta la punta de la cola, el cual fue evaluado de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$L = \bar{X}_{Longitud\ final} - \bar{X}_{Longitud\ inicial}$$

2.5.9. Ganancia de biomasa (GB)

La ganancia de biomasa de los peces se da de acuerdo a los pesos promedios medidos y obtenidos en cada muestreo, para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$B = \bar{X}_{Biomasa\ final} - \bar{X}_{Biomasa\ inicial}$$

2.5.10. Factor de conversión alimenticia (FCA)

Este cálculo se dio de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$FCA = \frac{Cantidad\ de\ alimento\ suministrado}{Ganancia\ de\ biomasa}$$

2.5.11. Tasa de crecimiento específico (TCE)

Se estudió para poder determinar el crecimiento de pez en peso. Dado a ello se utilizó la fórmula que se muestra a continuación:

2.5.12. Supervivencia (%)

La supervivencia se analizó de acuerdo al número de peces que sobrevivieron al finalizar el estudio, con el número de peces sembrados al inicio de estudio realizado. A continuación, se muestra la fórmula que se empleó para calcular la supervivencia.

$$= \frac{N^{\circ}\ de\ peces\ al\ final\ de\ la\ evaluación}{N^{\circ}\ de\ peces\ sembrados} \times 100$$

2.6. Análisis de datos

Para evaluar el efecto de la aplicación de dos sistemas de aireación y dos densidades de siembra, el análisis estadístico para la aplicación de estos dos sistemas se empleó el software SPSS para realizar la prueba ANOVA factorial, para determinar si existió diferencia significativa entre los 3 tratamientos.

III. RESULTADOS

3.1. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua

En la figura 4 y 5, se muestra los resultados obtenidos a cerca del monitoreo del oxígeno disuelto del agua en los estanques con los dos sistemas de aireación en relación a las tres densidades de siembra durante los 60 días del estudio realizado. En ello se puede observar que el estanque aplicado con aireador tipo Splash (AT2) muestra un mayor valor de oxígeno disuelto en relación al estanque aplicado con aireador tipo paleta (AT1), pero no existe diferencia significativa entre ambas, de tal manera que en AT2 los valores de oxígeno disuelto en las jaulas con las densidades de siembra presentan valores entre 7,50 y 7,70 ppm, siendo la jaula con densidad de siembra de 8 peces/m² la cual presenta el valor más alto con 7,64 ppm; en cambio en AT1 los valores de oxígeno disuelto en las jaulas con las densidades de siembra presentan valores entre 6,70 y 7,10 ppm respectivamente.

Figura 4

Resultados de la evaluación del oxígeno disuelto (ppm) con respecto a la densidad de siembra y tipo de aireadores

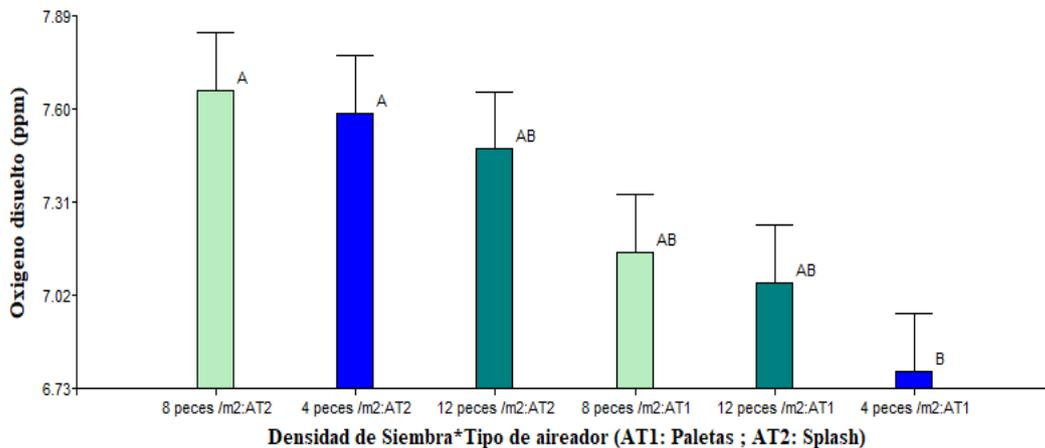
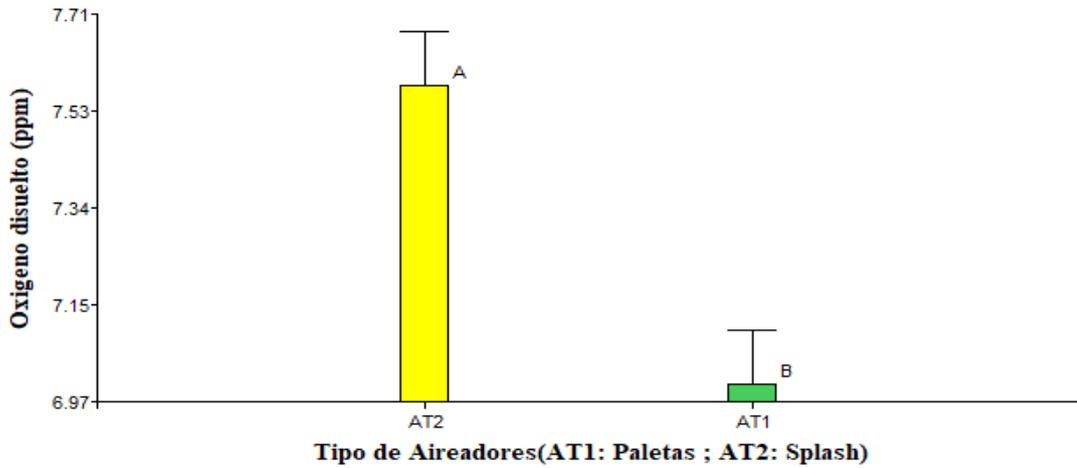


