



UNAP



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ACUICULTURA**

TESIS

PRODUCCIÓN DE *Piaractus brachypomus* “PACO” Y *Cucumis sativus* “PEPINO” EN SISTEMA ACUAPÓNICO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

PRESENTADO POR:

RAFAEL RODRIGUEZ TORRES

JHONATAN ALEXANDER PINEDO MORI

ASESORES:

Blgo. DAVID AHUITE MARINA

Blgo. JULIO CESAR VILLA LAVY

YURIMAGUAS, PERÚ

2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



UNAP

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ACUICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 004-CGT-UNAP-2023

En la ciudad de Iquitos, Departamento de Loreto, mediante Sala Virtual, a los 24 días del mes de junio del 2023, a las 16 horas se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: **"PRODUCCIÓN DE *Piaractus brachyomus* "paco" Y *Cucumis sativus* "pepino" EN SISTEMA ACUAPÓNICO"** presentado por los Bachilleres **JHONATAN ALEXANDER PINEDO MORI** y **RAFAEL RODRIGUEZ TORRES**, autorizada mediante **RESOLUCIÓN DECANAL N° 211-2023-FCB-UNAP**, para optar el Título Profesional de **BIÓLOGO ACUICULTOR**, que otorga la UNAP de acuerdo a Ley 30220, su Estatuto y el Reglamento de Grados y Títulos vigente.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante **RESOLUCIÓN DECANAL N° 247-2022-FCB-UNAP**, de fecha 15 de junio de 2022, integrado por los siguientes Profesionales:

- | | |
|---|---------------------|
| - Blgo. LUIS EXEQUIEL CAMPOS BACA, Dr. | - Presidente |
| - Blgo. JAVIER DEL ÁGUILA CHAVEZ, Dr. | - Miembro |
| - Blgo. HOMERO SÁNCHEZ RIVEIRO, M.Sc. | - Miembro |



Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas, las cuales fueron absueltas: Satisfactoriamente

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la Tesis han sido Aprobada con la calificación de Buena estando los Bachilleres aptos para obtener el Título Profesional de **BIÓLOGO ACUICULTOR**.



Siendo las 18:15 horas se dio por terminado el acto de sustentación.

Blgo. **LUIS EXEQUIEL CAMPOS BACA, Dr.**
Presidente

Blgo. **HOMERO SÁNCHEZ RIVEIRO, M.Sc.**
Miembro

Blgo. **JAVIER DEL ÁGUILA CHAVEZ, Dr.**
Miembro

Blgo. **DAVID AHUITE MARINA.**
Asesor

Blgo. **JULIO CÉSAR VILLA LAVY.**
Asesor

JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR



**Blgo. LUIS EXEQUIEL CAMPOS BACA, Dr.
Presidente**



**Blgo. JAVIER DEL ÁGUILA CHÁVEZ, Dr.
Miembro**



**Blgo. HOMERO SÁNCHEZ RIVEIRO, M. Sc.
Miembro**

ASESORES



Blgo. David Ahuite Marina
Asesor



Blgo. Julio Cesar Villa Lavy
Asesor

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud	
NOMBRE DEL TRABAJO FCB_TESIS_RODRIGUEZ TORRES_PINED O MORI (2da rev).pdf	AUTOR RODRIGUEZ TORRES / PINEDO MORI
RECuento de PALABRAS 6649 Words	RECuento de CARACTERES 33590 Characters
RECuento de PÁGINAS 34 Pages	TAMAÑO DEL ARCHIVO 616.4KB
FECHA DE ENTREGA May 3, 2024 10:52 AM GMT-5	FECHA DEL INFORME May 3, 2024 10:52 AM GMT-5
<ul style="list-style-type: none">● 16% de similitud general El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.<ul style="list-style-type: none">• 16% Base de datos de Internet• Base de datos de Crossref• 1% Base de datos de trabajos entregados• 2% Base de datos de publicaciones• Base de datos de contenido publicado de Crossref● Excluir del Reporte de Similitud<ul style="list-style-type: none">• Material bibliográfico• Coincidencia baja (menos de 10 palabras)	
Recumen	

DEDICATORIA

A **Dios** por guiarme en este largo trajín que es la vida, y permitirme tomar siempre las mejores decisiones para ser una persona de bien.

A mis padres Álvaro Rodríguez e Yrma Torres por su soporte absoluto que me ha permitido concluir con mis estudios superiores.

.Rafael

A **Dios** todopoderoso, guía permanente en mi andar por esta vida. A mis padres Robinson Pinedo y Rosa Nieves Mori por el ser el ejemplo de apoyo moral y ética, valores que me acompañara toda la vida.

Jhonatan

AGRADECIMIENTO

A la **Universidad Nacional de la Amazonia Peruana**, por haberme dado una buena formación académica en la carrera de Biología con mención en Acuicultura y brindar su calidad educativa a través de su plana docente.

Al director de la **Agencia Agraria** sede Yurimaguas, por el espacio concedido y las facilidades brindadas en su institución, para poder realizar nuestra Investigación.

A los Biólogos: **David Ahuite Marina y Julio Cesar Villa Lavy**, por la asesoría y conocimientos brindarnos para el avance y redacción del estudio.

A los técnicos, obreros, amigos y personas que con su apoyo en mano de obra, moral y consejos, nos han permitido realizar con éxito y sin contratiempo nuestro estudio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	ii
JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR.....	iii
ASESORES.....	iv
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	xi
ÍNDICE DE FOTOS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases Teóricas	9
1.3 Definición de términos básicos	11
CAPITULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	13
2.1 Formulación de la hipótesis.....	13
2.2 Variables y su operacionalización	13
CAPITULO III: METODOLOGIA	15

3.1	Área de Estudio	15
3.2	Tipo y Diseño de Investigación	15
3.3	Diseño Muestral.....	16
3.4	Procedimiento de Recolección de Datos.....	17
3.5	Procesamiento y Análisis de Datos.....	22
3.6	Aspectos Éticos	23
CAPITULO IV: RESULTADOS		24
4.1	Crecimiento en peso y longitud de <i>P. brachypomus</i>	24
4.2	Parámetros agronómicos del pepino, <i>C. sativus</i>	27
4.3	Calidad de agua del sistema acuapónico.....	28
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		29
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES		32
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES		33
CAPÍTULO IX: FUENTES DE INFORMACIÓN.....		34
ANEXOS.....		43

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio.....	14
Tabla 2. Diseño estadístico con dos (02) tratamientos y sus respectivas réplicas.....	16
Tabla 3. Composición porcentual de los insumos en las raciones experimentales.....	19
Tabla 4. Valores promedio de peso (g) y longitud (cm) inicial y final de alevinos de paco, <i>P. brachypomus</i> cultivados en un sistema acuapónico con pepino, <i>C. sativus</i> durante 90 días.....	24
Tabla 5. Valores promedio de los parámetros productivos del paco, <i>P. brachypomus</i> cultivados en un sistema acuapónico durante 90 días.....	26
Tabla 6. Parámetros agronómicos del pepino, <i>C. sativus</i> cultivados en un sistema acuapónico durante 90 días.....	28
Tabla 7. Parámetros físicos y químicos del agua (promedio \pm desviación estándar) registrados en el cultivo de paco, <i>P. brachypomus</i> cultivados en un sistema acuapónico durante 90 días.....	28
Tabla 8. Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) de la longitud promedio inicial de los peces.....	43
Tabla 9. Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) de la longitud promedio final de los peces.....	43
Tabla 10. Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) del peso promedio inicial de los peces.....	43
Tabla 11. Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) del peso promedio final de los peces.....	43
Tabla 12. Ficha de producción por tratamiento y repetición.....	44
Tabla 13. Ficha de muestreo biométrico quincenal.....	44

ÍNDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Curva de crecimiento en peso (g) de alevinos de paco, P. brachypomus cultivados en un sistema acuapónico durante 90 días.B	25
Gráfico 2. Curva de crecimiento en longitud (cm) de alevinos de paco, P. brachypomus cultivados en un sistema acuapónico durante 90 días.	26

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Plano de ubicación del área de estudio.....	15
Foto 2. Distribución de unidades experimentales con sus tratamientos.....	17
Foto 3. Instalación y acondicionamiento del sistema acuapónico.	18

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Estadística complementaria.....	43
Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos.....	44
Anexo 3. Panel Fotográfico.....	45

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la producción de paco, *Piaractus brachypomus* y pepino *Cucumis sativus* en un sistema acuapónico, el cual estuvo conformado por un elemento hidropónico y otro acuícola. Los peces fueron acondicionados en artesas de madera de 1m³ y las plantas en camas de cultivo de 0.24 m³. Se usó el diseño completamente aleatorio, siendo los tratamientos (**T1**=30 peces/m³; **T2**=40 peces/m³) y 4 repeticiones, contándose con 8 unidades experimentales. Al finalizar el ensayo se observó que, los peces del tratamiento T1 alcanzaron un mayor crecimiento en longitud (14.5 cm) y peso (56.1 g). Estadísticamente se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos para longitud, peso, tasa de crecimiento específico (TCE) y factor de conversión alimenticia (FCA); a diferencia del factor de condición (K) y la supervivencia (S), quienes registraron valores similares. Por otro lado, los parámetros productivos del pepino, estadísticamente no tuvieron diferencia significativa ($p > 0.05$), mientras los del agua lograron rangos permisibles para las especies estudiadas.

