UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

EFECTO DE EFLUENTES DE LA CRIANZA DE PACO (*Piaractus brachypomus*) SOBRE LA ADAPTACIÓN DE HUASAÍ (*Euterpe precatoria*) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN IVITA-PUCALLPA, CAMPO VERDE.

Tesis para optar el título de

INGENIERO AGRONOMO

OLSEN MARCELO CARDENAS CARRANZA

Pucallpa, Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **OLSEN MARCELO CARDENAS CARRANZA**, denominada: **"EFECTO DE EFLUENTES DE LA CRIANZA DE PACO (*Piaractus brachypomus*) SOBRE LA ADAPTACION DE HUASAI (*Euterpe precatoria*) EN UN SISTEMA ACUAPONICO EN IVITA-PUCALLPA, CAMPO VERDE"** para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el/la sustentante lo declaramos: **APROBADO POR MAYORIA** con el calificativo (*) **DIECISEIS (16).**

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

Pucallpa, 24 de noviembre de 2023.

.....
Ing. Jorge Raúl García Cavalie, M.Sc.
Presidente

.....
Ing. Luis Alberto Diaz Sandoval, M.Sc.
Secretario

.....
Ing. Jessica Madeley Ríos Guzmán, M.Sc.
Miembro

.....
Dr. Fernando Pérez Leal
Asesor

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

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

Ing. Jorge Raúl García Cavalie, M.Sc. .....
PRESIDENTE

Ing. Luis Alberto Diaz Sandoval, M.Sc. .....
SECRETARIO

Ing. Jessica Madeley Ríos Guzmán, M.Sc. .....
MIEMBRO

Dr. Fernando Pérez Leal. .....
ASESOR

Bach. Olsen Marcelo Cárdenas Carranza .....
TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0515-2023**.

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

"**EFECTO DE EFLUENTES DE LA CRIANZA DE PACO (Piaractus brachypomus) SOBRE LA ADAPTACIÓN DE HUASAÍ (Euterpe precatoria) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN IVITA-PUCALLPA, CAMPO VERDE**"

Autor(es)	:	**CÁRDENAS CARRANZA, OLSEN MARCELO**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**Agronomía**
Asesor(a)	:	**Dr. Pérez Leal, Fernando**

Presenta un **porcentaje de similitud de 8%,** verificado en el Sistema Antiplagio URKUND/OURIGINAL,
De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.
En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 23/08/2023

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Olsen Marcelo Cárdenas Carranza

Autor de la tesis titulada: "Efecto de efluentes de la crianza de Paco (Piaractus brachypomus) sobre la adaptación de huasaí (Euterpe precatoria) en un sistema acuapónico en IVITA - Pucallpa, Campo Verde".

Sustentada el año: 2023

Asesor(a): Dr. Fernando Pérez Leal

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomía

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

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

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

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

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 22 / 03 / 2024

Email: olsencardenas@gmail.com Firma: [signature]

Teléfono: 931 957 967 DNI: 75730483

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por ser mi socorro, por ser mi guardador, por renovar mis fuerzas y porque su voluntad fue haberme permitido llegar a este momento importante de mi vida.

A mi madre Leydi Carranza Rengifo, mi primera maestra, por haberme ayudado en mis primeros pasos de aprendizaje, por enseñarme la valía del perdón y hacer de la paciencia una virtud.

A mi padre Olsen Marcelo Cárdenas Ihuaraqui por haber sido una figura de autoridad, protección y ser proveedor, siendo su mayor enseñanza el no rendirme y el ingenio.

A mis hermanos por inspirarme a ser una figura de ejemplo de ese modo no claudicar en mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional de Ucayali por haber sido mi casa de estudios.
- Al Instituto Veterinario de Investigaciones y Tropicales y de Altura – IVITA-Pucallpa, de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), por haberme facilitado sus instalaciones para el desarrollo de mi tesis.
- Al proyecto "Efluentes producto de la crianza de paco como fuente de nutrientes para la producción de plántulas de huasaí en un sistema acuapónico innovador" (código A21081351), financiado por el Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la UNMSM por haber financiado el estudio.
- Al Dr. Fernando Pérez Leal, por guiarme como asesor en esta investigación.
- Al Blgo. Mg. Carlos Andre Amaringo Cortegano, coordinador del proyecto de investigación y co-asesor de la presente tesis.
- A los docentes investigadores de IVITA-Pucallpa, Dra. Mirella Clavo Peralta, Dr. Mariano Alves Valles, Ing. Roberto Del Águila Lomas, MV. Nidia Llapapasca García y Blgo. César Villanueva Chávez, por haberme permitido ser partícipe en el trabajo de investigación realizado en las instalaciones de dicha entidad.
- A cada trabajador de IVITA-Pucallpa, por sus consejos y ayuda en los momentos difíciles de la realización del trabajo de investigación, en especial al guardián, Sr. Julián Inuma Morales.
- Al Ing. Denis Joel Guerrero Pérez, por su colaboración en el diseño del sistema acuapónico.
- A los buenos docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, a quienes respeto y admiro, por haber compartido sus conocimientos y consejos que edifican mi formación.
- A cada una de las personas que aportaron directa e indirectamente para que este trabajo finalice con éxito.

INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN……..... xii

ABSTRACT…… xiii

INTRODUCCION…….. 1

CAPITULO I.……..... 3

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.……..... 3

1.1. Descripción y fundamentación del problema……. 3

1.2. Formulación del problema...……..…….. 4

1.2.1. Problema general…..……..... 4

1.2.2. Problemas específicos…..…… 5

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

1.3.1. Objetivo general…….. ……..... 5

1.3.2. Objetivos específicos……..... 5

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis……... 5

1.4.1. Hipótesis general……..……...…….. 5

1.4.2. Hipótesis especificas……...…….. 6

1.5. Variables…….…… 6

1.5.1. Variable independiente……...…..…….. 6

1.5.2. Variable dependiente. ……..……..... 6

1.6. Justificación e importancia…….……..... 7

1.7. Viabilidad…….……..……..... 8

1.8. Limitaciones…….……..……..... 9

CAPITULO II……..... 10

MARCO TEORICO……. 10

2.1. Antecedentes…….……..……..... 10

2.1.1. Local…….……...……..... 10

2.1.2. Nacional…….……..……..... 11

2.1.3. Internacional……..... 13

2.2. Bases teóricas……..... 14

2.2.1. Acuicultura en la región y el país……..... 14
2.2.2. Paco……..... 15
2.2.3. Conservación del huasaí…….....…….... 16
2.2.4. Importancia socioeconómica del huasaí……..... 16
2.2.5. Clasificación taxonómica del huasaí……. 17
2.2.6. Distribución geográfica del huasaí…… 18
2.2.7. Ciclo de aprovechamiento del huasaí…… 18
2.2.8. Usos del huasaí…….. 18
2.3. Definiciones conceptuales…….. 18
2.3.1. Concepto de acuicultura intensiva……. 18
2.3.2. Concepto de hidroponía……. 19
2.3.3. Concepto de acuaponía…….. 19
2.3.4. Diseño del sistema acuapónico…….. 19
2.3.5. Efluentes…… 20
2.3.6. Morfología y anatomía de las palmeras…… 20
2.3.7. Descripción del huasaí……... 21
2.3.8. Estados de desarrollo del huasaí…… 21
2.3.9. Histología…….. 23
2.3.10. Nutrición mineral de las plantas……..……..... 23
CAPITULO III……..…….……..... 24
METODOLOGIA……..…….…….. 24
3.1. Método de investigación…….. 24
3.2. Tipo y nivel de investigación……. 24
3.3. Población y muestra…….. 24
3.4. Componentes en estudio…… 25
3.5. Tratamientos en estudio……. 25
3.6. Diseño experimental…….. 25
3.7. Ejecución del experimento…… 27
3.7.1. Ubicación y duración del estudio…….. 27
3.7.2. Condiciones de clima y suelo…… 28
3.7.3. Proceso experimental……...……..……... 29

3.7.3.1.Implementación de un sistema acuapónico……. 29
3.7.3.2.Acondicionamiento de los peces…….. 30
3.7.3.3.Colecta de plantas e huasaí……... 30
3.7.3.4.Inicio de la fase experimental……... 30
3.7.4. Variables evaluadas..……..……..... 31
3.7.4.1.Determinación de la composición química y parámetros físico-químicos de los efluentes producto de la crianza de paco como fuente de nutrientes para plantas de huasaí……..……..... 31
3.7.4.2.Tasa de supervivencia de las plantas de huasaí……..... 32
3.7.4.3.Evaluación de los aspectos morfométricos e histológicos de las plantas de huasaí…… 32
3.7.5. Datos registrados…….……...……...……..... 33
CAPITULO IV……. 34
RESULTADOS…… …… 34
4.1. Composición química y parámetros físico-químicos de efluentes productos de la crianza de paco como fuente de nutrientes para plantas de huasaí…….. 34
4.2. Tasa de supervivencia de plantas del testigo y del sistema acuapónico…….……. 36
4.3. Morfometría de las plantas de huasaí……...……... 37
4.3.1. Altura de la planta…….....……. 37
4.3.2. Diámetro de tallo…….…….. 39
4.3.3. Número de hojas…….……...…… 41
4.3.4. Longitud de raíces……..……...…… 43
4.4. Histología de plantas de huasaí……..... 46
4.4.1. Corte histológico de raiz de *Euterpe precatoria*..... 46
4.4.2. Corte histológico tallo de *Euterpe precatoria*…… 50
4.4.3. Corte transversal de la hoja de Euterpe precatoria……..……..... 54
CAPITULO V…… 56
DISCUSION……... 56