Figura 5

Resultados de la evaluación del oxígeno disuelto (ppm) respecto al tipo de aireadores



En la figura 5 y 7 se muestra los resultados obtenidos en relación al monitoreo de la temperatura del agua en los estanques con aireadores tipo paleta y splash respectivamente, durante los 60 días que se realizó el estudio. Se observa que los datos obtenidos con el aireador tipo paleta (AT1) y el aireador tipo splash (AT2) no muestran diferencias significativas, ya que en ambas están entre la temperatura promedio de 23 °C, lo cual indica que la temperatura del agua no se vio afectada por el funcionamiento de los estos tipos de aireadores. En relaciona a las jaulas con densidades de siembra, la temperatura del agua del mismo modo no muestra diferencias significativas, ya que los valores de temperatura del agua entre las tres densidades ya sea en aireador tipo paleta y splash muestras valores entre los 23 °C.

Figura 6

Resultados de la evaluación de la temperatura del agua con respecto a la densidad de siembra y tipo de aireadores

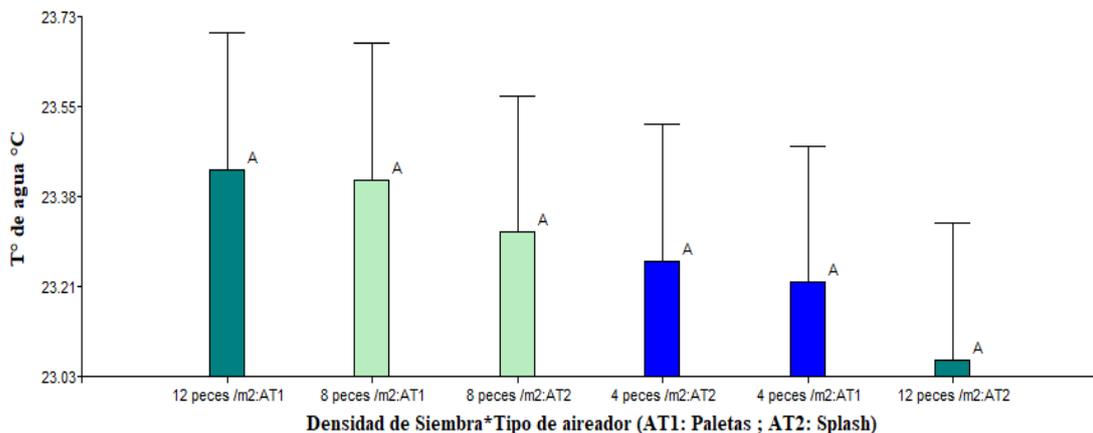
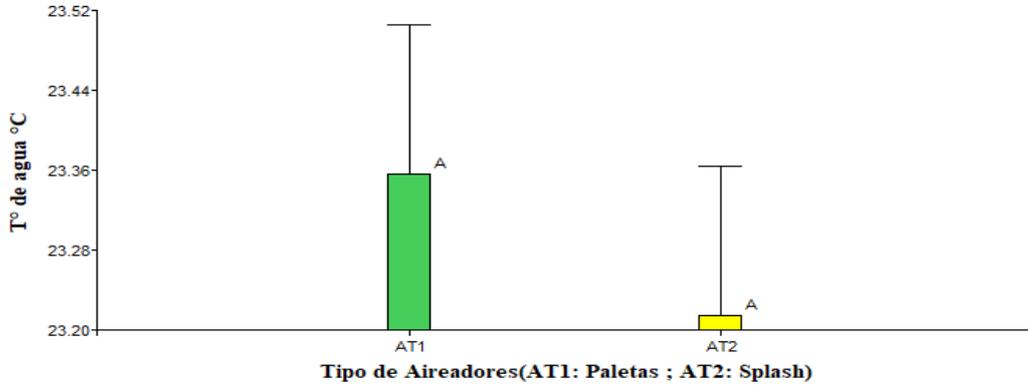


Figura 7

Resultados de la evaluación de la temperatura del agua con respecto al tipo de aireadores



En la figura 8 y 9 se detalla el monitoreo del comportamiento del Ph del agua de los estanques aplicados con aireadores tipo paleta (AT1) y splash (AT2) en relación a las densidades de siembra realizadas respectivamente. En ello, se muestra los datos adquiridos durante los 60 días de estudio, donde se ve que el pH no muestra una diferencia significativa entre ambos tipos de aireadores aplicados a los estanques y entre las densidades de siembra, el cual los valores de pH promedio obtenidos están entre 8,38 para AT2 y 8,25 para AT1, indicando así que estos valores del pH están dentro de los rangos establecidos (7 – 9), y que el funcionamiento de los aireadores no altera los valores del pH del agua.