Palabras claves: sistema acuapónico, *Piaractus brachypomus*, *Cucumis sativus*, densidad, crecimiento.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the production of paco, *Piaractus brachypomus* and *Cucumis sativus* cucumber in an aquaponic system, which consisted of a hydroponic element and an aquaculture element. The fish were conditioned in 1m³ wooden troughs and the plants in 0.24m³ culture beds. The completely random design was used, with the treatments (T1=30 fish/m³; T2=40 fish/m³) and 4 repetitions, with 8 experimental units. At the end of the trial, it was observed that the fish from the T1 treatment reached greater growth in length (14.5 cm) and weight (56.1 g). Statistically significant differences ($p < 0.05$) were found between the treatments for length, weight, specific growth rate (TCE) and feed conversion factor (FCA); unlike the condition factor (K) and survival (S), who registered similar values. On the other hand, the productive parameters of the cucumber did not have a statistically significant difference ($p > 0.05$), while those of the water reached permissible ranges for the studied species.

Keywords: aquaponic system, *Piaractus brachypomus*, *Cucumis sativus*, density, growth.

INTRODUCCIÓN

El principal problema a los que se enfrenta la producción acuícola en nuestro país, es la eficiencia en el uso del agua y el manejo de aguas residuales. Luego de utilizada el agua proveniente de los sistemas de cultivo, ésta en su mayoría se descarga en el suelo o en cuerpos de agua adyacentes provocando diversos impactos negativos al ambiente, por lo cual, la implementación de sistemas de recirculación acuícola (RAS, por sus siglas en inglés) y tratamiento de agua en este tipo de cultivos son elementos clave para mitigar el efecto ambiental negativo asociado a dichas producciones (1).

En la actualidad la humanidad enfrenta inconvenientes referidos a la seguridad alimenticia y desabastecimiento de agua dulce, en el cual el Perú está inmerso en esta problemática. En nuestra región la producción acuícola ha cifrado muchas opciones y expectativas de producción, teniendo como fin primordial la producción de alimentos, dar sostenibilidad a los recursos naturales y disminuir la pobreza. Nuestro país no tiene un buen desarrollo acuícola, por lo que solo se cultivan pocas especies. Se estima que solo el 24 % del total de áreas acuícolas usan la acuicultura continental; teniendo como motivo principal la escasa aplicación de nuevas tecnologías y métodos productivos, cosecha y postcosecha. Este procedimiento genera simbiosis entre los peces y vegetales, siendo una alternativa para solucionar problemas de seguridad alimentaria y escasez de agua que son utilizados en la piscicultura y la agricultura (2).

En la actualidad la acuaponía está en franco crecimiento y experimentación, sumando cada vez más productores acuícolas que incursionan en la

aplicación de estos sistemas, debido a las limitaciones que existen con el agua, así como, y las regulaciones que la rigen, especialmente si están contaminadas. El sistema acuapónico en el tiempo se ha adaptado y mejorado a las distintas condiciones climáticas, a las especies cultivadas, costos de producción, etc (3). Las investigaciones demuestran que los efluentes formados por la acción acuícola pueden aprovecharse para nutrición de cultivos vegetales sembrados en los sistemas hidropónicos (4).

El agua de los sistemas acuapónicos contiene restos orgánicos generados por los especímenes acuícolas, y estas aguas a su vez contienen nutrientes que son aprovechados por las plantas, a través de las raíces que actúan como biofiltros, permitiendo “limpiar” estas aguas para posteriormente reutilizarlas en los animales acuáticos, teniendo como resultado la integración de sistemas acuícola-agrícola (5).

Por todo anteriormente descrito, el estudio tiene como objetivo general valorar la producción de paco y pepino bajo sistemas acuapónicos.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

Córdova et al. (6) en 2022, evaluaron la densidad de carga en el crecimiento de alevines de *Oreochromis niloticus* y en la producción de *Beta vulgaris* en sistema acuapónico NFT, durante la instalación de los cultivos acuapónicos, se usó los sistemas Nutrient Film Technique (NFT), la densidad tuvo 8 plantas/sistema, y tres tratamientos con densidades de 375 (T1), 635 (T2) y 875 (T3) peces/m², el testigo (125 peces/m²) y 3 repeticiones/tratamiento. Los resultados indicaron T2, consiguió el más alto crecimiento en plantas, con longitud de 42,3 cm y peso de 398,3 g, la supervivencia fue 73% y tasa específica de crecimiento de 3.06 ± 0.03 %/día.

Gonzales et al. (7), en 2021, examinaron la productividad de *Piaractus mesopotamicus* con *Prochilodus lineatus* en régimen intenso acuapónico. Se establecieron cuatro módulos, cada uno constituido por tanques de 1000 litros para los peces. Después de 37 días de cultivo, la especie *P. mesopotamicus* obtuvo un mejor desempeño, respecto a los índices productivos, registrándose de 6.900 y 6.930 g de biomasa en el módulo 2 y 3 de *P. mesopotamicus* y 4.780 y 5.090g en el módulo 2 y 4 de *P. linneatus*, respectivamente. La biomasa total de la lechuga fue de 7.482, 4.872, 8.584 y 10.672 g para los módulos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

Martínez (8) en 2020, evaluaron el sistema acuapónico con recirculación de agua en producción de tilapia y lechuga. Utilizaron un diseño completamente aleatorio y tres tratamientos: (8 peces + 16 lechugas (T1:P8L16); 10 peces + 20 lechugas (T2:P10L20); 12 peces + 24 lechugas

(T3:P12L24) y 8 repeticiones por cada uno, haciendo 24 unidades experimentales. Al finalizar el periodo experimental, obtuvieron los mejores promedios en el tratamiento T2 para la producción de lechuga, obteniendo plantas de 18.1 cm de altura a los 30 días y plantas de 30.07 cm a los 45 días. En cuanto a la tilapia observaron diferencia significativa en las variables peso y longitud, en donde el tratamiento T1 presento pesos de 175 g con longitud final de 24.2 cm. El estudio concluyó que el tratamiento T2 tuvo mejores resultados para la producción de lechuga, mientras que el tratamiento T1 registró mejores valores para el crecimiento de la tilapia.

López (9) en 2020, evaluó un sistema acuapónico en producción de tilapia roja cachama y rúgula. Utilizo el diseño completamente aleatorio, con 3 sistemas acuapónicos (NFT) de tipo vertical en invernadero. Utilizaron 180 plantas/sistema de rúgula (*E. v. sativa*), 25 Tilapias rojas/sistema y 60 cachamas blancas/sistema. Se evaluaron los parámetros productivos y de crecimiento. Los resultados indican para tilapia un beneficio de 13,4 kg/m³, PF de 557 g/ind, GP de 410 g/ind; TDC de 2,36 g./día; TCE de 0,79 %/día, K de 2,65, %S de 94,7% y FCA de 1,73 g/g. Para *P. brachypomus* se obtuvo un rendimiento de 15,6 kg/m³, PF de 261 g./nd, GP de 248 g/ind; TDC de 1,39 g/día, TCE de 1,70 %/día, K de 2,71, %S de 100% y FCA de 1,74 g/g. Se alcanzó superiores beneficios en tilapia en relación a cachama.

Morales (10) en 2019, se evaluó un prototipo de sistema acuapónico en tilapia gris y albahaca. El estudio analizó dos diseños artesanales levantados in situ. Los resultados para tilapia tuvieron pesos iniciales promedios de 3.88 g, pesos finales 10.69 g; La albahaca 1.2 g de peso inicial, 245.3 g de peso final, no hubo mortalidad. La segunda producción en tilapia 6.08 g (peso

inicial), 21,6 g. (peso final). La primera evaluar en albahacas tuvo 3.0 g (peso inicial), 106.05 g. (peso final), la segunda evaluación de albahacas consiguió 4.38 g (peso inicial), 158.33 g (peso final); la calidad de agua descendió significativamente, mejoro los niveles de nitratos de 80 a 20 mg/L. El estudio concluyó que la investigación tiene factibilidad.

Sol Sol (11) en 2019, evaluó la fenología del pepinillo (*Cucumis sativus* L.) cultivar Market More 76 bajo el sistema hidropónico; asimismo, se utilizó la estadística descriptiva que se organizó, resumió y describió el conjunto de datos de una muestra 200 plantas, para que las características del cultivo del pepinillo se expresen con evidencias. Los resultados demostraron que, 27 frutos por planta de la especie *C. sativus*, bajaron un sistema hidropónico en un periodo de 80 días, estos resultados fueron superiores a nuestro estudio, ya que se registró un promedio de 5 frutos por planta.

Sayre en 2018 (12), determinaron el rendimiento y calidad de frutos, número de plantas/bolsa y rentabilidad de las tres variedades de pepinillo. Los componentes en estudio fueron: variedades de pepinillo (variedad Marketmore 76, híbrido Darlington e híbrido Torneo 143), número de planta/bolsa (una planta/bolsa, dos plantas/bolsa); instalados bajo el diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 3A x 2B. Los resultaos indicaron que las tres variedades de pepinillo, *C. sativus* en un sistema hidropónico, reportaron un rendimiento de 78.65 t/h, 56.66 t/ha y 36.57 t/ha para los híbridos Darlington, Torneo 143 con y la variedad Marketmore 76 respectivamente.