5.1. Composición química y parámetros físico-químicos de efluentes productos de la crianza de paco como fuente de nutrientes para plantas de huasaí. ……. 56
5.2. Tasa de supervivencia de plantas del testigo y del sistema acuapónico…… 57
5.3. Morfometría de las plantas de huasaí…….. 58
5.3.1. Altura de la planta…….. 58
5.3.2. Diámetro de tallo…… 58
5.3.3. Número de hojas…… 59
5.3.4. Longitud de raíces…….. 60
5.4. Histología de las plantas de huasaí……. 61
5.4.1. Corte histológico de raíz de Euterpe precatoria. …… 61
5.4.2. Corte histológico de tallo……...…… 61
5.4.3. Corte histológico de hojas……..…… 61
CAPITULO VI……. 62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……..…… 62
6.1. CONCLUSIONES……. 62
6.2. RECOMENDACIONES……..... 64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS…….....……..... 65
ANEXOS…… 73

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio Húmedo de Acuicultura de la Estación Pucallpa del Centro de Investigaciones IVITA, ubicado en el km. 59 de la carretera Federico Basadre, Distrito de Campo Verde, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali. Se tuvo como objetivo determinar el efecto de los efluentes de la crianza de paco (*Piaractus brachypomus*) sobre la adaptación de huasaí (*Euterpe precatoria*) en un sistema acuapónico. Los tratamientos fueron: plantas de huasaí en sustrato solido (testigo), plantas en efluentes del 2% de TDAD del paco (tratamiento 1) y plantas en efluentes del 5% de TDAD del paco (tratamiento 2), conducido bajo un DCA con arreglo factorial con 5 repeticiones, aplicando la prueba de promedios de Tukey (α=0.05). Los resultados indican diferencias entre tratamientos, presentando significancias en la variable calidad de agua, TS, morfometría e histología. Concluyéndose que la adaptación de plantas de huasaí en un sistema acuapónico es viable, el tratamiento con 2% de TDAD tuvo menor contenido de amonio (1.39-1.14 mg/l), menor contenido de nitrito (0.01-0.04 mg/l), mejor conductividad eléctrica (3.13-2.60 mS/m), P fue elevado (40.0.8-19.03 mg/l), niveles mayores de K, Ca y Mg la tuvo el testigo. En cuanto a la TS, las primeras semanas hubo mortandad en los tratamientos, luego se repicó y no hubo mortandad alguna. En morfometría destaca las plantas en efluentes con 2% de TDAD del paco con 19.9 cm de altura, 3 hojas compuestas, con 12.68 cm de longitud de raíces, en diámetro de tallo no hubo diferencias. En los aspectos histológicos se observó oxalatos de calcio en la raíz de las plantas del testigo y el tratamiento del 5% de TDAD. En el tallo de las plantas del 2% y el 5% de TDAD se observó la lignificación de tejidos, el testigo presentó primordios foliares. En las hojas resalta la formación de rafidios.

Palabras clave: Aguas residuales, amonio, calidad de agua, nitrato, piscicultura amazónica, morfometría.

ABSTRACT

The research work was carried out in the Wet Aquaculture Laboratory of the Pucallpa Station of the IVITA Research Center, located at km. 59 of the Federico Basadre highway, Campo Verde District, Coronel Portillo Province, Ucayali Region. The objective was to determine the effect of effluents from paco (Piaractus brachypomus) breeding on the adaptation of huasaí (Euterpe precatoria) in an aquaponic system. The treatments were: huasai plants in solid substrate (control), plants in effluents of 2% TDAD from the paco (treatment 1) and plants in effluents of 5% TDAD from the paco (treatment 2), conducted under a DCA with arrangement factorial with 5 repetitions, applying Tukey's average test (α=0.05). The results indicate differences between treatments, presenting significance in the variable water quality, TS, morphometry and histology. Concluding that the adaptation of huasai plants in an aquaponic system is viable, the treatment with 2% TDAD had lower ammonium content (1.39-1.14 mg/l), lower nitrite content (0.01-0.04 mg/l), better electrical conductivity (3.13-2.60 mS/m), P was high (40.0.8-19.03 mg/l), higher levels of K, Ca and Mg were found in the control. As for TS, the first weeks there was mortality in the treatments, then it repeated and there was no mortality. In morphometry, the plants in effluents with 2% TDAD of the paco stand out with 19.9 cm in height, 3 compound leaves, with 12.68 cm in root length, in stem diameter there were no differences. In histological aspects, calcium oxalates were observed in the roots of the control plants and the 5% TDAD treatment. In the stem of the plants with 2% and 5% TDAD, lignification of tissues was observed, the control presented leaf primordia. The formation of raphides stands out on the leaves.

Keywords: Wastewater, ammonium, water quality, nitrate, Amazonian fish farming, morphometry.

INDICE DE TABLAS

		Pág.
1.	Funciones de los macro y micronutrientes…….	22
2.	Datos registrados al momento del experimento…….....……....	33
3.	Parámetros químicos del suelo y efluentes en dos puntos de muestreo (filtro biológico y sumidero)……	34
4.	Parámetros físico-químicos de efluentes en dos puntos de muestreo (filtro biológico y sumidero)…….……..	35
5.	Tasa de supervivencia (porcentaje de sobrevivencia y mortalidad) de las plantas de huasaí……..	36
6.	Análisis de varianza de la altura de la planta de huasaí..……..…….	37
7.	Prueba de significancia de Tukey (α=0.05) para la altura de las plantas de huasaí ……...…….……..	37
8.	Análisis de varianza del diámetro del tallo de las plantas de huasaí..……...	39
9.	Prueba de significancia de Tukey (α=0.05) para diámetro de tallo de plantas de huasaí..…….…….…….	40
10.	Análisis de varianza del número de hojas de las plantas de huasaí.....……...	41
11.	Prueba de significancia de Tukey (α=0.05) para número de hojas de plantas de huasaí .....…….……	42
12	Análisis de varianza de la longitud de las raíces de las plantas de huasai……....	44
13.	Prueba de significancia de Tukey (α=0.05) para longitud de raíces de plantas de huasaí..…….…….……	44

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
1.	Croquis de distribución de los tratamientos……...…….	27
2.	Ubicación del laboratorio húmedo de la estación IVITA-Pucallpa	28
3.	Esquema del prototipo sistema acuapónico…….....	29
4.	Variación de la altura de plantas de huasaí (*Euterpe precatoria*) mantenidas en un sistema acuapónico durante 120 días……..	38
5.	Variación del diámetro del tallo de las plantas de huasaí (*Euterpe precatoria*) mantenidas en un sistema acuapónico durante 120 días……..	40
6.	Variación del número de hojas de las plantas de huasaí (*Euterpe precatoria*) mantenidas en un sistema acuapónico durante 120 días……..	43
7.	Variación longitud de raíces de las plantas de huasaí (*Euterpe precatoria*) mantenidas en un sistema acuapónico durante 120 días……..	45
8.	Corte trasversal de raíz del tratamiento testigo……...	46
9.	Corte transversal de raiz del tratamiento 1.....	47
10.	Corte transversal de raiz del tratamiento 2.....	48
11	Corte trasversal de tallo del tratamiento testigo…….....	50
12.	Corte trasversal de tallo del tratamiento 1…….....	51
13.	Corte trasversal de tallo del tratamiento 2…….....	52
14.	Hoja *E. precatoria* del T0, T1 y T2 en corte transversal…….....	54
15.	Fotos del proceso experimental.....	74

INTRODUCCIÓN

Según la FAO (2022), la acuicultura es una actividad que suministra el 60% del pescado consumido en el mundo y cuyo crecimiento es constante. Producto de este crecimiento se generan efluentes ricos en nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo, que al ser vertidos dentro de ecosistemas naturales generan daños tóxicos y pueden alterar la comunidad biológica en esos ambientes (Coldebella *et al*., 2018; Duarte, 2018). En tal sentido, se requieren aplicar tecnologías que permitan el aprovechamiento de efluentes, reduzcan alteraciones ambientales generadas por la acuicultura y contribuyan en la seguridad alimentaria.

La acuaponía asocia la producción de plantas que crecen utilizando nutrientes presentes en efluentes producto de la crianza de peces (Cerozi *et al*., 2022). Sus inicios se remontan hacia los aztecas y los chinos del siglo IX: los aztecas construían islas flotantes llamadas "chinampas" donde cultivaban vegetales aprovechando los nutrientes presentes en el agua donde yacían especies acuícolas; mientras que los chinos criaban peces en los arrozales (Jiménez, 2020). Actualmente, la acuaponía es considerada una actividad sostenible que garantiza empleo, conservación del ambiente, optimización del recurso hídrico y del espacio de producción y seguridad alimentaria diversificada (BIOAQUAFLOC, 2022; Cerozi *et al*., 2022).

La acuicultura es reconocida como una actividad económica importante (GOREU, 2021; FAO, 2022). Las principales especies nativas producidas por la acuicultura continental en el Perú son *Piaractus brachypomus* "paco", *Colossoma macropomum* "gamitana" y *Arapaima gigas* "paiche" (PRODUCE, 2022). La producción de estas especies alcanzó las 3,628.29 TM durante el 2021 (PRODUCE, 2022), lo que debe despertar el interés de aplicar tecnologías acuapónicas usando estas especies con el fin de aprovechar sus efluentes.

El paco es la principal especie nativa producida en el Perú, en la Amazonía y en la región Ucayali (PRODUCE, 2022). Se distribuye en las regiones amazónicas de los países de Perú, Bolivia, Brasil, Colombia y Venezuela (García *et al*., 2018). Experiencias que permitan aprovechar efluentes producto de la crianza intensiva de paco serian provechosas con el fin de producir alimentos de interés comercial o conservar especies de interés alimenticio, medicinal, ancestral y de construcción (Sosnowska *et al*., 2010; Navarro, 2014**)**. Una de las especies interesantes es la palmera *Euterpe precatoria* "huasai", que pertenece a la familia Arecaceae. Es propia de la Amazonía desarrollándose tanto en bosques de tierra firme como en bosques inundables (Florez, 2020).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de los efluentes de la crianza de paco en la adaptación de huasaí en un sistema acuapónico en IVITA-Pucallpa, Campo Verde.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema.