Figura 8

Resultados de la evaluación del pH con respecto la densidad de siembra y tipo de aireadores

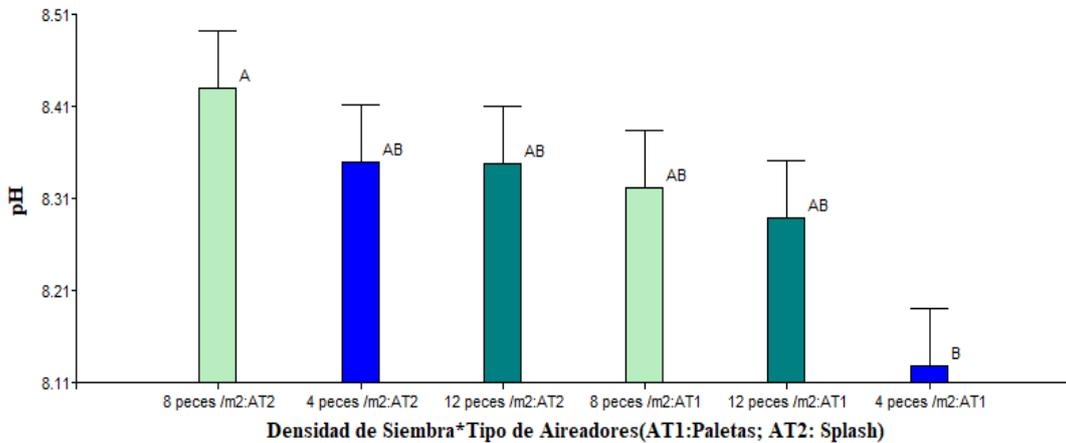
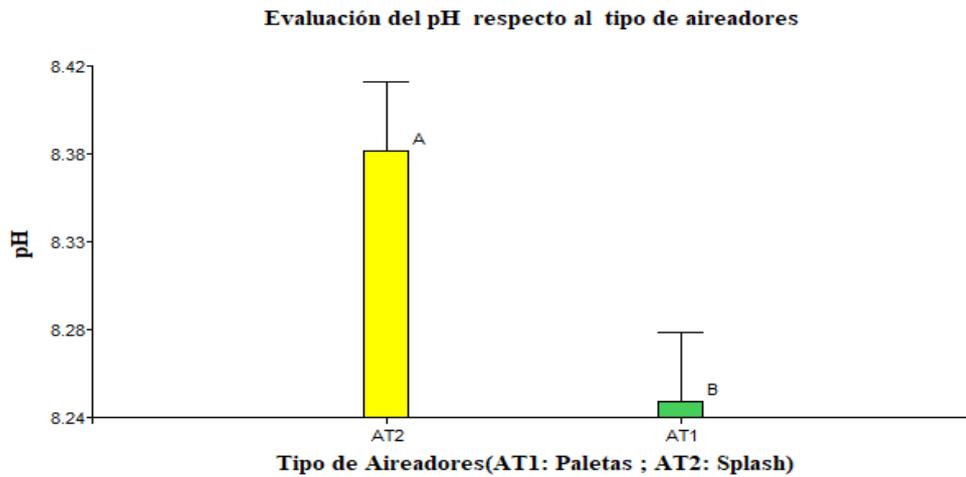


Figura 9

Resultados de la evaluación de pH con respecto a tipos de aireadores

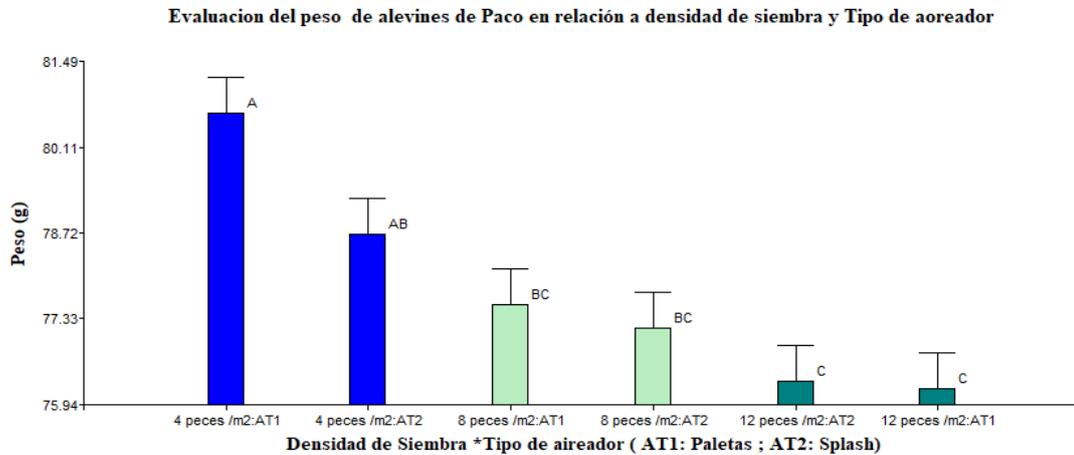


3.2. Ganancia de peso

Como se observa en la figura 10, se muestra la evolución de la ganancia de peso de los pacos en relación a las densidades de siembra y tipo de aireadores aplicados respectivamente. Para el caso de aireación con aireador tipo paleta se observa que la densidad de siembra de 4 peces/m², obtuvo un valor más elevado en comparación a las demás densidades de siembra, el cual presenta un valor de peso promedio final de 80,20 g; mientras que las densidades de siembra de 8 peces/m² y 12 peces/m², tienen un valor de peso promedio final de 77,40 g y 76 g respectivamente. En caso del estanque con aireación con aireador tipo splash, se muestra que la densidad de siembra de 4 peces/m² obtuvo el valor más alto, con un peso promedio final de 78,60 g, en cambio las densidades de 8 peces/m² y 12 peces/m², presentan valores de peso promedio final de 77,10 y 76,10 g respectivamente. De esto se puede decir que la densidad de siembra de 4 peces/m² son los que mayor relevancia tuvieron en ganancia de peso en ambos tipos de aireadores.