García (13) en 2017, se determinó la productividad y economía de tilapia, pepino y lechuga en sistema acuapónico semi-intensivo de recirculación continua y un sistema hidropónico de lechuga-pepino. El sistema acuapónico logró ciclos de siembra de tilapia de 5 meses, utilizando densidades de 30 peces/m³. Por otro lado, el componente hidropónico consistió en sistemas NFT “Técnica de la película de nutriente” con una densidad de 4 plantas/m² en pepino y 6 plantas/m² en lechuga. Al finalizar el estudio obtuvieron una producción de especímenes de 21.33 kg.m⁻³; lechuga 8.7 piezas/m² y pepino 0.01 kg/m². El sistema hidropónico obtuvo para lechuga 9.4 piezas/m² y pepino 1.10 kg/m². En el sistema acuapónico logro en costo/beneficio 1.36, por otro lado, en el sistema hidropónico el beneficio-costo fue 1.34.

Tankamash (14) en 2017, se evaluó la productividad de caigua en un cultivo acuapónico comparado a un cultivo convencional. El sistema acuapónico se sustentó en criar *Piaractus brachypomus*, adaptados en los tanques de crianza, se usó el Diseño Completamente aleatorio, con 2 tratamientos por 3 réplicas. Los resultados determinaron que las caiguas cultivadas en el sistema acuapónico mostraron mayores alturas, número de frutos y rendimiento/ha. Las caiguas del sistema convencional manifestaron mejores promedios en diámetro de tallo y longitud del fruto.

Pilco en 2015 (15), evaluaron la productividad de *Piaractus brachypomus*, en sistema acuapónico utilizando dos densidades en siembra, durante un periodo de 120 días. Los especímenes fueron sembrados en 8 ambientes cuyas densidades fueron 50 peces/m³ (T1) y 75 peces/m³ (T2), cada una con 4 repeticiones. La planta utilizada en el experimento fue *Lactuca sativa*

“lechuga”, la misma que se mantuvo en 4 camas de concreto. Al final del cultivo, los especímenes del T1 lograron pesos de 70.7 g; longitud de 16.1 cm.; FCA (1.8) y rendimientos 3.5 kg/m³, mientras que el T2 obtuvieron pesos de 53.25 g y longitud de 14.58 cm, con un factor de conversión de 2.1:1, rendimiento 3.8 kg/m³. El estudio concluyó que el tratamiento de 50 peces/m³ obtuvo mejores resultados, en comparación al tratamiento de 75 peces/m³.

Arellano (16) en 2015, evaluaron la producción de lechuga y tilapia del nilo en tres sistemas acuapónicos en diversos tipos de invernadero. Los resultados muestran que la lechuga fue más productiva con 198.76 g cultivados en el suelo, 140.4 g producido en NFT y 112.2 g en sustancia inactiva.

Helbert et al. (17), en 2015, en un estudio cuyo fin evaluó el cultivo asociado de tilapia roja y lechuga por un sistema acuapónico. Evaluándose el crecimiento en ambos especímenes, lográndose una conversión alimenticia de 1.13. La lechuga se recolectó 2 semanas antes, debido a que las tilapias no se adaptaron a un estanque circular, se tuvo una mortalidad del 14%.

Ronzón et al. (18), en 2015, se llevó a cabo un estudio en sistemas asociados de producción semi-intensiva de tilapia gris y tres regímenes productivos de plantas comestibles: *Eruca vesicaria* (arúgula), *Coriandrum sativum* (cilantro) y *Solanum lycopersicum* (tomate), para evaluar la adaptabilidad y eficacia productiva, usando un diseño experimental completamente aleatorio, probando tres métodos acuapónicos productivos de plantas. Al término de la fase experimental las plantas de *Eruca vesicaria*

arúgula y tomate lograron mayores crecimientos, sin diferencias estadísticas entre tratamientos.

Moreno et al. (19), en 2014, evaluaron la evolución de *Lactuca sativa* con producción de tilapia roja, bajo un sistema acuapónico con tuberías PVC, utilizando el método de NFT, evaluándose dos tratamientos, cuya densidad fue 50 especímenes (T1) y 25 especímenes (T2) de tilapia roja. Las conclusiones indican que T1 logró el mayor crecimiento raíces: 118,20 g/planta y hojas: 94,40 g/planta, La rentabilidad fue 2,261 kg/m².

García et al. (20), en 2005, valoraron el sistema acuapónico usando tilapia y pepino en un periodo de 75 días. Los vegetales se irrigaron con agua remanentes de las tilapias, empleando el sistema recirculante de agua, con registros semanales de los niveles de amonio, nitratos y nitritos. Al finalizar la producción reportaron especímenes con ganancias diarias de peso en promedio de 25 g y logrando 5 kg de pepino.

1.2 Bases Teóricas

1.2.1 Generalidades del paco

a) Clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Phyllum: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Characiformes

Familia: Serrasalminidae

Género: *Piaractus*

Especie: *Piaractus brachypomus*

Características biológicas

El alevino el paco presenta una coloración grisácea; con abdomen blanco y tenues manchas de color naranja; presentan aleta adiposa. En su etapa juvenil, tienen matices de rojo intenso en la región anterior abdominal y aleta anal. Finalmente, en su hábitat natural un paco adulto llega a medir aproximadamente 85 cm y con un peso de hasta 20 kg (21).

b) Habitat y Ecología

El *P. brachypomus*, geográficamente está distribuida en forma similar a la gamitana (*C. macropomum*), compartiendo nicho y hábitat ecológico. Soporta buena manipulación en labores de producción (21). Tiene un vertiginoso crecimiento, adaptándose muy bien al cautiverio y al alimento comercial.

1.2.2 Características generales del pepino, *Cucumis sativus*

De acuerdo a Rojas (22), la clasificación taxonómica del pepino es:

a) Clasificación botánica

Subreino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Dilliniidae

Orden: Violales

Familia: Cucurbitaceae

Género: Cucumis

Especie: *Cucumis sativus*

b) Morfología

Planta herbácea Cucurbitácea. Su sistema radicular fasciculado alcanza profundidades por encima de 1 metro, con tallo con ramificaciones, rastreros y trepadores, angulares y vellosos, con longitudes que pueden llegar hasta 2.5 m., con zarcillos escuetos en los lados opuestos de las hojas. Sus hojas son palmeadas, tienen pubescencias, lóbulos y bordes aserrados. Tiene inflorescencias en las axilas de color amarillo y de cinco pétalos. La forma del fruto es cilíndrica, pepónide, indehiscente (23).

c) Valor nutritivo

El pepino es un vegetal rico en macronutrientes (Ca, K, Mg), con un excelente aporte valor de energía. Combate infecciones, estabiliza la presión arterial y funciones cardiovasculares. Tiene una buena proporción de agua, y una excelente cantidad de fibra y vitaminas (24).

1.2.3 Sistema acuapónico y componentes

Está compuesto por un sistema integrado de una producción piscícola y el cultivo hidropónico de plantas usando el sistema recirculante. Bajo ese

contexto, los restos fisiológicos de los especímenes acuícolas y los sedimentos alimenticios, serán usados por las plantas para su transformación en material orgánico vegetal. Generando productos de valores a través de los subproductos desechables, la utilidad es que el agua quedara sin nutrientes y listo para su reúso (25).

Los sistemas acuapónicos contienen elementos primordiales adaptables a los diseños y necesidades de los sistemas a implementar. Entre los dispositivos se incluye tanques, sistemas de extracción de restos sólidos, biofiltros, sistemas hidropónicos acoplados, aunados a sistemas de aireación y bombeo de agua. (26).

1.3 Definición de términos básicos

- ***Acuaponía***

Es el vínculo que se forma entre un sistema hidropónico y un acuícola recirculante (27).

- ***Acuicultura***

Es la producción de especímenes acuáticos en superficies costeras o continentales. Incluye la intervención en la cadena productiva para lograr la eficiencia en la producción (28).

- ***Calidad de agua***

Está categorizada por la hidrología, niveles de componentes fisicoquímicos y los elementos biológicos inmersos en una masa de agua (29).

- ***Densidad***

- a) Corresponde al total de elementos por unidad de área, en N°/m^2 .
- b) Peso en gramos por unidad de volumen (en ml) o en kg/m^3 (28).

- ***Sistema Acuapónico***

Es la combinación entre una producción de especies acuícolas y un cultivo hidropónico de plantas., unidos mediante un sistema de recirculación (30).

- ***Unidades Experimentales***

Corresponde al área física dónde se ubicaran los elementos a estudiar. Implica al lugar donde se aplicarán los tratamientos en las variables, para medir las respuestas como resultado del efecto de los tratamientos sobre los entes a estudiar (31).

CAPITULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de la hipótesis

La aplicación del sistema acuapónico favorece significativamente a la producción de *Piaractus brachypomus* (paco) y *Cucumis sativus* (pepino).