La captura de peces desde ambientes naturales está estancada y la población se incrementa, así como la necesidad por proteína de calidad para el consumo, lo que motiva a trabajar en producción alternativa en acuicultura. La acuicultura es parte de la política de estado por su contribución para el desarrollo económico del país y como instrumento para garantizar seguridad alimentaria en regiones al interior como, por ejemplo, en Ucayali (Mendoza, 2013; PRODUCE 2022).

Debido a la importancia de la acuicultura, sus desechos se incrementan, entre ellos los efluentes con carga orgánica importante, principalmente en contenido de nitrógeno y fósforo. Los efluentes producto de crianzas acuícolas, al final de los ciclos de producción, al ser vertidos o eliminados en los cuerpos de agua naturales, como generalmente sucede, ocasionan alteración en las características físico-químicas del medio ambiente, toda vez que estos efluentes contienen alta carga de materia orgánica. Esto causa eutrofización de esos ambientes acuáticos naturales, modificando completamente el ambiente.

Sin embargo, los desechos de la acuicultura son reutilizables, resulta conveniente tener un enfoque holístico de nuestros cultivos y un patrón de aprovechamiento ecológico de los recursos, pudiendo cerrar ciclos con cero desperdicios e ingresos extras (Gonzales, 2020). La acuaponía surge como opción favorable para unir la producción acuícola y la practica hidropónica. Es un método eficiente que aprovecha el nitrógeno y otros nutrientes disueltos para beneficio de las plantas, además de disminuir los daños ambientales (Muñoz, 2012).

El uso de los efluentes como fertilizantes para cultivos mediante sistemas acuapónicos es una alternativa, cada vez más presente, para minimizar los impactos ambientales producidos por la actividad acuícola, es proceder a la reutilización del agua; racionalizando este recurso natural, esencial y cada vez más escaso, en términos cualitativos.

Es común la asociación de hortalizas en los sistemas acuapónicos, sin embargo, durante mucho tiempo se ha infravalorado las especies nativas de la Amazonia que tienen gran valor agroalimentario, una de ellas es el huasaí del cual se aprovecha sus frutos para bebidas, tallo tierno (palmito), raíces (medicinal). Isaza (2014) menciona que, pese que esta planta tiene poca demanda internacional, es un recurso de consumo local por parte de los pobladores amazónicos. Aprovechar productos derivados del huasaí es favorable, ya que se puede encontrar grandes poblaciones a lo largo de la amazonia, donde forma bosques oligárquicos en las vastas planicies inundables. La forma de cosecha de esta especie es destructiva ya que es necesario tumbar la palmera para aprovechar los diferentes beneficios que esta ofrece, por lo tanto, surge la necesidad de conservar esta especie ante su inminente predación.

Por tal motivo, es importante que se evalúen estrategias para poder aprovechar los efluentes resultantes de la crianza de especies nativas, como el paco, como fuentes de nutrientes para la producción de especies de plantas con valor comercial y ambiental, a través de la implementación de un sistema acuapónico innovador. Es por eso que para aprovechar los efluentes y a su vez innovar, se define las siguientes preguntas de investigación:

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el efecto de los efluentes de la crianza de paco en la adaptación de huasaí en un sistema acuapónico en el IVITA-Pucallpa, Campo Verde?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuáles son los parámetros físico-químicos y la composición química de efluentes productos de la crianza de paco como fuente de nutrientes para plantas de huasaí?
- ¿Cuál es el porcentaje de supervivencia de las plantas de huasaí en un sistema acuapónico?
- ¿Cuáles son los aspectos morfométricos e histológicos de las plantas de huasaí mantenidas en un sistema acuapónico?

1.3. Objetivo general y objetivos específicos.

1.3.1. Objetivo general.

Determinar el efecto de los efluentes de la crianza de paco (*Piaractus brachypomus*) sobre la adaptación de huasaí (*Euterpe precatoria*) en un sistema acuapónico en IVITA-Pucallpa, Campo Verde.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar los parámetros físico-químicos y la composición química de efluentes productos de la crianza de paco como fuente de nutrientes para plantas de huasaí.
- Evaluar la supervivencia de las plantas de huasaí en un sistema acuapónico.
- Evaluar los aspectos morfométricos e histológicos de las plantas de huasaí mantenidas en un sistema acuapónico.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis.

1.4.1. Hipótesis general.

Si utilizamos efluentes de la crianza de paco como fuente de nutrientes para plantas de huasaí, entonces se adaptarán en un sistema acuapónico.

1.4.2. Hipótesis específicas.

- Los parámetros físico-químicos y la composición química indican que efluentes productos de la crianza de paco son fuente de nutrientes para plantas de huasaí.
- La supervivencia de plantas de huasaí en un sistema acuapónico son altas.
- Los aspectos morfológicos e histológicos de las plantas de huasaí mantenidas en un sistema acuapónico son favorecidas cuando usan efluentes de la crianza de paco.

1.5. Operacionalización de las variables.

1.5.1. Variable independiente:

- Efluentes producto de la crianza de paco con 2% de Tasa de alimentación y 5% de Tasa de alimentación.
- Tiempo requerido para la adaptación de las plantas de huasaí.

1.5.2. Variable dependiente:

Calidad de agua.

- Parámetros físicos/químicos de calidad de agua: pH, Nitrito (mg/L), dureza (mg/L) y amonio (mg/L).
- Parámetros químicos (macro nutrientes y micro nutrientes).

Tasa de supervivencia de plantas de huasaí.

- Número de plantas vivas al inicio y al final del experimento (%).

Morfometría de la planta.

- Altura de la planta (cm).
- Diámetro del tallo (cm).
- Número de hojas (cm).
- Longitud de la raíz (cm).

Aspectos histológicos de la planta.

- Descripción de los tejidos de las plantas de huasaí.

1.6. Justificación e importancia.

La realización de la siguiente propuesta nos permite aprovechar los efluentes, con elevada carga orgánica, resultantes de la crianza de paco, una especie potencial en piscicultura amazónica, siendo que estos efluentes podrían ser utilizados como fuente de nutrientes para la producción de plantas de huasaí, una palmera de importancia económica y ambiental en la Amazonía, a través de la implementación de un sistema acuapónico. Esto, consecuentemente, contribuye en la reducción de contaminación orgánica en medios naturales cuando los efluentes son vertidos sin previo tratamiento sobre ellos; garantizar el equilibrio de dichos ecosistemas al no ser perturbados por el vertimiento de los efluentes y; minimizar el riesgo de enfermedades y mortalidades en organismos acuáticos a causa de la aparición de patógenos o materia orgánica transferidos desde los efluentes productos de acuicultura.

Son comunes los estudios sobre crecimiento de *Lactuca sativa* "lechuga" usando efluentes productos de crianzas acuícolas con peces amazónicos, dando buenos resultados con el desarrollo de la planta. Sin embargo, es importante priorizar las especies de plantas que están bajo diversas amenazas en su población, ya sea por deforestación, extracción destructiva, realización de carreteras y otras actividades antrópicas. Las palmeras pertenecen al grupo de plantas que sufren alta presión en su población por la extracción destructiva para la cosecha de sus frutos (comestible, artesanía), tallo (palmito, construcción, artesanía), hojas (artesanía) y raíz (medicinal). *Euterpe precatoria* "huasaí", es una especie de palmera amazónica amenazada debido a la disminución de sus poblaciones naturales (IUCN, 2023), presenta alta presión por sus diversos usos de todas las partes de la planta, por ejemplo, del corazón del tallo saca el palmito, la raíz es usada como

medicinal, en los días festivos como “carnaval” esta especie es usada como “yunza”, y para eso, se tumban miles de individuos de esta especie y se venden en las diferentes ciudades de la Amazonía. Por tal motivo, es importante considerar la posibilidad de asociar la crianza de peces con la producción de plantas de huasaí, por medio del uso de efluentes en un sistema acuapónico que permita el cultivo sustentable a modo de vivero para la producción de plantas de esta especie, para luego ser llevadas y sembradas en campo definitivo y, de esa manera, contribuir con su conservación.

1.7. Viabilidad.

El proyecto es viable debido a que se logró responder de forma favorable el problema de investigación; es decir, se logró determinar el efecto de los efluentes de la crianza de pacos sobre la adaptación de plantas de huasaí en un sistema acuapónico. La viabilidad del proyecto se vio favorecida por los siguientes factores:

En primera instancia, la disponibilidad de información bibliográfica; es decir, la existencia de trabajos de investigación, y/o publicaciones relacionadas que anteceden al trabajo planteado, de esta manera nos dieron indicio de la efectividad de los sistemas acuapónicos.

El recurso temporal fue factible, ya que la ejecución del proyecto fue corta, en 4 meses, en este tiempo se ejecutó todo el proceso de la investigación, tales como el planteamiento del problema, marco teórico, diseño de la investigación, tabulación y conclusiones.

No se requirió mayor recurso financiero por parte del tesista, el ente investigador IVITA-Pucallpa financio el estudio, otorgándonos los materiales necesarios para la ejecución del proyecto.

La disponibilidad de recursos naturales como plantas de huasaí y paco, la ejecución del proyecto fue factible por la disponibilidad de estas especies, teniendo en cuenta que estas especies son oriundas de la región.

Recursos humanos, el compromiso del tesista y los involucrados en el proyecto (investigadores y técnicos).

Recursos éticos; con la investigación se busca un bien común, ya que se pretende que las plantas como el huasaí aprovechen los efluentes que normalmente son vertidos a las fuentes naturales, esta manera contribuir a su conservación y propagación de la especie. Además de ello, no se crea ningún daño a las especies trabajadas, pues como se menciona anteriormente es un beneficio mutuo.

1.8. Limitaciones.

Para efecto del proyecto, la evaluación por influencia de los efluentes en la adaptación de las plantas de huasaí fue favorable. Las limitantes del proyecto fue el aspecto económico, esto en cuanto a la parte productiva de los peces y plantas; agregado a ello, una adecuada densidad en la relación nº de peces/nº de plantas de huasaí. Por ello es menester responder estos puntos en futuros proyectos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes.