Figura 10

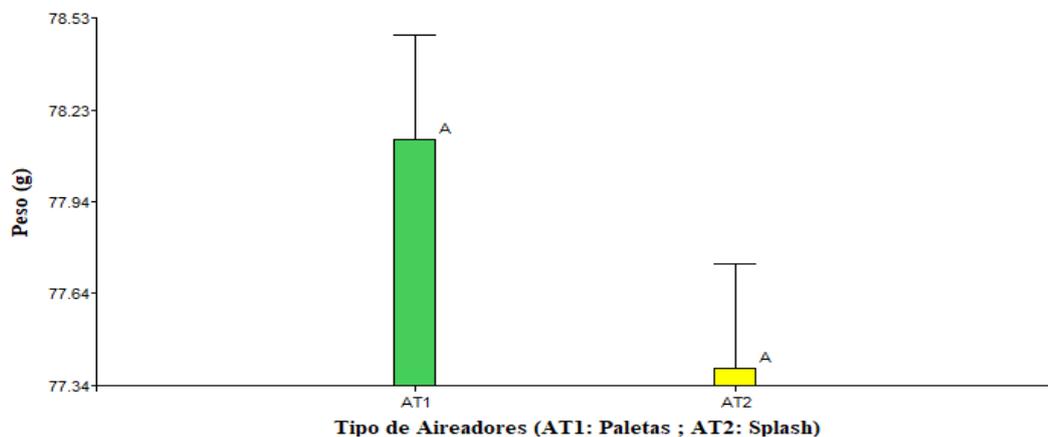
Resultados de la evaluación del peso de paco en relación a las densidades de siembra y tipo de aireadores



En la figura 11, se observa el efecto que tuvieron los aireadores en los pesos de los pacos, en el cual se muestra que el mayor efecto tuvo el aireador tipo paleta (78,10 g) sobre el aireador tipo splash (77,40 g).

Figura 11

Efecto de los tipos de aireadores con respecto a los pesos de pacos



3.3. Ganancia de talla

En la figura 12 se muestra los resultados obtenidos de la evolución de crecimiento de los pacos en relación a su talla. En ello se observa que la densidad de siembra con el aireador tipo paleta (AT1) que mayor puntaje tuvo fue el de 4 peces/m² (16,35 cm), mientras que las densidades de siembra de 8 y 12 peces/m² presentaron valores de 16,06 cm y 16,10 cm respectivamente. En cambio, con el aireador tipo splash, la densidad que mayor

puntaje obtuvo en talla fue de 8 peces/m² con un valor de 16,20, mientras que las densidades de 4 y 12 peces/m², presentaron valores de 16,11 y 16,03 cm respectivamente. De estos datos obtenidos se puede decir, que el mayor efecto sobre la talla de la aplicación de aireadores, fue el aireador tipo paleta (AT1), el cual obtuvo un valor de 16,17 cm, en cambio el aireador tipo splash obtuvo un valor de 16,10 cm, pero entre estos dos aireadores no se muestra diferencias significativas (>0,05) como se muestra en la figura 12.

Figura 12

Resultados de la evaluación de talla de alevines de Paco en relación a densidad de siembra

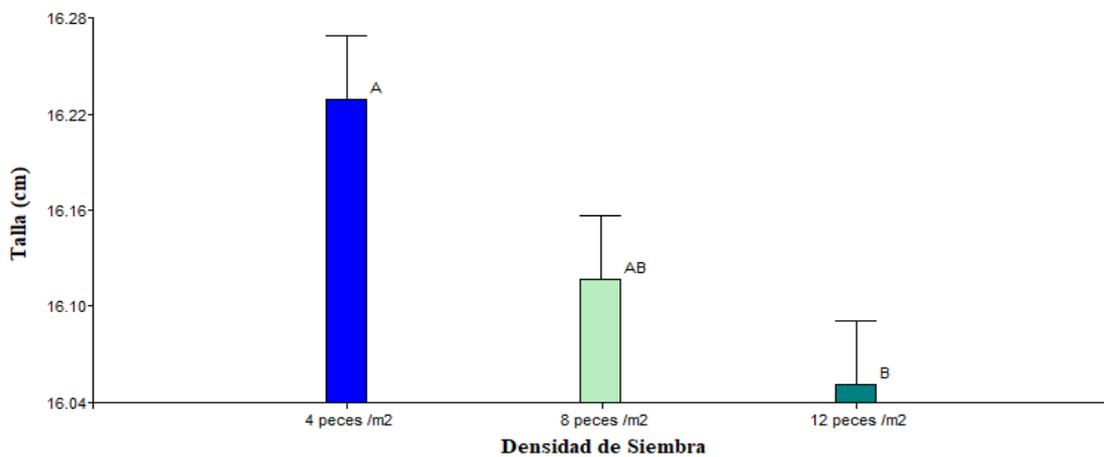
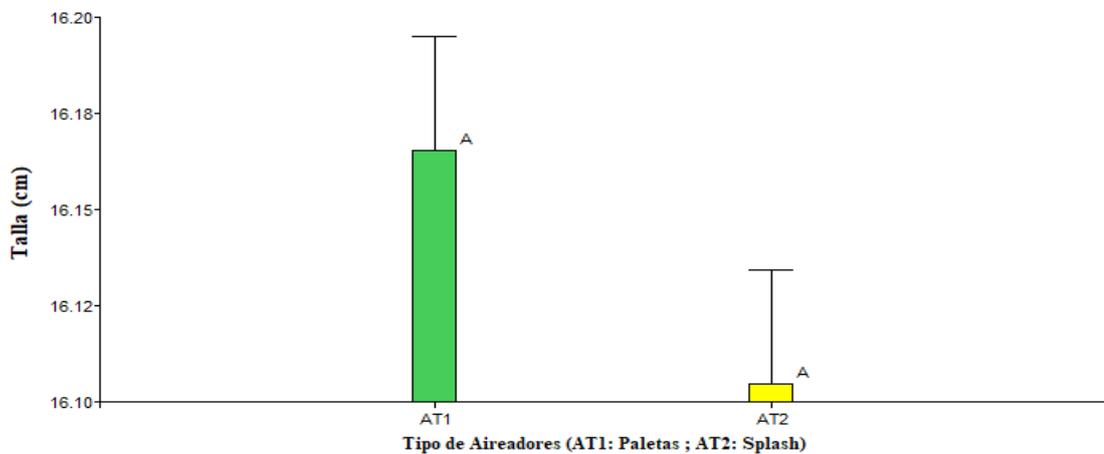