2.2 Variables y su operacionalización

a. Variables Independientes

- Densidad de siembra:
 - ✓ Cantidad por artesa

b. Variables Dependientes

- Crecimiento de alevinos de *P. brachypomus*, paco:
 - ✓ Crecimiento
 - ✓ Peso
 - ✓ Longitud
- Crecimiento de *Cucumis sativus*, pepino:
 - ✓ Número
 - ✓ Peso
 - ✓ Rendimiento

Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio.

Variables	Definición	Tipo por su naturaleza y relación	Indicadores	Escala de medición	Categorías	Valores de las categorías	Medio de verificación
Variable Independiente • Densidad de siembra	Número de peces sembrados por cada tratamiento.	Independiente y cualitativa	Cantidad por artesa	Nominal	Dos densidades de cultivo	Densidad de 30 org./m ³ Densidad de 40 org./m ³	Ficha de recolección de datos por tratamiento
Variable dependiente • Crecimiento de alevinos de paco <i>P. brachypomus</i> • Crecimiento de pepino <i>C. sativus</i>	crecimiento en talla y peso de los peces experimentales número, peso y rendimiento del fruto	Dependiente y cuantitativa Dependiente y cuantitativa	Talla (cm), Peso (g), Tasa de crecimiento (g/día) Número, Peso, Rendimiento	Intervalo Intervalo	Talla/Peso Cantidad/Peso	cm g kg/ha	Ficha de registro de evaluaciones biométricas Ficha de producción

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Área de Estudio

El estudio se desarrolló en los ambientes de la Agencia Agraria Alto Amazonas, ubicada en la Calle Julio C. Ruiz N° 323, distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas. Su localización geográfica está entre las coordenadas 5°53'09.2''S, 76°06'57.3''W (Foto 1).

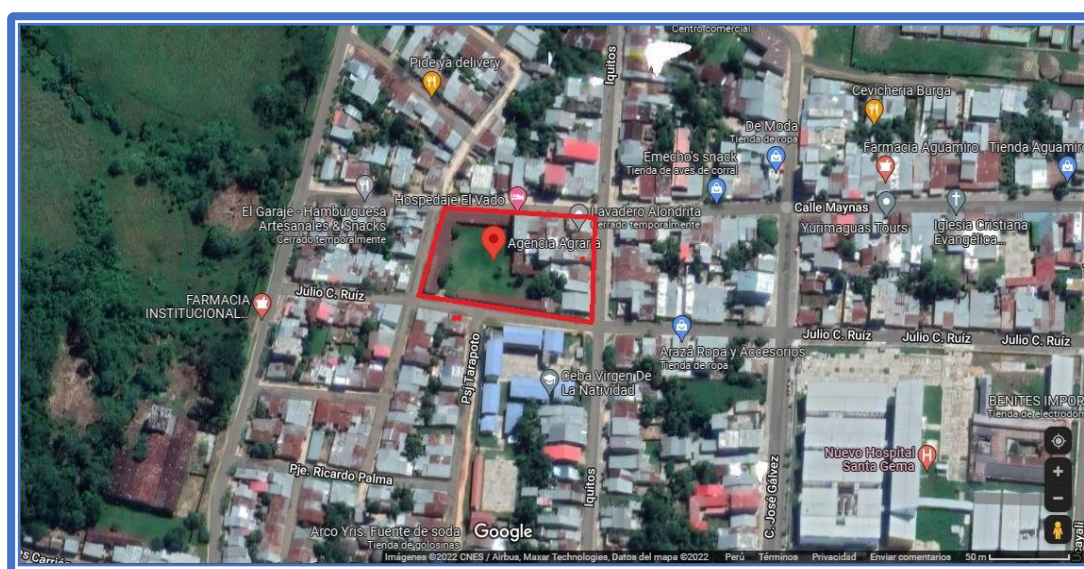


Foto 1. Plano de ubicación del área de estudio.

3.2 Tipo y Diseño de Investigación

El estudio empleó un diseño completamente al azar, usando 2 tratamientos (**T1**: 30 peces/m³ y **T2**: 40 peces/m³) y 4 réplicas, formando 8 unidades experimentales. En la Tabla 2 se detalla el diseño estadístico empleado en la presente investigación.

Tabla 2. Diseño estadístico con dos (02) tratamientos y sus respectivas réplicas.

Factor	Niveles	Especificaciones	Denominación	Réplicas	Unidades
Densidad	2 (T1, T2)	T1: 30 peces/m ³	Tratamiento T1	T1R1, T1R2, T1R3, T1R4	1,2,5,8
		T2: 40 peces/m ³	Tratamiento T2	T2R1, T2R2, T2R3, T2R4	3,4,6,7

3.3 Diseño Muestral

3.3.1 Población

Se conformaron de 280 alevinos de *P. brachymomus* “paco”, según las densidades aplicadas en el presente estudio.

3.3.2 Muestra

Para establecer el muestreo se aplicó el método de muestra proporcional (30), con el fin de no causar estrés en los especímenes y posteriormente no afectar la variables dependiente e interviniente.

En la Foto 2 se muestra la distribución espacial de las unidades experimentales

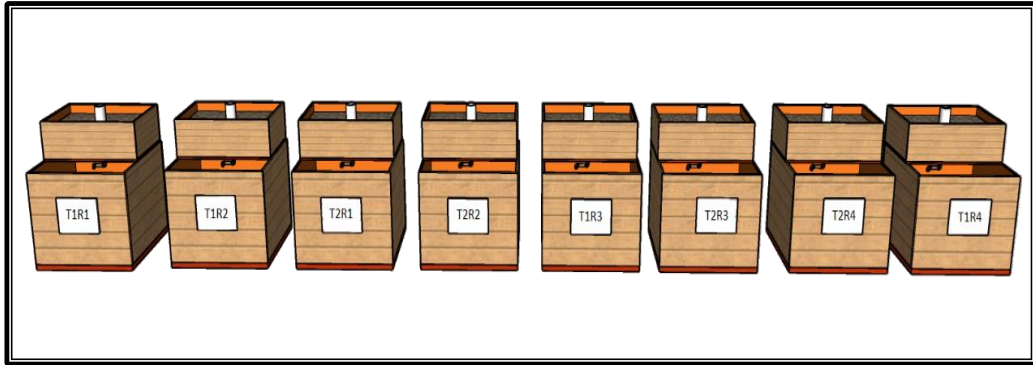


Foto 2. Distribución de unidades experimentales con sus tratamientos.

3.4 Procedimiento de Recolección de Datos

3.4.1 Obtención del material biológico

Los alevinos de paco, *P. brachypomus* se adquirieron del laboratorio de reproducción de peces amazónicos del IIAP-San Martín, mientras que las semillas de pepino *C. sativus* fueron adquiridas de Agroveterinaria Jaén, Yurimaguas.

3.4.2 Instalación del sistema acuapónico

El sistema acuapónico lo conformaron 2 componentes:

a) Componente acuícola

El componente acuícola estuvo compuesto por artesas de madera con capacidad para 1000 l (1m^3); cada unidad estuvo provista de un sistema de riego armado con tubos de $\frac{1}{2}$ " PVC con su respectiva bomba de agua (con capacidad para levantar agua a 1.8 m) para recircular el agua de las artesas hacia las camas de producción de plantas.

b) Componente hidropónico

El componente hidropónico estuvo compuesto de artesas rectangulares de madera de 0.24 m^3 (0.6 m de ancho, 1 m de largo y 0.4 m de profundidad) llenas de abono que sirvió de cama de cultivo para las plantas. El reintegro

del agua de las camas de producción a las artesas con los especímenes se dio por medio del sifón tipo campana. Las plantas de pepino fueron trasplantadas luego de haber sido germinadas en almácigos por un periodo de 2 semanas.

En la Foto 3, se muestra la instalación y acondicionamiento del sistema acuapónico.



Foto 3. Instalación y acondicionamiento del sistema acuapónico.

3.4.3 Raciones experimentales

Para la investigación se elaboró una dieta alimenticia con 32% de proteína bruta. En la Tabla 3 se detallan los insumos utilizados para la elaboración de la ración experimental.

Tabla 3. Composición porcentual de los insumos en las raciones experimentales.

Insumos	Porcentaje (%)
Harina de pescado	29.00
Torta de soja	26.00
Polvillo de arroz	26.00
Harina de maíz	19.00
Total	100.00
Proteína Bruta	32.00

Los insumos se pesaron teniendo en cuenta los valores mostrados en la Tabla 3. Los pellets se prepararon primero mezclando la harina de pescado con los demás insumos para luego ser mezclado con la harina de maíz precocida.

Paralelo a ello, se adicionó 0,5 L de agua/kg de mezcla. Luego se procedió a homogenizar ambas mezclas. Esta mezcla, totalmente homogenizada y compacta, fue peletizada, obteniéndose el alimento en forma de pellets y posteriormente secados a temperatura ambiente durante 2 días. Finalmente, los pellets fueron ensacados y almacenados para su posterior uso.

3.4.4 Manejo del sistema acuapónico

a. Peces

Los alevinos de *P. brachypomus*, entraron primero al sistema, favoreciendo mediante sus excretas la proliferación de bacterias nitrificantes, creando así condiciones propicias para la siembra de las plantas.