2.1.1. Local.

Maicua *et* al. (2022), cuyo trabajo se realizó en las instalaciones del Sistema Acuapónico perteneciente la ONG INMEDAndes, ubicado en el Instituto Superior Pedagógico Bilingüe de Yarinacocha, carretera San José 0,5 km, distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali., tuvieron como objetivo evaluar el comportamiento productivo de *Apium graveolens* "apio" cultivado en un sistema acuapónico y en un sistema convencional. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco, longitud de raíces y rendimiento por hectárea en la producción del apio. Los resultados indican que las plantas mantenidas en el sistema acuapónico en asociación con la crianza de *Piaractus brachypomus* "paco" obtuvieron mayores valores de acuerdo a las variables evaluadas a comparación del sistema convencional. Concluyeron que el sistema acuapónico es más eficiente y rentable que los sistemas de producción convencionales, debido a que las plantas mantenidas en el sistema acuapónico evidenció mayor costo beneficio de la producción del apio, además produjo productos de calidad y buen sabor, totalmente orgánica, suministrando proteína animal y biomasa vegetal, de mucha importancia en la seguridad alimentaria, social y económica de la población.

Tankamash (2017), cuyo trabajo se realizó en las instalaciones del sistema acuapónico de la ONG INMEDAndes, ubicado en el Instituto Superior Pedagógico Bilingüe de Yarinacocha. Tuvieron como objetivo, evaluar el comportamiento productivo de *Cyclanthera pedata* "Caigua" en un cultivo acuapónico en comparación con un cultivo convencional en el Distrito de Yarinacocha. La asociación en el sistema acuapónico fue con la crianza de paco. Las variables

evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, numero de flores, numero de frutos inmaduros, longitud de frutos, diámetro de frutos, peso de frutos, numero de frutos por hectárea y rendimiento por hectárea. Concluyeron que el sistema acuapónico tuvo mayor influencia en las variables evaluadas que el sistema convencional.

2.1.2. Nacional.

Lozada (2019), cuyo trabajo realizado en la ciudad de Trujillo, La Libertad, con el objetivo de aplicar un sistema acuapónico que permita facilitar el control de la calidad de agua y elevar la producción asociando *Oreochromis niloticus* "tilapia" y *Lactuca sativa* "lechuga", durante 60 días. Las variables evaluadas fueron el consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso de los peces, conversión alimenticia en los peces y calidad de agua. Los resultados determinaron que los peces crecieron y ganaron peso tanto en el sistema abierto como en el sistema de recirculación, aunque mejores resultados presento el sistema abierto, así mismo las lechugas disminuyeron el nitrógeno presente en el agua.

Morales (2019), quien en su trabajo realizado en la ciudad de Lima en un semi-invernadero durante 42 días, tuvo como fin construir un sistema acuapónico prototipo aplicado a tilapia y *Ocimum basilicum* "albahaca", evaluando su operatividad en función al cultivo de ambas especies. La relación de cultivo fue de 38 tilapias y 18 albahacas. Las variables evaluadas fueron crecimiento de la tilapia, calidad de agua, peso de la planta, longitud y grosor de tallo, longitud de raíz, numero de hojas producidas. Como resultado se encontró que, el contenido de nitritos y nitratos se incrementa conforme el tiempo de funcionamiento del sistema acuapónico en un sistema cerrado, aunque el crecimiento de los peces no se ve afectado. Además, existe un crecimiento significativo de albahaca cultivada en sistema acuapónico, concluyendo que el sistema acuapónico es factible aplicado al cultivo de tilapia gris y albahaca.

Delgado (2020), en su trabajo realizado en el Centro de Investigación Piscícola (CINPIS) de la Universidad Nacional Agraria La Molina buscó evaluar el comportamiento de un sistema de acuaponía cerrado sobre la calidad de los efluentes provenientes de la crianza de tilapia y la producción de lechuga, durante 90 días, considerando como variables la calidad del agua, biomasa total vegetal, ganancia de peso de las lechugas, crecimiento del follaje, crecimiento de la raíz de cada lechuga, crecimiento del pez. En este estudio se encontró que las plantas de lechugas aprovecharon los nutrientes presentes en el efluente evidenciándose en sus características morfométricas, disminuyendo la concentración de compuestos nitrogenados en el agua para poder ser utilizados nuevamente para la crianza de los peces. Se concluyó que la integración de tilapia y lechuga en un sistema acuapónico es factible.

Guevara (2020), en su trabajo en la ciudad de Chiclayo, Lambayeque, con el objetivo de determinar el efecto del bioabono de efluentes de tilapia en el cultivo de *Coriandrum sativum* "culantro" en un sistema acuapónico, durante 90 días. Las variables evaluadas fueron longitud de raíz del culantro, longitud del tallo de la plantas y número de hojas, así como el crecimiento de los peces. Los resultados fueron favorables al desarrollo del culantro y de la tilapia en relación con los parámetros fisicoquímicos del agua, concluyendo que el culantro se puede desarrollar con efluentes producto de la crianza de tilapia.

Carranza *et al*. (2021), quienes realizaron el trabajo en el distrito de Corosha, Amazonas, con el fin de adaptar un sistema acuapónico integrado para la crianza de *Oncorhynchus mykiss* "truchas arcoíris" y el cultivo de lechuga, con tecnología de recirculación de agua y energía solar, durante 120 días. El trabajo fue conducido bajo un diseño de bloques completamente al azar, con un arreglo factorial (3A x 4B), donde el factor A fueron las densidades de siembra (15, 20 y 25 kg de trucha por m^3) y el factor B fueron las variedades de lechuga (Maravilla de invierno, Cuatro

estaciones, Seda y Tropicana). Las variables a medir fueron el crecimiento de hojas, raíz, ancho de hoja, número de hojas por planta, peso de planta en madurez comercial y los niveles de amonio, concluyeron que el cultivo de lechuga y la trucha arcoíris se adaptaron en el sistema diseñado, evidenciándose en las variables evaluadas.

Medina y Vásquez (2021), cuyo trabajo realizado en las ciudades de Chiclayo y San Ignacio en la región de Lambayeque, con el objetivo de implementar acuaponía con tilapia y *Cymbopogon citratus* "hierba luisa", durante 60 días. Con este estudio, se concluyó que es factible asociar la crianza de tilapia con la producción de hierba luisa.

2.1.3. Internacional.

Mazo (2021), cuyo trabajo fue realizado en la ciudad de Antioquia, Colombia. El objetivo fue construir un sistema acuapónico artesanal para aprovechar los desechos orgánicos de trucha arcoíris en la producción de lechugas. Midieron parámetros fisicoquímicos (Tº, salinidad, oxígeno disuelto, dióxido de carbono, pH, alcalinidad, nitritos y nitratos) del agua en los tanques y analizaron el rendimiento y crecimiento de las lechugas en simbiosis con los peces y los desechos orgánicos de los mismos. Concluyeron que el sistema diseñado logró integrar favorablemente los peces y las hortalizas.

Hilmi *et al*. (2022) en la investigación realizada en la ciudad de Yakarta, Indonesia, con el objetivo de analizar la tasa de supervivencia dediferentes especies de manglares (*Rhizophora apiculata, Rhizophora mucronata, Rhizophora stylosa, Sonneratia albay y Avicennia marina*) plantados en sistemas acuapónicos verticales y horizontales en asociación en interaccon con la fauna marina de los manglares. Los datos analizados fueron parámetros físicos-químicos del agua (temperatura, salinidad, pH), textura de suelo, pirita, nitrato y fosfato, tasa de supervivencia de los manglares plantados y tasa de crecimiento en altura de los manglares. Los resultados mostraron

que los parámetros físicos-químicos son los aptos para sustentar árboles de manglares. La tasa de supervivencia en sistemas acuapónicos verticales fue de 55.40% a 96.90%, mientras que en los sistemas acuapónicos horizontales fue de 70.00% a 90.00%. El promedio de la tasa de crecimiento de los manglares por mes fue de 0.95 cm a 2.33 cm.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Acuicultura en el país y la región.

La acuicultura en el Perú es una actividad emergente y está orientada a la producción de *Litopenaeus* spp. "langostinos", *Argopecten purpuratus* "concha de abanico", trucha arcoíris, tilapia y peces amazónicos, principalmente paco, gamitana y paiche. Las posibilidades para su desarrollo son muy grandes por la gran variedad de especies con potencial acuícola, disponibilidad de recurso hídrico, disponibilidad de espacio, clima adecuado, entre los principales. En la Amazonía peruana se consume al año alrededor de 80,000 TM de pescado, lo que es parte de la seguridad alimentaria en la región y una gran fuente de trabajo para las comunidades locales (PRODUCE, 2022).

En muchas zonas del país la acuicultura es una actividad muy practicada. En cuanto a volúmenes de producción, en la costa predominan el cultivo de langostinos encabezado por la región Tumbes (93.40%) y Piura (6.60%), y concha de abanico, sobre todo en Ancash (79.12%) y Lima (19.13%); con una producción de 7 311.51 TM y 2 961 TM. En la sierra se concentra el cultivo de trucha, con una producción en el año 2003 de 2 808.27 toneladas, que se concentra en las regiones de Junín (40.93%) y Puno (45.18%). Finalmente, en la selva, se cultiva paco, gamitana, paiche y otros con 126.16, principalmente en las regiones de Ucayali (42.39%), San Martín (30.13%) y Loreto (21.18%); y la tilapia, con una producción de 113.06 TM, principalmente en la región San Martín (99.47%) (FAO, 2022).

Ucayali es una región cuya economía ha crecido favorablemente en los últimos años (9.60% anual), reduciendo su nivel de pobreza de 39.1% en el 2007 a 11.8% en el 2014. Debe su crecimiento al desarrollo de actividades extractivas, agropecuarias y acuícolas (Salas, 2009). En este contexto, la piscicultura amazónica con especies nativas de fácil crianza, como el paco, adaptadas a cautiverio y de mayor aceptación comercial (PRODUCE, 2022), es una opción no sólo para garantizar seguridad alimentaria, sino que significa la posibilidad de generar ingresos para las familias emprendedoras de la zona (Salas, 2009).