Figura 13

Resultados del efecto de los tipos de aireadores con respecto a la talla de los alevines de Paco



3.4. Ganancia de biomasa

Como se observa en la tabla 3, la ganancia de biomasa de las densidades de siembra entre los dos tipos de aireadores no muestran diferencias significativas ($p=0,05$) entre ellas. En ello se puede ver que la ganancia de biomasa de la densidad de siembra de 4, 8 y 12 peces/m² con el aireador tipo Splash presentan datos mayores a las densidades de siembra con el aireador tipo paleta, indicando así que el aireador tipo splash tuvo mayor efecto sobre la ganancia de biomasa, que el aireador tipo paleta.

Tabla 3

Resultados de ganancia de biomasa de las densidades de siembra en relación al tipo de aireador

Ganancia de Biomasa	Aireador tipo paleta	Aireador tipo Splash
4 peces/m ²	136 g	154,68 g
8 peces/m ²	288 g	301,36 g
12 peces /m ²	440,4 g	464,04 g

En la figura 14 y 15, se observa la evolución de la ganancia de biomasa los pacos de acuerdo a las densidades de siembra con aplicación de los tipos de aireadores en relación a los días de muestreo, cabe mencionar que para ambos casos de aplicación de aireadores, los valores de ganancia de biomasa en los primeros días fueron elevados, y fueron disminuyendo en el transcurso del tiempo, dado así que la densidad de siembra que obtuvo mayor puntaje en ganancia biomasa fue el día 12 peces/m² para ambos tipos de aireadores.

Figura 14

Resultados de la ganancia de biomasa de pacos, de acuerdo a las densidades de siembra con aireador tipo paleta, en relación a los días de muestreo

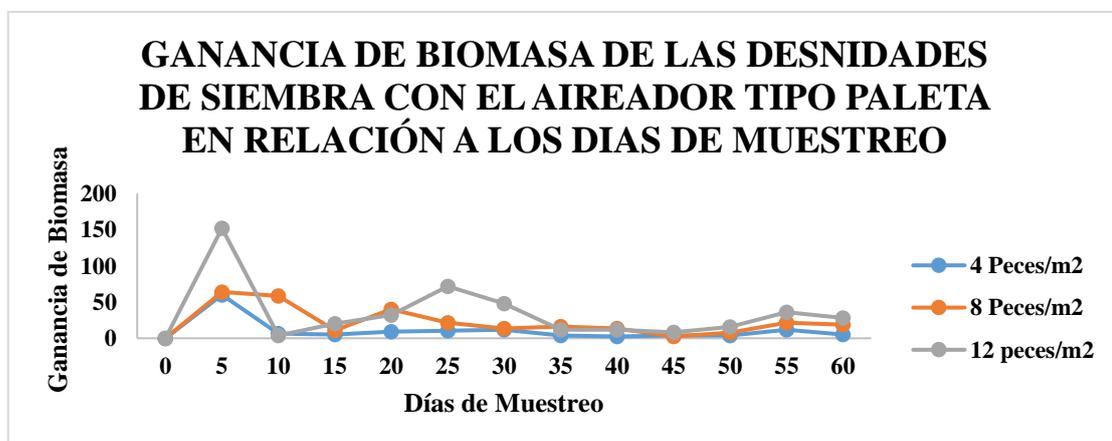
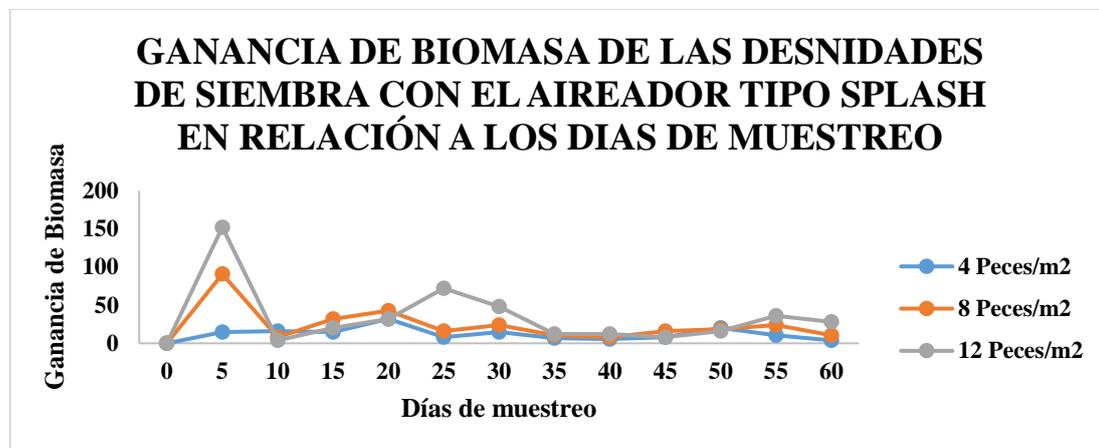


Figura 15

Resultados de la ganancia de biomasa de pacos, de acuerdo a las densidades de siembra con aireador tipo Splash, en relación a los días de muestreo



3.5. Tasa de crecimiento específico (TCE)

En la tabla 3 se observa los resultados obtenidos a cerca del TCE en relación a aplicación de los dos tipos de aireados con respecto a las 3 densidades de siembra, en ellos se observa que los datos de aireador tipo splash son mayores a los datos del aireador tipo paleta, pero aun así estos no muestran ninguna diferencia significativa del 0,05.