Las evaluaciones de peso y talla se realizaron en periodos quincenales. Para la medición de talla, se usó una regla de metal graduada en centímetros,

mientras que para el peso se usó la balanza digital con margen de error de 0.1 g. Luego de realizar las medidas biométricas, los peces fueron restituidos a su tanque original. Se llevaron registros de los valores logrados, posteriormente graficados en hojas de Excel para su análisis o interpretación.

Se suministró un alimento con 32% de proteína, en 2 raciones diarias (7:00 y 17:00 horas) con tasas alimenticias de 4, 3 y 2%, secuencial los tres meses.

b. Plantas

Las semillas de pepino, *C. sativus* fueron sembradas en almácigos por un periodo de 7 días, hasta su germinación. El trasplante se realizó al octavo día. En cada cama de cultivo fueron sembradas 8 plántulas, distribuidas en 2 hileras, con un espacio de 20 cm entre planta y planta.

3.4.5 Evaluación de la calidad de agua

Las variables fisicoquímicas del agua (temperatura, pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono) se monitorearon semanalmente usando kit de análisis de agua dulce.

3.4.6 Crecimiento y parámetros productivos

Para evaluar la eficiencia productiva de las dietas experimentales, se tomó en cuenta lo siguiente:

- **Ganancia de Peso.** Correspondió a la ganancia en peso del espécimen al final del estudio. Se calculó aplicando la fórmula:

$$\mathbf{GP} = \text{Peso promedio final} - \text{Peso promedio inicial}$$

- **Ganancia de Longitud.** Corresponde a la ganancia de longitud del espécimen al final del estudio. Se calculó aplicando la fórmula:

$$GL = \text{Longitud promedio final} - \text{Longitud promedio inicial}$$

- **Tasa de Crecimiento Específico.** Se calculó aplicando la fórmula:

$$TCE\% = (\ln W_f - \ln W_i) / t \times 100$$

Donde:

$\ln W_i$ = Logaritmo natural peso inicial

$\ln W_f$ = Logaritmo natural peso final

t = Intervalo de tiempo

- **Factor de Conversión de Alimento (FCA).** Se calculó aplicando la fórmula:

$$FCA = Q / I$$

En donde:

Q = Cantidad de alimento suministrado (Kg) en un tiempo dado

I = Incremento en peso (Kg) de la población en el mismo tiempo dado

- **Factor de Condición.** Es la relación existente entre el ambiente acuático y el alimento que recibió el espécimen y se calculó de la siguiente manera:

$$K = W / L^3 \times 100$$

Donde:

W = Peso total

L = Longitud total

- **Supervivencia.** Estuvo expresada como el porcentaje de especímenes cosechados en relación a los sembrados. Para lo cual se dividió la cantidad de especímenes logrados al fin del estudio (N_t) entre la cantidad inicial sembrada (N_0) por cien.

Se aplicó la siguiente formula:

$$S = N_t / N_0 \times 100$$

3.4.7 Parámetros agronómicos

a) Número de frutos por planta. Se realizó mediante el conteo manual del total de frutos por planta y por tratamientos.

b) Peso del fruto. Este procedimiento se realizó en la cosecha, en donde se pesó los frutos por cada planta y por tratamiento.

c) Rendimiento. Para este cálculo se realizó el pesaje de los frutos de cada unidad experimental, para luego convertirlo a tn/ha.

3.5 Procesamiento y Análisis de Datos

Todos los valores recolectados fueron procesados en hojas de cálculo de Excel 2021. Para comparar las varianzas de los promedios, se usó el análisis de varianza (ANOVA) y para determinar la significancia se empleó la Prueba de Duncan ($P < 0.05$). Los análisis estadísticos se efectuaron en el Software InfoStat.

3.6 Aspectos Éticos

El presente estudio estuvo diseñado tomando como base la normativa establecida por la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), y la guía para la redacción del plan e informe de tesis proveniente de la Facultad de Ciencias Biológicas.

Referente a las referencias bibliográficas consultadas para la sustentación y discusiones de los resultados logrados en el estudio, tienen como base las normas nacionales e internacionales, siendo estas citadas en forma oportuna y con claridad debida.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Crecimiento en peso y longitud de *P. brachypomus*

Los pesos iniciales de los alevinos de paco, *P. brachypomus* fueron homogéneos, no encontrándose diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos (Anexo, Tabla 8 y 10). Al término de la fase experimental (90 días) los especímenes del tratamiento T1 alcanzaron el mayor crecimiento en peso y longitud en comparación a los del T2, encontrándose diferencia significativa entre ambos tratamientos (Anexo, Tabla 9 y 11).

Los peces de los T1 y T2, iniciaron con un peso promedio de 4.0 y 4.1 g. respectivamente. Al finalizar el periodo experimental terminaron con pesos promedios de 56.1 y 51.6 g. Mientras que las longitudes iniciales fueron, del tratamiento T1 (6.6 cm) y T2 (6.7 cm.) y finalizaron con longitudes de 14.5 y 13.6 cm respectivamente.

La Tabla 4, muestra los valores promedio inicial y final de peso y longitud de *P. brachypomus* “paco”, cultivados en un sistema acuapónico con *C. sativus* “pepino”, durante 90 días.

Tabla 4. Valores promedio de peso (g) y longitud (cm) inicial y final de alevinos de paco, *P. brachypomus* cultivados en un sistema acuapónico con pepino, *C. sativus* durante 90 días.

Parámetros	Tratamientos	
	T1	T2
Peso Inicial (g.)	4.0 a	4.1 a
Peso final (g.)	56.1 b	51.5 a
Longitud inicial (cm.)	6.6 a	6.7 a
Longitud final (cm.)	14.5 b	13.6 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En el gráfico 1 se muestra la curva de crecimiento en peso de los peces, en donde se observa que el peso de los especímenes de los tratamientos T1 y T2 fueron similares durante los primeros quince días, y posterior a ello los pesos empiezan a diferir hasta el final del cultivo, llegando a alcanzar pesos promedios 56.1 y 51.5 g. respectivamente para cada tratamiento.

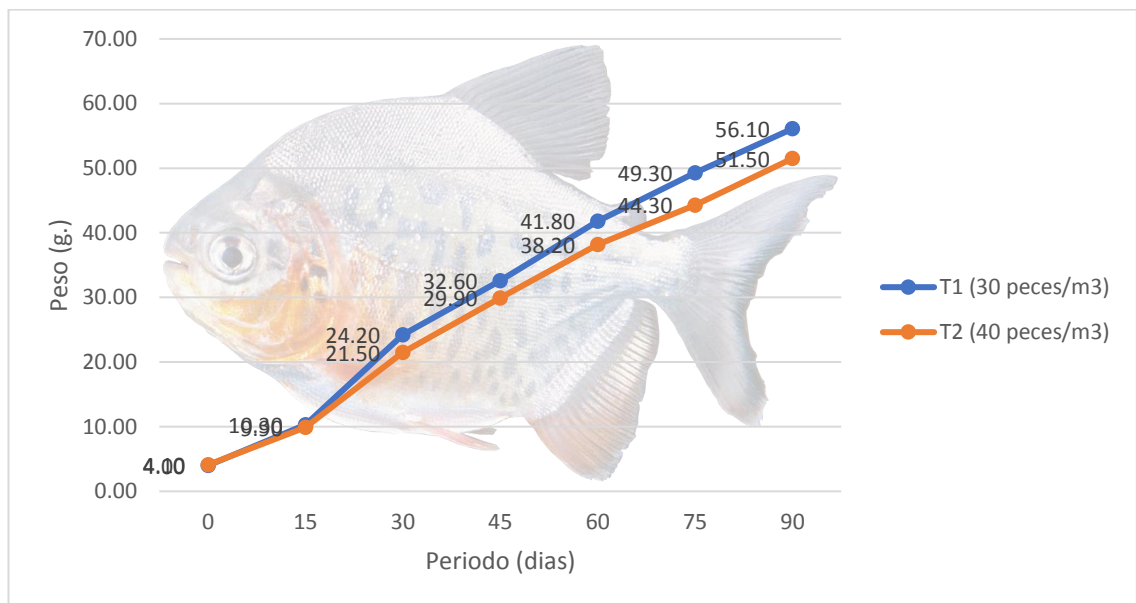


Gráfico 1. Curva de crecimiento en peso (g) de alevinos de paco, *P. brachypomus* cultivados en un sistema acuapónico durante 90 días.

El gráfico 2, muestra la curva de crecimiento en longitud de los peces, en donde se observa que los especímenes de los tratamientos T1 y T2 iniciaron con longitudes similares, empezando a diferenciarse el crecimiento a partir de los 15 días hasta finalizar el cultivo. Al término de los 90 días experimentales se registraron longitudes promedio de 14.5 y 13.6 cm para los tratamientos T 1 y T2 respectivamente.