2.2.2. Paco.

El paco es una especie nativa de las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas. Considerada como la especie de mayor potencial productivo y comercial en la piscicultura extensiva e intensiva (Angeles-Escobar *et al*., 2021). La intensificación en la producción acuícola de paco, a pesar de involucrar mayor gasto en la adopción de tecnologías para mantener un crecimiento adecuado del pez, es una práctica que optimiza el espacio de crianza para incrementar su productividad y rentabilidad generando mayores volúmenes de pescado en la misma área de producción, pasando de 1 kg de pescado/m^3 a 12 kg de pescado/m^3 (PRODUCE, 2022).

Catalogue of fish (2023) indica la clasificación taxonómica del paco:

- Reino: Animal
- Filo: Cordados
- Clase: Actinopterygii
- Orden: Characiformes
- Familia: Serrasalmidae
- Género: *Piaractus*
- Especie: *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818)

IIAP- UCAYALI (2000) describe que el dorso es de color gris, blanquecino a los costados, en la inferior de la cabeza, región de la garganta y parte anterior del vientre de color anaranjado, manteniendo esos colores en los alevinos, juveniles y adultos, en los cuales se atenúa este color.

2.2.3. Conservación del huasaí.

Debido a la notoriedad del huasaí por parte de los pobladores de la cuenca amazónica, el aprovechamiento de este viene causando gran impacto sobre las poblaciones naturales presentes en la Amazonía. El verdadero impacto ocurre cuando el poblador aprovecha esta especie para la venta de su palmito, ya que tendrá que tumbar varios árboles para acceder una buena carga de venta que le sea rentable. El largo periodo que necesita la especie para crecer, unido a la ausencia de hijuelos, son factores que favorecen la disminución de las poblaciones en las zonas cercanas de las poblaciones (Hernández y Mass, 2007).

Ante la amenaza del uso y el comercio de este recurso natural, es imprescindible buscar estrategias de conservación, implementando enfoques de desarrollo sostenible y que estos recursos sen mantengan vigente en el tiempo para beneficio del medio ambiente y de sus consumidores. De ese modo se busca innovar el uso y manejo de especies silvestres que mejoren la competitividad y fortalecimiento regional, motivando a los involucrados a las mejoras del manejo, uso y aprovechamiento. Entonces para desarrollar este modelo se formula la adaptación de huasaí en ambientes artificiales, esto como estrategia para su recuperación y luego ser trasplantados a ambientes definitivos para su crecimiento y conservación (Castro *et al*., 2015).

2.2.4. Importancia socioeconómica del huasaí.

Pese a que el huasaí tiene poca difusión en el mercado a comparación de otras palmeras, es un recurso de gran importancia ya que satisface al poblador amazónico, debido a los diversos

beneficios que este ofrece en cuanto a la alimentación, medicina, construcción y artesanía; constituye un cimiento en la economía y cultura de dichos pobladores (Peralta, 2009).

Para el aprovechamiento del palmito se requiere talar dicha palmera, la cual reduce la población (Peralta, 2009). Un gran potencial se ve en el aprovechamiento de los frutos ya que existe una industria que realiza diversos derivados de este; por ejemplo, pulpa de huasaí, esencia de huasaí, polvo de huasaí, perfumes, jabones, entre otros (Huamán y Sánchez, 2019).

Las ripas no cuentan con un mercado definido en las comunidades amazónicas. Sin embargo, la venta de su chonta o palmito, supera ampliamente a otros productos en la región siendo este el principal causante de su explotación y la disminución de sus poblaciones. No obstante, las costumbres ancestrales y el fino acabado que presenta el material, hacen que en la actualidad la especie sea más apreciada para la construcción de infraestructuras comunales y turísticas. Con los frutos recolectados, la comunidad elabora pulpa de huasaí, mermelada y refrescos embotellados. La idea es elaborar más productos parecidos para poder obtener mayores ingresos económicos (Panaigua-Zambrana *et al*., 2017).

2.2.5. Clasificación taxonómica del huasaí.

Esta palmera presenta a la siguiente clasificación taxonómica (Catalogue of life, 2023):

- Reino: Planta
- Filo: Tracheophyta
- Clase: Liliopsida
- Orden: Arecales
- Familia: Arecaceae
- Género: *Euterpe*
- Especie: *Euterpe precatoria* Mart.

2.2.6. Distribución geográfica del huasaí.

Tiene una extensa distribución, desde Centroamérica hasta los bosques amazónicos, es común encontrarlos en zonas bajas, específicamente en las riberas. Se distribuye en las zonas inundables de la amazonia, con poblaciones densas de 50 a 64 plantas/ha, en tierras firmes se encuentran más dispersas (Aranguren *et al*., 2014).

2.2.7. Ciclo de aprovechamiento del huasaí.

Hernández y Mass (2007) mencionan que es una palmera de desarrollo tardío, requiriendo 7 a 8 años para alcanzar la madurez, la cual incluye su aprovechamiento a esta edad. A los 30 años es donde alcanza una altura de 12 metros, edad ideal donde se aprovecha como palmito o como ripas.

2.2.8. Usos del huasaí.

De uso diversos, comercialmente se usa como palmito y preparación de bebidas a partir de su fruto. El tronco se usa para la construcción de casas y malocas (Castro *et al*., 2015).

Alimento fuente de carbohidratos, antioxidantes, ácidos grasos y carotenos para los habitantes amazónicos, características que en los últimos tiempos paso a ser tenido en cuenta por consumidores urbanos, rompiendo el paradigma de que solo es un alimento exclusivo de los pobladores rurales (Aranguren *et al*., 2014).

2.3. Definiciones conceptuales.

2.3.1. Concepto de acuicultura intensiva.

Morales (2019) cita que la acuicultura es el cultivo de organismos acuáticos (peces, crustáceos, moluscos, etc.) donde el hombre influye en el desarrollo para intensificar el rendimiento con el fin de producir alternativas de alimento y generar empleo.

Berger (2020) define la acuicultura intensiva como la actividad que procura obtener los máximos rendimientos por unidad de volumen, aplicando grandes concentraciones de las poblaciones en el cultivo, para lo cual se requiere de alta tecnología para el manejo de los ambientes. Por ello es necesario una mayor inversión. Estas suelen ser de ciclo completo, es decir, se aplica a todo el ciclo productivo de una especie. Es preciso mencionar que la acuicultura intensiva busca poner a disposición de los demandantes alimentos de calidad.

2.3.2. Concepto de hidroponía.

Hidroponía cuya etimología es griega, tiene como significado: “hydro” agua y “ponos” trabajo. La hidroponía se establece como un sistema de producción artificial de plantas donde no interviene el suelo, sino los nutrientes son vertidos a través del agua para el aprovechamiento de las plantas, estos nutrientes pueden ser químicos o residuos de los animales producto de la crianza de los mismos (Morales, 2019).

2.3.3. Concepto de acuaponía.

Es la actividad donde se asocia la crianza de peces y algún cultivo vegetal, la aplicación de este sistema busca que el cultivo vegetal aproveche los nutrientes disueltos en el agua producto de las excretas de los peces (Muñoz, 2012).

2.3.4. Diseño del sistema acuapónico.

Según Muñoz (2012) los componentes necesarios son:

- Tanque para mantener los peces (u otra especie acuática).
- Un decantador que separe las partículas de restos de la comida no consumida.
- Un biofiltro que contenga un sustrato (grava, plásticos, etc. Se recomienda el uso de biobolas) para que las bacterias puedan adherirse a su superficie y estas puedan convertir el amonio en nitrato, el cual es fuente de nutrientes para las plantas.

- Camas hidropónicas donde se coloque las plantas. Ocasionalmente también es posible colocar los peces y las plantas en el mismo tanque de cultivo; pero es necesario adicionar algún tipo de malla o red que proteja las raíces de las plantas para evitar que sean maltratadas o incluso comidas por los organismos acuáticos del cultivo.
- Un sumidero donde el agua proveniente de las camas hidropónicas sea colectada.

En el sistema todos los elementos se conectan. El agua con nutrientes pasa del tanque de los peces al decantador, donde se separa el agua de las partículas; después el agua sigue al biofiltro, el cual cuenta con un sustrato que permite alojar una gran cantidad de bacterias nitrificantes; seguidamente, el agua con nutrientes pasa a las camas hidropónicas donde se encuentran las plantas; luego de ello el agua se colecta en un sumidero (Muñoz, 2012).

2.3.5. Efluentes.

Boyd (2019) menciona que los efluentes son la causa del incremento de la piscicultura, debido al alimento comercial suministrado; por lo mismo lo define como agua cargada de nutrientes, principalmente de nitrógeno y fósforo.

Los efluentes pueden ser tratados antes de ser vertidos de las piscigranjas hacia los cuerpos de agua naturales, reduciendo el exceso de nutrientes en los ecosistemas acuapónicos.

2.3.6. Morfología y anatomía de las palmeras.

Bonells (2018) menciona que las palmeras se diferencian de otros arboles por lo siguiente:

- **Tallos.** Estípite de forma cilíndrica. El tallo de las palmeras jóvenes crece lentamente, acrecentando su diámetro con cada salida de una nueva hoja. El bulto en la base de tallo de las palmeras adultas se debe al desarrollo de raíces nuevas dentro del estípite, aunque el aumento de células parenquimáticas o la formación de lignina pueda que contribuya

a ese bulto. Los tallos poseen un meristema apical. Los haces vasculares se encuentran dispersos por todo el cilindro central del tallo (Bonells, 2018).