Tabla 4

Resultados del TCE de las densidades de siembra en relación al tipo de aireador

Ganancia de Biomasa	Aireador tipo paleta	Aireador tipo Splash
4 peces/m ²	0.80 cm	0,89 cm
8 peces/m ²	0.84 cm	0,87 cm
12 peces /m ²	0,85 cm	0,89 cm

3.6. Factor de conversión alimenticia (FCA) supervivencia (%)

Los resultados obtenidos del factor de conversión alimenticia (FCA) y la supervivencia (%), se reflejado en la tabla 4. Se observa que los datos del aireador tipo paleta en relación a las tres densidades de siembra son levemente mayores a los datos del aireador tipo splash. pero sin embargo no existe diferencias significativas ($p=0,05$) entre ambos tratamientos.

En cuanto a los resultados de la supervivencia después del periodo experimental de 60 días, no muestran diferencias significativas entre los tratamientos, ya que mostraron una supervivencia del 100 %, lo cual indica, que los pacos destacan en relación a las condiciones del agua de los estanques utilizados.

Tabla 5

Resultados de la evaluación de Factor de conversión alimenticia (FCA) y la supervivencia de los pacos

Tratamientos	Paleta		Splash	
	FCA	Supervivencia	FCA	Supervivencia
4 peces/m ²	7,45	100%	6,46	100%
8 peces/m ²	7,05	100%	6,48	100%
12 peces/m ²	6,91	100%	6,53	100%

IV. DISCUSIÓN

Analizando los datos obtenidos en relación al oxígeno disuelto, pH y temperatura del agua para el cultivo de paco con la aplicación de los aireadores para las tres densidades de siembra; estos parámetros cumplen con los rangos establecidos para dicho cultivo de paco, los cuales el oxígeno disuelto con la aplicación del aireador tipo paleta y splash están entre los 7 y 8 ppm, del mismo modo cumple con el pH para ambos casos, el cual están entre los rangos de 7 y 9, en caso de la temperatura del agua presenta valores de 23 °C, los cuales están entre los rangos, pero lo ideal para el mejor desarrollo de este tipo de pez es que el agua este entre la temperatura de 35 – 30 °C (Eufrazio & Palomino, 2013). Esta variación de temperatura en nuestro estudio se puede dar a que el uso de los aireadores enfría el agua de acuerdo a las horas de funcionamiento y de acuerdo al cambio de clima en la zona donde se realizó los estudios (Mahmudov et al., 2019), pero analizando los datos del % de supervivencia, se puede decir que los pacos toleras este tipo de temperatura ya que no se vio ningún caso de mortalidad para ambos tipos de aireadores utilizados, pero de tal manera afecto en el desarrollo de crecimiento, ya que los datos obtenidos en relación al peso y talla fueron menores a comparación de otros estudios relacionados con tilapias, donde el peso final y talla para el mismo tiempo de estudio y misma temperatura fueron de 180 g y 20 cm respectivamente (Blanco et al., 2017).

Mientras tanto, autores como Barba, (2015) y (Gómez & Molina, 2019), mencionan de que los parámetros en la calidad del agua como el oxígeno disuelto y el pH no se ven afectados según el tipo de aireador utilizado en la crianza de peces amazónicos, los cuales ellos obtuvieron datos similares a nuestros estudios durante la aplicación de aireadores en el día; en cambio (Gusev et al., 2017), menciona que la aplicación de los aireadores repercute mejor en el oxígeno disuelto cuando se aplica en la noche, ya que a esa horas la concentración de oxigeno es baja y genera hipoxia en los peces afectando así en su desarrollo; para este estudio no se logró aplicar aireación durante la noche, ya que a esa horas la temperatura de agua baja considerablemente hasta los 18 °C, lo cual no era apto para el desarrollo óptimo en el crecimiento de los peces.

En cuanto al efecto que tuvieron los dos tipos de aireadores, se puede notar que no existe diferencias significativas ($p=0,05$) en relación a los parámetros del agua, lo cual indica que al mismo tiempo de funcionamiento, los dos tipos de aireadores generan la misma concentración de oxígeno disuelto (René & Zúñiga, 2022)