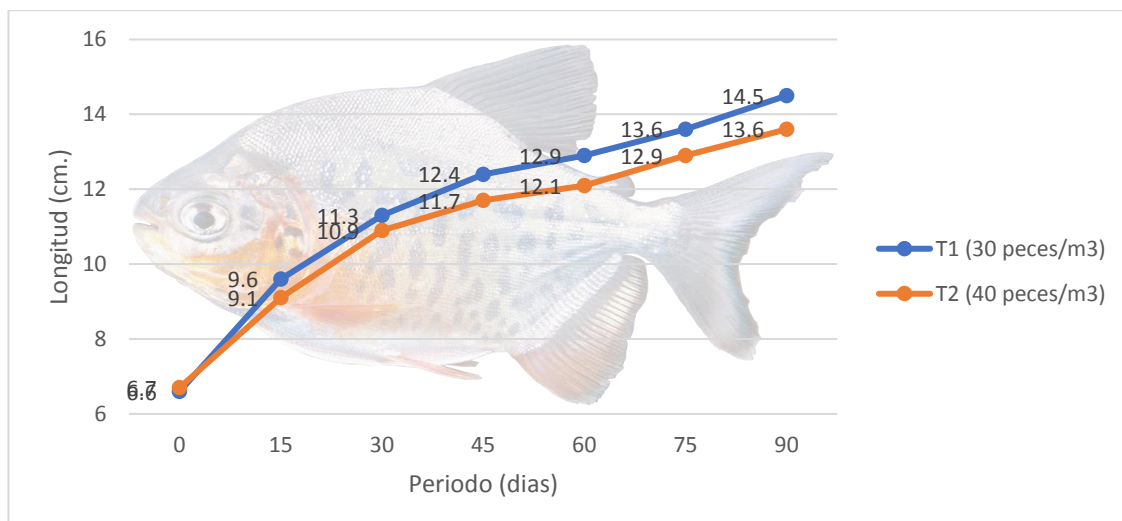


Gráfico 2. Curva de crecimiento en longitud (cm) de alevinos de paco, *P. brachyomus* cultivados en un sistema acuapónico durante 90 días.

Parámetros productivos

La Tabla 5, muestra los parámetros productivos del paco, *P. brachyomus* cultivados en un sistema acuapónico con pepino, *C. sativus*, durante 90 días.

Tabla 5. Valores promedio de los parámetros productivos del paco, *P. brachyomus* cultivados en un sistema acuapónico durante 90 días.

Parámetros	Tratamientos	
	T1	T2
Ganancia de peso (GP)	52.10 ± 0.61 ^b	47.40 ± 0.35 ^a
Ganancia de longitud (GL)	7.90 ± 0.25 ^b	7.20 ± 0.21 ^a
Tasa de crecimiento específico (TCE)	2.96 ± 0.05 ^b	2.83 ± 0.03 ^a
Factor de conversión de alimento (FCA)	1.22 ± 0.01 ^a	1.59 ± 0.04 ^b
Factor de condición (K)	1.85 ± 0.09 ^a	1.92 ± 0.09 ^a
Supervivencia (S)	92.50 ± 1.92 ^a	91.25 ± 1.44 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes. Prueba de Duncan $p > 0.05$

Al finalizar el experimento, la ganancia de peso de los peces mostró diferencia significativa ($p < 0.05$), siendo el T1 quienes obtuvieron la mejor ganancia de peso, registrando un valor de 52.1 g, frente al T2, quienes registraron una ganancia de peso de 47.7 g.

Por otro lado, los especímenes del T1 obtuvo mayor ganancia de longitud (7.9 cm), siendo superior a lo registrado por el T2 cuyo valor fue 7.2 cm., teniendo diferencia significativa entre ambos tratamientos ($p < 0.05$), al igual que para la tasa de crecimiento, en donde el T1 registraron una tasa de crecimiento específico de 1.94 %, este valor fue superior al registrado por los especímenes del T2, quienes obtuvieron una tasa de crecimiento de 1.81 %.

Los peces del tratamiento T1 registraron un factor de conversión de 1.22, mientras que el tratamiento T2 registró 1.59, encontrándose diferencia significativa al final del experimento ($p < 0.05$). Finalmente, el estudio no encontró diferencias significativas referentes al factor de condición y supervivencia.

4.2 Parámetros agronómicos del pepino, *C. sativus*.

La Tabla 6, detalla los resultados de los parámetros agronómicos para el pepino, *C. sativus*.

Tabla 6. Parámetros agronómicos del pepino, *C. sativus* cultivados en un sistema acuapónico durante 90 días.

Tratamiento	N° de frutos/planta	Kg/fruto	Rendimiento (Kg/Tratamiento)	Rendimiento (Kg/ha)
T1	5.3 ^a	0.234 ^a	4.9 ^a	3891.7 ^a
T2	5.0 ^a	0.229 ^a	4.6 ^a	3820.8 ^a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes. Prueba de Duncan $p > 0.05$

El promedio del número de frutas mínimo fue de 5 y el máximo fue de 5.3, mientras que los pesos promedio del fruto fueron de 0.234 kg (T1) y 0.229 kg (T2), asimismo, el rendimiento máximo consiguió 3891.7 Kg/ha, siendo el valor mínimo 3820.8 Kg/ha, no encontrando diferencia significativa entre ambos tratamientos.

4.3 Calidad de agua del sistema acuapónico

La Tabla 7, muestra las variaciones reportadas de los parámetros físicos y químicos en promedios, de donde la temperatura registró promedios de $29.1 \pm 0.81^\circ\text{C}$; el pH promedio del agua del estanque cultivado logró 5.56 ± 0.26 , el oxígeno disuelto 3.74 ± 0.18 mg/l; el CO₂ un valor promedio de 8.32 ± 0.85 mg/l, mientras que, para nitrito y amonio fueron inferiores al mínimo.

Tabla 7. Parámetros físicos y químicos del agua (promedio \pm desviación estándar) registrados en el cultivo de paco, *P. brachypomus* cultivados en un sistema acuapónico durante 90 días.

Parámetros	Valores Registrados
Temperatura (°C)	29.70 ± 0.81
Oxígeno disuelto (mg/l)	3.74 ± 0.18
pH	5.56 ± 0.26
Dióxido de carbono (mg/l)	8.32 ± 0.85
Nitrito (mg/l)	0.02 ± 0.03
Amonio (mg/l)	0.03 ± 0.01

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los resultados logrados al término del estudio, indican que el tratamiento T1 (30 peces/m³) obtuvo mejores valores para la evolución en longitud y peso en comparación con los datos registrados por el tratamiento T2 (40 peces/m³), los cuales fueron inferiores. Respecto a estos resultados, podemos decir que fueron inferiores a los resultados obtenido por **López (9)**, quien evaluó un sistema acuapónico con tilapia, *O. niloticus*, paco, *P. brachypomus* y rugula, *Eruca vesicaria*, obteniendo ganancias de peso de 248 g en 178 días de estudio. Del mismo modo, **Pilco (15)**, evaluó el comportamiento productivo del *P. brachypomus* en sistemas acuapónicos utilizando dos densidades, obtuvo un crecimiento en peso (70.65 g) y longitud (16.14 cm.) para especímenes del tratamiento T1 (50 peces/m³) y 53.25 g y 14.58 cm para los peces del tratamiento T2, siendo estos valores próximos a los alcanzados por nuestra investigación.

Para la tasa de crecimiento específico se logró 2.96 (T1) y 2.83 g/día (T2), siendo los resultados inferiores a los reportados por **Córdova et al. (6)**, quienes en cultivo acuapónico con alevinos de *O. niloticus* con una densidad de 125 peces/m² (T0) logró 3.06 ± 0.03 g/día. Por otro lado, **Pilco (15)**, registro tasas de crecimiento de 1.63 (T1: 50 alevinos/m³) y 1.37 g/día (T2: 75 alevinos/m³), los cuales son inferiores a los resultados alcanzados en nuestro estudio.

Las conversiones alimenticias registraron 1.12 (T1) y 1.58 (T2), estos valores son mejores a los reportados por **Pilco (15)**, registrando conversiones de 1.8 (T1= 50 peces/m³) y 2.1 (T2= 75 peces/m³). Del mismo modo, **Helbert et al. (17)**, obtuvieron una conversión alimenticia de 1.128, evaluando el

cultivo de *Oreochromis sp.* con *Lactuca sativa* en un sistema acuapónico, siendo este valor superior a lo reportado en nuestro estudio de investigación.

Acuaponicos (37), consideran que los peces con un índice K igual o superior a 1.5, tienen un buen estado de salud, con lo que podemos afirmar que los peces del presente trabajo tuvieron estuvieron en buenas condiciones registrándose un factor de condición de 1.85 (T1) y 1.92 (T2).

La investigación registró una supervivencia de 91.25%(T1) y 92.5% (T2). Por su lado, **Pilco (15)**, registro una supervivencia promedio del 96% para *P. brachypomus*, siendo este valor superior a lo reportado en este trabajo. Mientras que, **Córdova et al. (6)**, en su investigación acuapónica con alevinos de *O. niloticus* registraron 73% de sobrevivencia.