- **Raíces.** Las raíces de las palmeras son adventicias. Las raíces de la palmera se originan en la región externa del cilindro central donde se conectan con haces vasculares en el tallo. Algunas raíces primarias pueden crecer hacia abajo, pero la mayoría crece lateralmente. Las raíces secundarias, terciarias e incluso de cuarto orden son proporcionalmente más pequeñas en diámetro y longitud, son de corta duración y, a menudo, crecen hacia la superficie del suelo. Estas son las raíces que absorben el agua y los nutrientes. Las raíces de las palmeras no tienen pelos radiculares como las raíces dicotiledóneas. Debido a que carecen de un cambium, las raíces de las palmeras adyacentes no pueden injertarse, como lo hacen en los árboles dicotiledóneas (Bonells, 2018).
- **Hojas.** Las hojas de palmera son generalmente de tres tipos: Hojas pinnadas, hojas palmadas y hojas costapalmadas (Bonells, 2018)

2.3.7. Descripción del huasaí.

Se caracteriza por tener un único tallo erecto, cuya altura es de 10 m a 20 m y cuyo diámetro es de 10 cm a 23 cm. Con una corona de 10 a 20 hojas. Los frutos son esféricos con 1 cm de diámetro, de color violáceo en la madurez (Castro et al., 2015).

Semejante a *Euterpe oleracea*, solo que esta se caracteriza por tener tallos cespitosos, semillas con endospermo agrietado y sus plántulas tienen hojas bífidas (Castro et al., 2015).

2.3.8. Estados de desarrollo del huasaí.

Hernández y Mass (2007) hacen mención que las plantas de huasaí presentan hojas compuestas desde la germinación, aumentando estas a medida que la planta crece. Para esta especie se establece tres categorías de desarrollo:

- **Categoría 1:** Planta con hojas igual o menor de 40 cm de largo; por lo regular tiene de 2 a 4 hojas y 6 a 7 hojuelos.
- **Categoría 2:** Planta cuya hoja más larga mide de 40 a 80 cm; generalmente tiene más de 7 hojuelos por hoja.
- **Categoría 3:** Planta con hojas de más de 80 cm de largo.

2.3.9. Histología.

Rama de la anatomía que analiza la morfología y fisiología de los tejidos vegetales que constituyen los órganos de las plantas. Etimológicamente proviene del griego ´´histo`` tejido; ´´logía`` estudio (Pérez, 2017).

2.3.10. Nutrición mineral de las plantas.

La nutrición puede definirse como el suministro requerido y el aprovechamiento de compuestos químicos necesarios para el desarrollo de un organismo (Mengel y Kirkby, 2000).

Pacheco (2019) define las funciones de los macronutrientes y micronutrientes de la siguiente manera:

Tabla 1.

Funciones de los macro y micronutrientes.

Elementos	Forma de asimilación	Funciones
		Macronutrientes
Nitrógeno	$N0_3$, NH_4	Estimula el rápido crecimiento, da un color verde intenso a las hojas y mejora su calidad.
Fosforo	H2PO4	Estimula el desarrollo precoz de las raíces y el crecimiento de la planta. Desarrollo rápido y vigoroso de las plantas jóvenes.

Potasio	K	Aporta vigor ante condiciones desfavorables y resistencia a las enfermedades. Ayuda formar, transportar y acumular azucares y almidones.
		Micronutrientes
Magnesio	Mg	Se desempeña como molécula en el núcleo de la clorofila. Sirve como elemento estructural en las membranas celulares.
Azufre	SO_4	Favorece el desarrollo más rápido de las mismas. Coopera con conservar el color verde intenso de las hojas.
Calcio	Ca	La función principal del Ca es la elongación celular y una división celular vigorosa (crecimiento).
Hierro	Fe	Parte de la fabricación de la clorofila, el traslado del oxígeno y la reducción de sulfatos y nitratos.
Boro	BO_3	Vinculado a la división y crecimiento celular, al ajuste de hormonas, germinación y polinización. Es clave en la etapa de floración.
Cloro	Cl	Desencadena repuestas fotosintéticas que originan el oxígeno. Es importante en el cierre y apertura de las estomas.
Cobre	Cu	Interviene en la respiración, fotosíntesis y en la biotransformación de proteínas y carbohidratos. Forma semillas viables.
Molibdeno	MoO_4	Protege a la planta de toxinas y bacterias. Participa en los procesos de disminución de nitratos facilitando el empleo del N.
Manganeso	Mn	Primordial en la biotransformación de N y en la respiración celular. Participa en la creación de azúcares y en la liberación de O2 a lo largo de la fotosíntesis. En la germinación apoya con la formación de carbohidratos. Induce a la aparición raíces laterales.
Zinc	Zn	Obra como afianzador de la molécula de la clorofila. Participa en la respiración, síntesis de auxinas, proteínas, enzimas, en el metabolismo de la glucosa, oxidación y obtención de energía. Además de ello participa en la creación de hormonas involucradas en el crecimiento de las plantas.

Nota. Tomado de Pacheco (2019, p. 12).

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Método de investigación.

Los principales métodos que se usaron para esta investigación fueron el análisis de datos, síntesis, cuantitativo, descriptivo, estadístico y razonamiento inductivo.

3.2. Tipo y nivel de investigación.

Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, en razón que se usó conocimientos de ciencias como la biología, la agronomía, entre otros; a fin de aplicar en el proceso para la determinación del efecto de efluentes sobre la adaptación de plantas de huasaí en un sistema acuapónico

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio cuantitativo del tipo experimental.

3.3. Población y muestra.

Se consideró una población total de 45 plantas, distribuidas en 3 tratamientos, cada tratamiento contó con 15 plantas; para muestra se tomaron 5 plantas de cada tratamiento, siendo esta las repeticiones.

T0= Plantas de huasaí con sustrato de tierra. →
T0-R1: Sustrato + huasaí.
T0-R2: Sustrato + huasaí.
T0-R3: Sustrato + huasaí.
T0-R4: Sustrato + huasaí.
T0-R5: Sustrato + huasaí.

T1= Tasa de Alimentación de 2%. →
T1-R1: Efluente/huasaí.
T1-R2: Efluente/huasaí.
T1-R3: Efluente/huasaí.
T1-R4: Efluente/huasaí.
T1-R5: Efluente/huasai.

T2= Tasa de Alimentación de 5%. →
T2-R1: Efluente/huasaí.
T2-R2: Efluente/huasaí.
T2-R3: Efluente/huasaí.
T2-R4: Efluente/huasaí.
T2-R5: Efluente/huasaí.

3.4. Componentes en estudio.

Los componentes en estudio fueron las plantas de huasaí y los efluentes de la crianza de paco como fuente de nutrientes. Este último nos ayuda a determinar el tiempo de adaptación de estas plantas en el sistema acuapónico. Es por ello que las plantas de huasaí y los efluentes fueron el componente de estudio.

3.5. Tratamientos en estudio.

Se tuvo tres tipos de tratamientos: Tratamiento testigo (T0), tratamiento 1 (T1) y el tratamiento 2 (T2).

El tratamiento testigo estuvo compuesto por 15 plantas de huasaí en bolsas de polietileno con sustrato suelo del medio natural de donde se colectó las plantas.

El tratamiento 1 corresponde al grupo de 15 plantas que recibieron efluentes de la crianza de pacos alimentados a una tasa de alimentación de 2% en relación a la biomasa, con frecuencia de alimentación de 2 veces por día (08h y 16h) (carga orgánica moderada).

Mientras el tratamiento 2 corresponde al grupo de 15 plantas que recibieron efluentes de la crianza de pacos alimentados a una tasa de alimentación de 5%, con frecuencia de alimentación de 2 veces por día (carga orgánica elevada).

3.6. Diseño experimental.

El diseño estadístico utilizado en la investigación fue el Diseño Completamente Al Azar (DCA) con arreglo factorial de 3x5, para determinar las diferencias significativas se aplicó la prueba de promedios de Tukey con un alfa de 0.05 de grados de libertad.

Modelo matemático:

$$Yij = u + ti\ (Ai + Bj + ABij) + eij$$

Yijk: Observación de la variable respuesta obtenida del tratamiento con el i-ésimo de A, el j-ésimo de B y la repetición k-ésima.

μ: Media general.

Ai: Efecto del i-ésimo factor A en estudio.

Bj: Efecto del j-ésimo factor B en estudio.

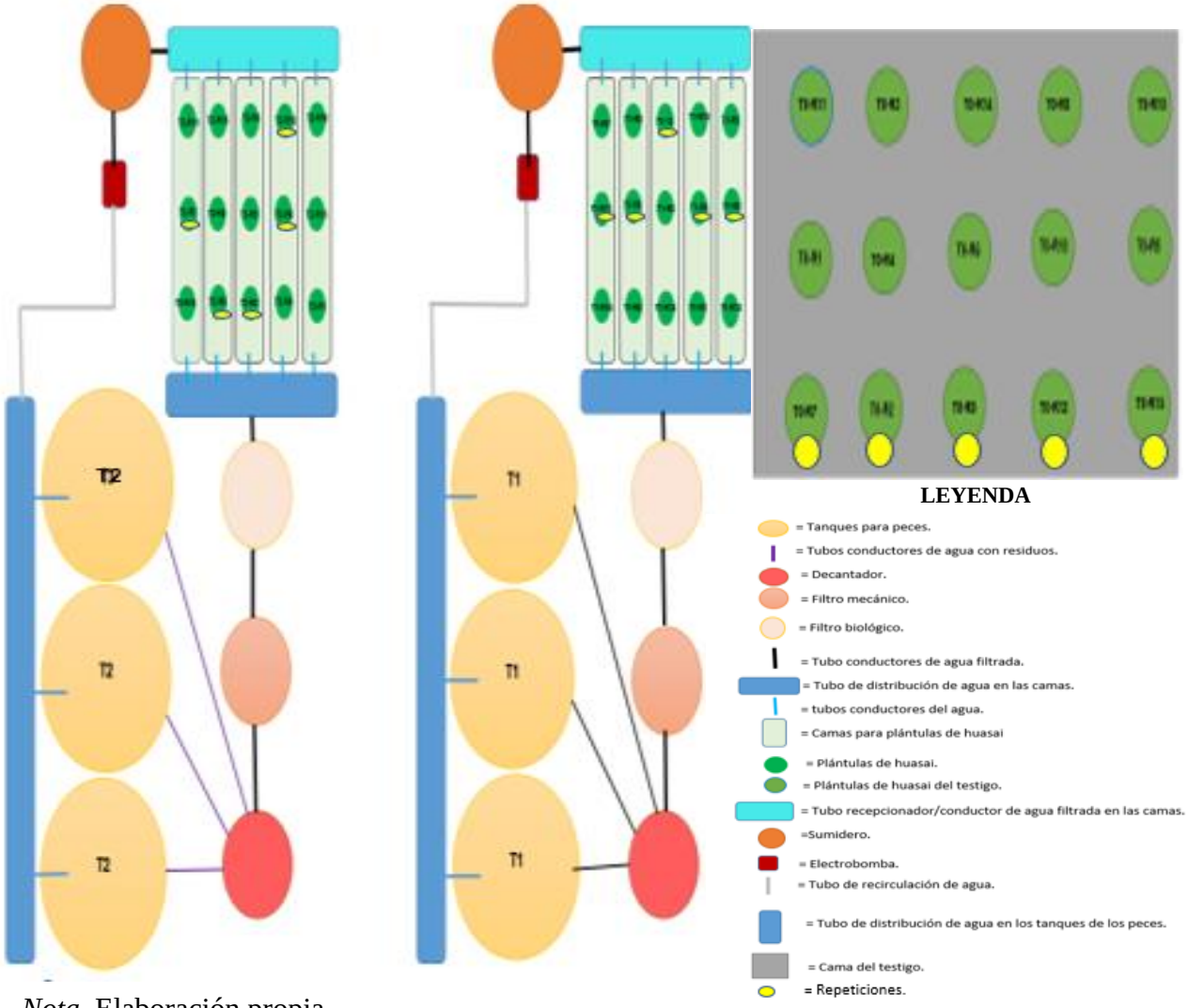
AiBj: La interacción del i-ésimo factor A por el j-ésimo factor B en estudio en su repetición k.