Por otro lado, en cuanto a los resultados obtenidos a cerca del desarrollo de crecimiento de los pacos con aplicación de dos tipos de aireadores en tres densidades de siembra se vio que no existen diferencias significativas ($p=0,05$) entre los dos tipos de aireadores en relación a las densidades de siembra, ni entre las densidades de siembra independientemente al tipo de aireador. La densidad de siembra en los estanques con ayuda de los aireadores genera una mejor ganancia de peso y talla, que sin la aplicación de aireadores, como es el caso del estudio desarrollado por Barba, (2015), el cual obtuvieron datos menores a los nuestros, donde los datos si mostraron diferencias significativas entre las tres densidades de siembra, e incluso generando un % de supervivencia menor a la nuestra. En cuanto a la ganancia de peso y talla entre los tratamientos, tampoco se muestra una diferencia significativa entre ellas. Los resultados de ganancia de peso y talla para el aireador tipo paleta fueron de 34 g, 36 g y 36, 67 g; 3.27 cm, 3.33 cm y 3.33 cm para las densidades de siembra de 4, 8 y 12 peces/m² respectivamente, en cambio para el aireador tipo splash se muestran datos de 38.67 g, 37.67 g y 38, 67 g; 4.27 cm, 4.20 cm y 4 cm para las densidades de siembra de 4, 8 y 12 peces/m². En ello se observa que la aplicación de aireador tipo splash muestra valores levemente mayores en cuanto a ganancia de peso y talla, lo cual indica que tuvo mayor efecto en cuanto a desarrollo de crecimiento. (Pawar et al., 2009), menciona que esta variación de datos entre ambos aireadores puede darse debido a que la eficiencia de aireador tipo Splash es más rápida al de tipo paleta, ya que incrementa el oxígeno disuelto en menor tiempo, y que además no sedimenta el fondo del estanque

Se evidencio una tendencia al aumento de biomasa de los tratamientos en relación a los días de muestreo, no hubo diferencia significativa ($p=0,05$) entre ambos tratamientos; para el aireador tipo paleta y Splash, los datos de biomasa en relación a los días de muestreo se muestra en la figura 15 y 16, en ello se observa variación entre ambas, ya que los primeros días muestran valores mayores a los demás de días de muestreo, pero comparando con los datos del estudio realizado por Ruiz-Velazco et al., (2010), muestran que los datos de los primeros días de muestreo son bajos a los días posteriores. Así mismo los datos de tasa de crecimiento específico para la densidad de siembra con aireador tipo paleta son de 0.80 cm, 0.84 cm y 0.85 cm para 4, 8 y 12 peces/m² respectivamente, mientras que para el aireador tipo Splash los resultados obtenidos son levemente mayores con datos de 0.89 cm, 0.87 cm y 0.89 cm para 4, 8 y 12 peces/m² respectivamente, lo cual indica que la aplicación de aireador con tipo paleta tuvo mayor efecto para este caso.

V. CONCLUSIONES

La ganancia de peso y talla, biomasa y TCE en relación a las densidades de siembra con el aireador tipo Splash y paleta, no mostraron diferencias significativas entre ellas, ya que los datos obtenidos fueron mayores a 0,05 (p-valor), lo cual indica que por ende se acepta la hipótesis nula siendo entonces que el cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) sometido a dos sistemas de aireación y tres densidades de siembra no muestran diferencia significativa en la etapa de crecimiento en condiciones de selva alta. Dado a ellos se puede decir que la aplicación de estos dos tipos de aireadores cumplió equitativamente su desarrollo en relación de las densidades de siembra. En cuanto a la supervivencia se observó que la aplicación de los dos sistemas no causó ninguna mortalidad en las densidades de siembra, ya que la concentración de oxígeno, pH estaban dentro de los parámetros óptimos para la crianza de pacos, teniendo en cuenta además que soportaron la temperatura del agua la cual por debajo del límite óptimo. Además, la concentración de oxígeno, pH y la temperatura de al agua, no mostraron diferencias significativas ($p=0,05$) en relación a la aplicación de los tipos de aireadores.

VI. RECOMEDACIONES

Se recomienda utilizar densidades de siembra más altas y con un tratamiento testigo, para así poder ver si hay efecto o no en la aplicación de los dos sistemas de aireación en desarrollo de crecimiento de los pacos.

Se recomienda aplicar este estudio en pacos en etapa de alevines para así poder evidenciar con facilidad el desarrollo de los peces con la aplicación de estos dos sistemas de aireación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balbuena, E., Ríos, V., Flores, A., Meza, J., & Galeano, A. (2011). Manual para el Extensionista en Acuicultura. *Ministerio de Agricultura y Ganadería, FAO Paraguay*, 1–54. <http://www.fao.org/3/a-as828s.pdf>
- Barba, C. (2015). *Aireación de las piscinas de cultivo de tilapia roja (Oreochromis sp.) y su influencia en la productividad* [Escuela politecnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10324/3/CD-6152.pdf>
- Boyd, C. E., Torrans, E. L., & Tucker, C. S. (2018). Dissolved Oxygen and Aeration in Ictalurid Catfish Aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 49(1), 7-70. <https://doi.org/10.1111/jwas.12469>
- Blanco, I., Jhon, B., & Acevedo, F. (2017). *determinacion de la eficiencia y eficacia del uso de aireadores de vortice en tanques de geomenbrana sobre la produccion de tilapia en la orinoquia colombiana* (vol. 4). univerisdad cooperativa de colombia dr.
- Chatziantoniou, A., Charalampis Spondylidis, S., Stavrakidis-Zachou, O., Papandroulakis, N., & Topouzelis, K. (2022). Dissolved oxygen estimation in aquaculture sites using remote sensing and machine learning. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28(July), 100865. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100865>
- Eufracio, P., & Palomino, A. (2013). Manual de Cultivo de Gamitana. *Fondepes, N°3*, c.30. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2499354/Manual-de-Cultivo-de-Gamitana.pdf%0Ahttp://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual_gamitana.pdf
- Gómez, J. S., & Molina, J. (2019). *Análisis biológico y en costo-efectividad del uso de métodos de oxigenación o aireación en el crecimiento de alevinos de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*. 1–13. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/44603/u830750.pdf?sequence=1>
- Gusev, S., Ziviani, D., & Van Den Broek, M. (2017). Solar heat driven water circulation and aeration system for aquaculture. *30th International Conference on*

Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS 2017, 1–9.