García et al. (40), indica que al evaluar un sistema acuapónico entre tilapia (*Oreochromis mossombicus*) y Pepino (*Cucumis sativas*) por 75 días, observaron que la especie acuática creció 25 g en promedio y produjeron casi 5 kg de pepino. Datos similares se encontró en el presente trabajo, debido a que en 90 días se cosecho entre 4.6 y 4.9 kg de pepino por tratamiento. Por otro lado, **Solsol (11)**, obtuvo 27 frutos por planta de la especie *C. sativus*, bajo un sistema hidropónico en un periodo de 80 días, estos resultados fueron superiores a nuestro estudio, ya que se registró un promedio de 5 frutos por planta. Asimismo, **Sayre (12)**, al evaluar tres variedades de pepinillo, *C. sativus* en un sistema hidropónico, reporta rendimientos de 78.65 t/h, 56.66 t/ha y 36.57 t/ha para los híbridos Darlington, Torneo 143 con y la variedad Marketmore 76, respectivamente (38), rendimiento que fue superior a

nuestros resultados, ya que en este estudio se registró un rendimiento de 3891 kg/ha.

Los parámetros físicos lograron rangos deseables para la producción, teniendo una temperatura promedio durante los 90 días de cultivo, fue de 29.7 °C, al respecto **Córdova et al. (6)**, en acuaponía que los mejores rendimientos se entren 20-23°C. Por otro lado, los niveles de oxígeno fueron los mínimos aceptables, esto lo afirma **Hanna Instrument (44)**, quien menciona que el nivel óptimo de oxígeno disuelto es igual o mayor a 5 mg/L. El pH, registró un promedio de 5.56, siendo este valor muy bajo en comparación con **Córdova et al. (6)**, quien indica que el pH debe estar entre 6.5-9 siendo el Ph óptimo 7,9 (6). Mientras que, **Pilco (15)**, alcanzo el pH entre 6,21 y 7,40 con un promedio de 6.97 ± 0.4 (13). Asimismo, **Guerra et al. (43)** menciona que niveles extremos en ambos lados, causan inapetencia y restringen el crecimiento de los especímenes acuícolas.

Para el amonio y nitrito, los niveles están dentro de los valores mínimos aceptable para la especie, tal como lo afirman **Córdova et al. (6)**, indicando para el amonio niveles entre 0.10-0.33 mg/l y nitrito de <1 mg/l. Por su parte, **Pilco (15)**, para el nivel de amonio obtuvo entre 0.0 y 0.09 mg/L; mientras que para el nitrito logró entre los 0.0 y 0.6 mg/l; y el nitrato (NO₃) consiguió el promedio 42.78 ± 19.20 mg/L.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

- En cuanto al crecimiento y los parámetros productivos del paco, *P. brachypomus*, los peces del tratamiento T1= 30 peces/m³ obtuvieron mejores resultados, por lo que a menor densidad de cultivo, mayor será el crecimiento de los individuos.
- Los parámetros agronómicos del pepino, *C. sativus*. fueron similares para ambos tratamientos, obteniéndose en promedio 5 frutos por planta.
- Los resultados favorables conseguidos en la investigación demuestran que es factible el cultivo del *P. brachypomus* junto al pepino, *C. sativus* bajo un sistema acuapónico.

CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones bajo circunstancias de estrés de las especies estudiadas, con el fin de optimizar el rendimiento del cultivo.
- Efectuar estudios bajo otras densidades de siembra en la especie Paco *P. brachypomus* en cultivo acuapónico con el pepino *C. sativus*.
- Evitar fijar el impermeable a las artesas para que no se deteriore por la presión del agua.
- Para el caso del pepino, *C. sativus* se deben probar otras densidades de siembra, asimismo considera un mayor espacio de siembra entre planta y planta y entre cada hilera.
- Evaluar el rendimiento del paco, *P. brachypomus* en combinación con otra especie de planta.

CAPÍTULO IX: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. SEMARNAT. Compendio de Estadísticas Ambientales. Informe de la situación del medio ambiente en México. México.
2. Huallpa LG. Balance de biomasa entre la tilapia *Oreochromis nilóticas* y pepino dulce *Solanum muricatum* en sistema de acuaponía por NFT (Nutrient Film Technique) que genera rentabilidad económica, Tacna 2017. [Tesis de posgrado]. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Escuela de Posgrado; 2021. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/browse?type=subject&value=Oreochromis+niloticus>
3. Gómez FC, Ortega NE, Trejo LI, Sánchez R, Salazar E, Salazar J. La Acuaponía: Alternativa sustentable y potencial para producción de alimentos en México. AP Agro Productividad. [Internet]. 2018 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 8(3): 60-65. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/662/530>
4. Lennard WA, Leonard BV. A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an aquaponic test system. Aquaculture International. [Internet]. 2006 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 14(1): 539-550. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-006-9053-2>
5. Muñoz, ME. Sistemas de recirculación acuapónicos. Informador Técnico. [Internet]. 2012 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 76(1): 123-129. Disponible en: https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/36

6. Córdova, Z. y Navarro, G. Efecto de la densidad de carga en el crecimiento de alevines de *Oreochromis niloticus* y en la producción de *Beta vulgaris* en sistema acuapónico NFT. [Tesis de pregrado]. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa; 2022. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3971/52456.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Gonzales O, Gonzales L, Comolli J, Santinón J, Agüero C, Roux J. Parámetros productivos de dos especies de peces autóctonos *Piaractus mesopotamicus* y *Prochilodus lineatus* en un sistema acuapónico con lechuga (*Lactuca sativa* sp.). Agrotecnia. [Internet]. 2021 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 31(1): 43-55. Disponible en: <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/agr/article/view/5815>
8. Martínez JE. Sistema acuapónico para la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*), Santa Ana - 2020. [Tesis de pregrado]. Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ciencias Agropecuarias; 2020. Disponible en: <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/3349/3/ULEAM-AGRO-0103.pdf>
9. López G. Evaluación de un sistema acuapónico de pequeña escala, para la producción limpia de tilapia roja (*Oreochromis* sp.), cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y rúcula (*Eruca vesicaria sativa*). [Tesis de pregrado]. Cundinamarca: Universidad Militar Nueva Granada, Programa de Biología Aplicada; 2020. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37793/LópezVottelerGretta2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

10. Morales, A. Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico prototipo, aplicado a tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y albahaca (*Ocimum basilicum*). [Tesis de posgrado]. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal; 2019. Disponible en: <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4126?show=full>
11. SolSol E. Fenología del Pepinillo (*Cucumis sativus* L.) Cv. Market More 76 Bajo El Sistema Hidropónico, en la ciudad de Tingo María – Huánuco. [Tesis de pregrado]. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Agronomía; 2019. Disponible en: <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1792>
12. Sayre G. Rendimiento y Calidad de Tres Variedades de Pepinillo (*Cucumis sativus* L.), Bajo Sistema Hidropónico con Diferente Número de Plantas por Bolsa en Tingo María. [Tesis de pregrado]. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Facultad de Agronomía; 2018. Disponible en: <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1700>
13. García JA. Evaluación productiva y económica de un sistema acuapónico semi-intensivo de tilapia *Oreochromis niloticus*, lechuga *Lactuca sativa* y pepino *Cucumis sativus*. [Tesis de Posgrado]. Xalisco: Universidad Autónoma de Nayarit; 2017. Disponible en: <http://dspace.uan.mx:8080/handle/123456789/1352>
14. Tankamash EF. Comportamiento productivo de *Cyclanthera pedata* caigua en un cultivo acuapónico en comparación con un cultivo convencional en el distrito de Yarinacocha. [Tesis de Pregrado]. Yarinacocha: Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales; 2017. Disponible en:

<https://repositorio.unia.edu.pe/items/e886e594-6e5b-4e23-b1aa-2def8c6af2c0>

15. Pilco J. Comportamiento productivo de dos densidades de siembra de *Piaractus brachypomus* "paco" en un sistema acuapónico superintensivo, en el IESPBB, 2015. [Tesis de pregrado]. Acuícola. Yarinacocha, Perú: Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Departamento Académico de Ingeniería Agroforestal y Acuícola; 2015. Disponible en: <https://repositorio.unia.edu.pe/items/e94b8d05-f518-44be-933c-e19d2c07bde9>
16. Arellano JA, García JF, Soto GM. Evaluación de la productividad de lechuga *Lactuca sativa* var. Vulcan y tilapia del nilo *Oreochromis niloticus* var. Spring de tres sistemas acuapónicos diferentes, bajo condiciones de invernadero. In Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. [Internet]. 2015 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 16: 1-3. Disponible en: <https://smbb.mx/congresos%20smbb/guadalajara15/PDF/XVI/trabajos/II/IIC-13.pdf>
17. Helbert R, Calderón B. Cultivo asociado de tilapia roja *Oreochromis sp.* y lechuga *Lactuca sativa*, libres de químicos, mediante la acuaponía. [Tesis de pregrado]. Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión; 2015. Disponible en: https://biblioteca.imarpe.gob.pe/opac_css/index.php?lvl=notice_display&iid=22832
18. Ronzón M, Hernández MP, Pérez CI. Producción acuapónica de tres hortalizas en sistemas asociados al cultivo semi-intensivo de tilapia gris