eij: Error experimental.

La homogeneidad inicial del peso de los peces fue confirmada por la prueba Q de Cochran ($p<0.05$). La homogeneidad inicial valorizada para la distribución de las plantas en el sistema hidropónico fue altura similar (confirmada por la prueba Q de Cochran ($p<0.05$)) e igual número de hojas. La normalidad de todos los datos (parámetros químicos y físico-químicos de suelo vs. efluentes, morfometría de las plantas) se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($p<0.05$). Los datos de parámetros químicos y físico-químicos de suelo vs. efluentes fueron sometidos a una prueba de ANOVA de un factor y test de Tukey ($p<0.05$). Los datos de morfometría de las plantas fueron sometidos a una prueba de ANOVA de dos factores (sustrato vs. tiempo) y test de Tukey ($p<0.05$). Los datos de histología de las plantas fueron descritos conforme a sus características cualitativas. Los datos fueron analizados utilizando el software Statistic 10.0.

Figura 1.

Croquis de distribución de los tratamientos.



Nota. Elaboración propia.

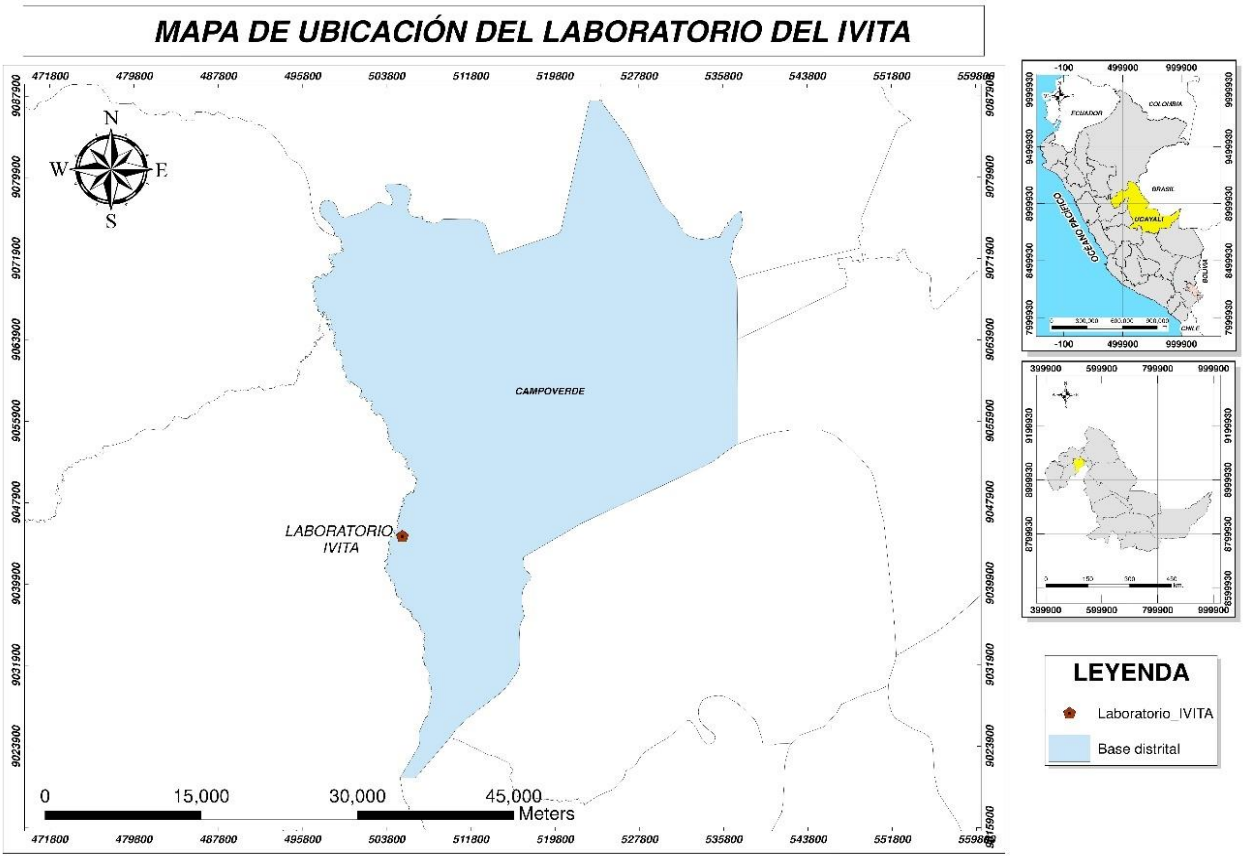
3.7. Ejecución del experimento.

3.7.1. Ubicación y duración del estudio.

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio Húmedo de Acuicultura de la Estación Pucallpa del Centro de Investigaciones IVITA (8°39'15"S y 74°56'34"W) ubicado en el km 59 de la carretera Federico Basadre, Distrito de Campo Verde, Provincia de Coronel Portillo, Región de Ucayali. El experimento tuvo una duración aproximada de 120 días calendario.

Figura 2.

Ubicación del laboratorio húmedo de la estación IVITA-Pucallpa.



Nota. Elaboración propia.

3.7.2. Condiciones de clima y suelo.

El trabajo se realizó durante los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, según SENAMHI Pucallpa (2022) durante estos meses, la temperatura ambiente promedió los 30º C y con precipitaciones de 219 mm en los meses de octubre y noviembre. Sin embargo, cabe señalar que el trabajo de investigación se realizó en instalaciones del laboratorio húmedo del IVITA, según las fuentes propias del IVITA Pucallpa la temperatura ambiental del laboratorio tienen un promedio de 28.1 ºC, las unidades experimentales estuvieron bajo sombra.

En cuanto a las condiciones de suelo para el tratamiento testigo, la CIC fue de 4.61Cmol/Kg, con una clase textural de franco-arenoso.

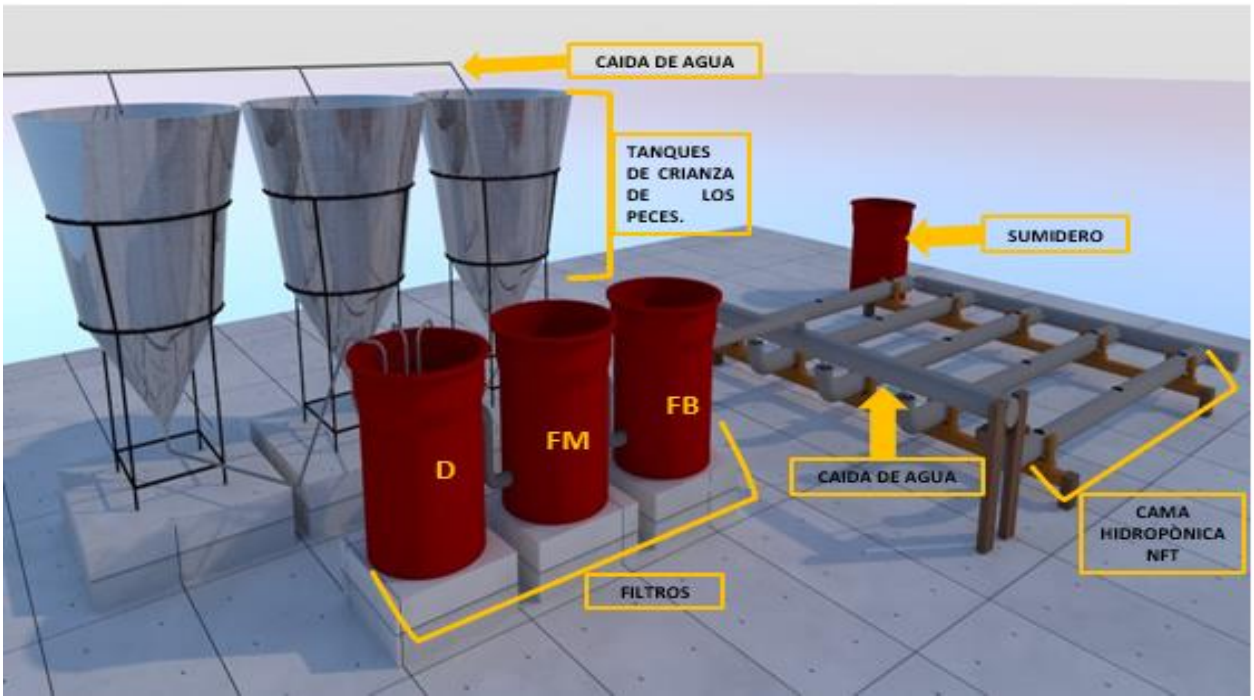
3.7.3. Proceso experimental.