- Heriyati, E., Rustadi, R., Isnansetyo, A., Triyatmo, B., Istiqomah, I., Deendarlianto, D., & Budhijanto, W. (2022). Microbubble Aeration in A Recirculating Aquaculture System (RAS) Increased Dissolved Oxygen, Fish Culture Performance, and Stress
- Itano, T., Inagaki, T., Nakamura, C., Hashimoto, R., Negoro, N., Hyodo, J., & Honda, S. (2019). Water circulation induced by mechanical aerators in a rectangular vessel for shrimp aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 85, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.03.006>
- Jamroen, C. (2022). Optimal techno-economic sizing of a standalone floating photovoltaic/battery energy storage system to power an aquaculture aeration and monitoring system. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 50(October 2021), 101862. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101862>
- Jayanthi, M., Balasubramaniam, A. A. K., Suryaprakash, S., Veerapandian, N., Ravisankar, T., & Vijayan, K. K. (2021). Assessment of standard aeration efficiency of different aerators and its relation to the overall economics in shrimp culture. *Aquacultural Engineering*, 92, 102142. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102142>
- Jescovitch, L. N., Boyd, C. E., & Whitis, G. N. (2017). Effects of mechanical aeration in the waste-treatment cells of split-pond aquaculture systems on water quality. *Aquaculture*, 480(July), 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.08.001>
- Khabbazi, A. E., Sur, S., Mahmoud, A., Pavlov, E., & Bilton, A. M. (2016). Design of an innovative solar updraft aeration system for fish ponds in the developing world using thermofluidic computational modelling. 6B-2016. Scopus. <https://doi.org/10.1115/IMECE2016-66286>
- Mahmudov, K., Mahmoud, A., Sur, S., Cruz, F. C., & Bilton, A. M. (2019). Feasibility of a wind-powered aeration system for small-scale aquaculture in developing countries. *Energy for Sustainable Development*, 51, 40–49. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.05.003>

- Mengistu, S. B., Mulder, H. A., Benzie, J. A. H., Khaw, H. L., Megens, H. J., Trinh, T. Q., & Komen, H. (2020). Genotype by environment interaction between aerated and non-aerated ponds and the impact of aeration on genetic parameters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 529(July), 735704. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735704>
- Mohd Rasdi, W. N. A., Bilad, M. R., Shamsuddin, N., Wirzal, M. D. H., Nordin, N. A. H. M., Budhijanto, W., Biyanto, T. R., & Khan, A. L. (2022). A novel membrane-based bubble generator for oxygen dissolution in water. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 175. Scopus.
- Pawar, N. A., Jena, J. K., Das, P. C., & Bhatnagar, D. D. (2009). Influence of duration of aeration on growth and survival of carp fingerlings during high density seed rearing. *Aquaculture*, 290(3–4), 263–268. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.02.030>
- Rahmawati, A. I., Saputra, R. N., Hidayatullah, A., Dwiarto, A., Junaedi, H., Cahyadi, D., Saputra, H. K. H., Prabowo, W. T., Kartamiharja, U. K. A., Shafira, H., Noviyanto, A., & Rochman, N. T. (2021). Enhancement of *Penaeus vannamei* shrimp growth using nanobubble in indoor raceway pond. *Aquaculture and Fisheries*, 6(3), 277-282. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.03.005>
- Ren, Q., Wang, X., Li, W., Wei, Y., & An, D. (2020). Research of dissolved oxygen prediction in recirculating aquaculture systems based on deep belief network. *Aquacultural Engineering*, 90(September 2019), 102085. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102085>
- René, C., & Zúñiga, B. (2022). *de un aireador de superficie de baja velocidad Increased standard aeration efficiency (SAE), of a low speed surface aerator Introducción El cambio climático y las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), asociadas a la actividad antropogénica ,.*
- Ruiz-Velazco, J. M. J., Hernández-Llamas, A., & Gomez-Muñoz, V. M. (2010). Management of stocking density, pond size, starting time of aeration, and duration of cultivation for intensive commercial production of shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.08.002>

- Ruzzante, S., Hoque, R., Rahman, M. M., & Bilton, A. M. (2022). A cross-over experiment for on-farm evaluation of a novel pond aquaculture aeration device. *Aquaculture Research*, 53(17), 6343-6354. Scopus. <https://doi.org/10.1111/are.16108>
- Sorkhabi, S. Y. D., Mahmoud, A., Sur, S., Pavlov, E., & Bilton, A. (2017). Long-term performance estimation of aquaculture solar aeration system for developing world. 2B-2017. Scopus. <https://doi.org/10.1115/DETC201768111>
- Xiao, G., Cheng, X., Xie, J., & Zhu, D. (2020). Assessment of aeration plug-flow devices used with recirculating aquaculture systems on the growth of tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquacultural Engineering*, 91(May), 102116. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102116>
- Yadav, A., Kumar, A., & Sarkar, S. (2021). Performance evaluation of venturi aeration system. *Aquacultural Engineering*, 93, 102156. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2021.102156>
- Zhou, X., Wang, J., Huang, L., Li, D., & Duan, Q. (2022). Modelling and controlling dissolved oxygen in recirculating aquaculture systems based on mechanism analysis and an adaptive PID controller. *Computers and Electronics in Agriculture*, 192(July 2021), 106583. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106583>

ANEXOS

Anexo 1: Panel fotográfico de las actividades realizadas

Foto 1: limpieza de los estanques



Foto 2: Encalado de los estanques



Foto 3: Instalación de los jaulas y experimentos



Foto 4: Rotulado de los experimentos



Foto 5: funcionamiento de los aireadores



Foto 6: Muestreo biométrico de los pacos