- Oreochromis niloticus*. Agroproductividad. [Internet]. 2015 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 8(3): 26-32. Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/657/525>
19. Moreno EW, Zafra A. Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia. REBIOL. [Internet]. 2014 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 34(2): 60-72. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/267888199.pdf>
 20. García U, León C, Hernández F, Chávez R. Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. Avances en investigación agropecuaria. [Internet]. 2005 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 9(1): 1-5. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/837/83709105.pdf>
 21. Guerra H. Cultivo y procesamiento de peces nativos: Una propuesta para la amazonia peruana. 2000 10-20. Disponible en: https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/142/1/Guerra_libro_2000.pdf
 22. Guerra H, Alcántara F, Campos L. Piscicultura Amazónica con Especies Nativas. In Guerra H, Alcántara F, Campos L. Requerimientos nutricionales. Lima-Perú; 1996. p. 169. Disponible en: <http://otca.org/wp-content/uploads/2021/02/Piscicultura-Amazonica-con-Especies-Nativas.pdf>
 23. Rojas F. Catálogo de botánica sistemática. Texto Guía UMSA. 1996.
 24. Sánchez F, González L, Moreno EC, Pineda J, Reyes C. Efraín. Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva. Rev. fitotec. mex [Internet]. 2005 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 37(3): 261-269. Disponible en:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000300013

25. Agroalimentación. El cultivo de tomate. [Internet]; 2010 [Consultado 17 abril de 2022]. Disponible en: <http://www.abcagro.com/hortalizas/tomate2.asp>
26. Jiménez A. Acuaponía: Herramienta educativa para el aprendizaje transversal de las ciencias. Revista Ciencia y Desarrollo. [Internet]. 2016 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 23(1): 83-90. Disponible en: <https://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/1113>
27. Diver S, Rinehart L. Aquaponics-Integration of hydroponics with aquaculture. ATTA-National Sustainable Agriculture Information Service. [Internet]. 2010 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 10(2): 2-28. Disponible en: <https://www.backyardaquaponics.com/Travis/aquaponic.pdf>
28. Díaz DAK. Implementación de un sistema acuapónico urbano bajo invernadero en la ciudad de Xalapa. [Tesis de Pregrado]. Universidad Veracruzana. Facultad de Biología; 2013. Disponible en: http://www.academia.edu/21602377/Universidad_Veracruzana_PARA_A_CREDITAR_LA_EXPERIENCIA_RECPECIONAL.
29. Crespi V, Coche A. Glosario de acuicultura. In. Roma: FAO; 2008. p. 25-118.
30. Casas D. Sistema de recirculación de agua para la cria intensiva de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). [Tesis de Pregrado]. Cabudare: Universidad Centroccidental; 2021. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/574362123/PRODUCCION-DE-LA->

[CACHAMA-BLANCA-Piaractus-brachypomus-EN-SISTEMA-DE-
RECIRCULACION-RAS-EN-SANTA-MARTA-MAGDALENA](#)

31. Caló P. Introducción a la acuaponía. Centro Nacional de Desarrollo Acuícola CENADAC. [Internet]; 2011 [consultado 12 enero 2019]. Disponible en: <https://chilorg.chil.me/download-doc/86262>
32. Montoya JA, Sanchez L, Torres P. Diseños experimentales ¿qué son y cómo se utilizan en las ciencias acuáticas? Ciencia y Mar. [Internet]. 2011 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 15(43): 61-70. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciaymar/2011/no43/7.pdf>
33. Casal J, Mateu E. Tipos de muestreo. [Internet]. 2003 [Consultado 12 de febrero de 2021]. Disponible en: [http://www.mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20\(C%3%B3%20dise%C3%B1ar%20una%20encuesta\)/TiposMuestreo1.pdf](http://www.mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20(C%3%B3%20dise%C3%B1ar%20una%20encuesta)/TiposMuestreo1.pdf).
34. Ríos O. Evaluación de dos tipos de dieta y su efecto en los parámetros productivos y económicos del paco, *Piaractus brachypomus*. [Tesis de Pregrado]. Atalaya: Universidad Católica Sedes Sapientiae; 2021. Disponible en: <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/959>
35. Martínez S, Quintero L, Peña L. Evaluación del desempeño zootécnico de alevinos de *Piaractus brachypomus* con dietas que aportan diferentes niveles de energía. Artículo original. [Internet]. 2018 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 22(2): 215-223. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7051766>
36. Chafloque VL, Choquehuanca WA. Efecto de *Lactobacillus sp* y *Saccharomyces cerevisiae*, como suplemento en dietas, sobre el crecimiento y supervivencia de alevinos de *Piaractus brachypomus* “paco”

- en laboratorio. [Tesis de Pregrado]. Chimbote: Universidad Nacional del Santa; 2018. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3206>
37. Acuaponicos.com. Como medir la condición de tus peces, factor K. 2022. Recuperado de <https://acuaponicos.com/acuaponia/como-medir-la-condicion-de-tus-peces-factor-k/>
38. Schmidt H, Bernet D, Wahli T, Meier W, Burkhardt-Holm P. Active biomonitoring with brown trout and rainbow trout in diluted sewage plant effluents. J. of Fish Biol. [Internet]. 1999 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 54(3): 585-596. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1095-8649.1999.tb00637.x>
39. Poleo G, Vicente J, Mendoza L, Romero O. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. [Internet]. 2011 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 46(4): 429-437. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/pab/a/C5XPxSCwTCgHWnKCCz9Fzn/#>
40. García M, León C, Hernández F, Chávez R. Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. [Internet]. 2005 [Consultado 12 de febrero de 2021]; 9(1): 1-6. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/837/83709105.pdf>
41. Mamani PR. Evaluación del efecto de diferentes niveles de sustratos de dos variedades híbridas de pepinillo *Cucumis sativus* bajo un sistema hidropónico en el centro experimental de cota-cota. [Tesis de Posgrado]. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés; 2016. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/7633>

42. Diaz G, López B. Cultivo de la cachama blanca *Piaractus brachypomus* y de la cachama negra *Colossoma macropomum*. Fundamentos de Acuicultura Continental. INPA. Colombia. 1993.
43. Guerra H, Saldaña G, Tellos S, Alcántara F. Cultivo de peces nativos, una opción de desarrollo sostenido en el área de influencia del Parque Nacional Rio Abiseo. [Internet]; 2006 [Consultado 17 mayo de 2022]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/837/83709105.pdf>.
44. Hanna Instruments. [Internet]. Medición de pH y OD en Acuaponía; 2022. Disponible en: <https://hannainst.com.mx/blog/medicion-de-ph-y-od-en-acuaponia/#:~:text=El%20ox%C3%ADgeno%20disuelto%20es%20muy,5%20mg%2FL%20o%20m%C3%A1s>.

ANEXOS

Anexo 1. Estadística complementaria

Tabla 8. Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) de la longitud promedio inicial de los peces.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	1	0.02	1.20	0.3153
Tratamiento	0.02	1	0.02	1.20	0.3153
Error	0.10	6	0.02		
Total	0.12	7			

Tabla 9. Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) de la longitud promedio final de los peces.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.62	1	1.62	13.89	0.0098
Tratamiento	1.62	1	1.62	13.89	0.0098
Error	0.70	6	0.12		
Total	2.32	7			

Tabla 10. Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) del peso promedio inicial de los peces.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.02	1	0.02	0.75	0.4198
Tratamiento	0.02	1	0.02	0.75	0.4198
Error	0.16	6	0.03		
Total	0.18	7			

Tabla 11. Cuadro de análisis de varianza (ANOVA) del peso promedio final de los peces.

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	42.32	1	42.32	132.25	< 0.0001
Tratamiento	42.32	1	42.32	132.25	< 0.0001
Error	1.92	6	0.32		
Total	44.24	7			

Leyenda: FV= Fuente de Variación, gl= Grados de libertad, SC= Suma de Cuadrados, CM= Cuadrado Medio, F= Valor F calculado, p= Probabilidad

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Tabla 12. Ficha de producción por tratamiento y repetición.

Fecha de Siembra							
Tratamiento / Repetición:							
Parámetros	Periodo de Cultivo						
	Siembra	15	30	45	60	75	90
Fecha de evaluación							
Periodo de cultivo (días)							
Población (und.)							
Peso promedio (g)							
Talla promedio (cm)							
Ganancia de peso (g)							
Ganancia de talla (cm)							
Incremento de biomasa (kg)							
Tasa de alimentación (%)							
Ración (g)							
Biomasa total (kg)							
Alimento total consumido (g)							
Factor de conversión del alimento							
Tasa de crecimiento específico							
Factor de condición							

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Ficha de muestreo biométrico quincenal.

Fecha de Muestreo:								
Tratamiento:								
Repetición:	R1		R2		R3		R4	
N°	L (cm)	P (g)	L (cm)	P (g)	L (cm)	P (g)	L (cm)	P (g)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
Σ								

Anexo 3. Panel Fotográfico



Forrado de las camas de cultivo para el pepino.



Forrado de las artesas para el cultivo de paco.



Acomodando las camas de cultivo de las plantas sobre las artesas de los peces.



Pintado del sistema acuapónico.



Siembra de los peces para su respectiva aclimatación.



Plántulas de pepino listas para el trasplante.



Muestreo biométrico de los peces experimentales.



Medida de la longitud (cm.) de los peces experimentales.



Culminando de alimentar a los peces.



Cosecha de peces al cabo de 90 días de cultivo.



Cosecha de pepinos luego de 90 días de cultivo.



Visita del asesor de tesis durante la ejecución del proyecto.