3.7.3.1. Implementación de un sistema acuapónico.

Se instalaron dos sistemas de acuaponía. Cada sistema estuvo constituido de tres tanques de fibra de vidrio de 200 litros de fondo cónico, color crema. Este grupo de tanques se asoció mediante tubos de ½ pulgada de diámetro a un decantador, la misma se conectó a un filtro mecánico y un filtro biológico con tubos de 2 pulgadas de diámetro, para finalmente desembocar a un tubo de 4 pulgadas con salida de tubos ½ pulgada de diámetro, la cual repartió el agua a las camas del sistema hidropónico. El sistema hidropónico NFT estuvo compuesto por cinco tubos de PVC de 4 pulgadas de diámetro, se realizó 3 hoyos en cada tubo con la finalidad de alojar las plantas de huasaí. El sistema finalizó en un sumidero que recepcionó el agua aprovechada por las plantas.

Figura 3.

Esquema del prototipo sistema acuapónico.



Nota. Elaboración propia. *D: decantador, FM: filtro mecánico, FB: filtro biológico.*

Un sistema sirvió para la crianza de peces con tasa de alimentación TAD al 2% en relación con la biomasa y materia orgánica moderada, mientras que en el otro sistema los peces se alimentaron con TAD al 5% y materia orgánica elevada.

3.7.3.2. Acondicionamiento de los peces.

Un total de 180 juveniles de paco (280.00±0.28g; 25.00±0.55 cm) fueron capturados de los lotes de semilla producida en la estación IVITA Pucallpa. Esta captura incluyó un número extra para cubrir posibles pérdidas por mortalidades. Los peces fueron transportados hacia el laboratorio en bolsas con agua previamente oxigenadas y alojadas en un tanque de fibra de vidrio de 2000 litros de capacidad, con flujo de agua y aireación constante, donde fueron alimentados dos veces al día (8:00 y 16:00) hasta saciedad aparente por un periodo de 17 días antes de ser distribuidos al sistema acuapónico, a fin de que los peces puedan adaptarse a las condiciones laboratoriales. Para reducir el estrés y prevenir la aparición de patógenos como bacterias u hongos, diariamente se les dio baños de sal (5% de sal/litro) por un periodo de 20 minutos.

3.7.3.3. Colecta de plantas de huasaí.

Para esta actividad se procedió a buscar plantas de huasaí en el bosque del tipo secundario de la Estación IVITA-Pucallpa, la búsqueda se realizó con la ayuda de seis trabajadores técnicos de la Estación. Dicha actividad se realizó tres días antes del inicio del experimento. Se colectó un total de 55 plantas considerando una altura próxima de 15 cm y con 2 hojas. Estas plantas se distribuyeron en tres bandejas de 40 litros con sustrato tierra procedente del lugar de colecta y mantenidas allí durante tres días previo al inicio del experimento.

3.7.3.4. Inicio de la fase experimental.

Se procedió a distribuir los peces del tanque negro con un peso promedio de 280.00±0.28g y tamaño promedio de 25 ±0.55 cm para los tanques del sistema acuapónico a una

densidad de 10 peces/tanque. Para garantizar la adaptación al sistema de experimentación se procedió a alimentarlos a saciedad aparente por tres días a una frecuencia de 2 veces al día (08:00 h y 16:00h) utilizando alimento comercial con 26% de PB.

Tres días después, se procedió a trasplantar las plantas de huasaí en las camas de PVC, en cada tubo se puso un total de 3 plantas de huasaí, haciendo un total de 15 plantas por tratamiento. Adicionalmente, un grupo de 15 plantas fueron trasplantadas a bolsas de polietileno de 2 kg, utilizando como sustrato el suelo de donde se sustrajo las plantas. Este grupo de plantas actuó como tratamiento testigo.

Durante el período experimental, los peces fueron alimentados con una TAD de 2% y 5% en función a la biomasa, con ajustes mensuales.

La técnica usada para el sistema hidropónico fue el sistema NFT (Técnica de película de nutriente) donde se envolvió las raíces con una esponja que actuó como sustrato la cual aprovechó la lámina de nutrientes presentes en el agua (efluentes), una vez filtrada el agua esta pasó al sumidero.

3.7.4. Variables evaluadas.

3.7.4.1. Determinación de la composición química y parámetros físico-químicos de los efluentes producto de la crianza de paco como fuente de nutrientes para plantas de huasaí.

En cuanto a los parámetros físico-químicos de cada tanque de crianza; diariamente a las 6:00, se monitoreó la adecuada crianza de los peces, se evaluaron en término de pH, Temperatura (ºC), Oxígeno disuelto (mg/L).

Mensualmente, fueron monitoreados los efluentes en dos puntos de muestreo (filtro biológico y el sumidero) los siguientes parámetros: pH, Nitrito (mg/L), dureza (mg/L) y

amonio (mg/L) utilizando el Kit colorimétrico de análisis de agua LaMotte AQ-2 (3633-05).

En cuanto a la composición química, esta se realizó finalizando el experimento; se colectó muestras de los efluentes para la realización de análisis de nutrientes, en dos puntos de muestreo (Filtro biológico y en el sumidero). Estos análisis fueron realizados en el laboratorio de suelos del INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). Como medida comparativa con los efluentes se realizó el análisis de nutrientes del suelo al final del experimento.

3.6.4.2. Tasa de supervivencia de las plantas de huasaí.

Una de las formas de determinar la adaptación de las plantas de huasaí en los sistemas acuapónicos fue evaluar al inicio y al final del experimento el número de plantas vivas con respecto al total. La expresión matemática es la siguiente:

Tasa de supervivencia de plantas= (Número de plantas vivas en un tiempo determinado/Población total) *100

3.6.4.3. Evaluación de los aspectos morfométricos e histológicos de las plantas de huasaí.

La primera evaluación fue al inicio del experimento y posteriormente con frecuencia mensual teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- **Altura de la planta:** Con una regla graduada se midió desde la base de la planta hasta la parte más alta de la planta con frecuencia mensual.
- **Diámetro del tallo:** Haciendo uso de un vernier. Esta medida nos proporcionara datos del crecimiento secundario (crecimiento en grosor) en relación a la altura, con frecuencia mensual.
- **Número de hojas:** Se procedió al conteo de números de hojas al inicio del experimento y la aparición de nuevas hojas durante el experimento.

- **Longitud de la raíz:** Con la ayuda de una regla graduada se midió la totalidad de las raíces.

En cuanto a los aspectos histológicos de las plantas, se realizó al final de la fase experimental, donde se escogió aleatoriamente un conjunto de tres plantas por tratamiento para su evaluación histológica mediante cortes a mano alzada. Esto con el fin de evidenciar si hubo diferencias histológicas por la influencia de los efluentes de las plantas sometidas al tratamiento 1 y tratamiento 2 con respecto al tratamiento testigo. Los aspectos evaluados fueron los siguientes:

- **Tejidos fundamentales:** Se realizó cortes transversales en el tallo y la raíz para observar los tejidos vasculares; células del parénquima, células de la colénquima y las células del esclerénquima.
- **Epidermis:** Se realizó cortes longitudinales en las hojas, con el fin de observar los tejidos que la conforman.

El proceso de los cortes histológicos consistió en realizar cortes finos con un bisturí y una gilet a medidas de micras al tejido en estudio (tallo, peciolo y hojas) para luego ser teñidas en safranina y ser montadas en el portaobjetos para ser observadas en el microscopio.

3.6.5. Datos registrados.

Tabla 2.

Datos registrados al momento del experimento.

Calidad de agua		**Tasa de supervivencia**	**Morfometría**	**Histología**
Parámetros químicos	Parámetros fisicoquímicos	Porcentaje de plantas vivas.	Altura de la planta (cm), Longitud (cm), Diámetro del tallo (cm) Numero de hojas, Longitud de la raíz (Cm)	Descripción de tejidos fundamentales.
unidad de pH, mg/L de nitrito, mg/L de dureza, mg/L de amonio	mg/L de macronutrientes y mg/L de micronutrientes			

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Composición química y parámetros físico-químicos de efluentes productos de la crianza de paco como fuente de nutrientes para plantas de huasaí.

Tabla 3.

Parámetros químicos del suelo y efluentes en dos puntos de muestreo (filtro biológico y sumidero).

Parámetros	Suelo	Efluente - TDA 2%		Efluente - TDA 5%		Valor de p
		FB	S	FB	S	
pH	4.37±0.15a	6.83±0.15c	7.00±0.01c	6.37±0.12b	6.80±0.01c	<0.05
Conductividad eléctrica (mS/m)	2.30±0.20b	3.13±0.32b	2.60±0.01b	6.57±0.81a	3.10±0.10b	<0.05
Potasio (mg/L)	5.33±1.13	4.87±0.21	4.87±0.21	6.55±1.02	6.55±1.02	n.s.
Fósforo (mg/L)	8.25±0.46a	40.08±0.21c	19.03±0.01a	78.9±11.41b	25.7±1.69ac	<0.05
Calcio (mg/L)	54.6±2.25a	0.02±0.01b	0.02±0.01b	0.01±0.01b	0.01±0.01b	<0.05
Magnesio (mg/L)	7.32±0.21a	0.21±0.02bc	0.10±0.01b	0.44±0.02c	0.13±0.03b	<0.05

Nota. TDA = tasa diaria de alimentación en relación a la biomasa; FB = filtro biológico; S = sumidero; n.s. = no significativo.

De acuerdo al cuadro de los datos de análisis químico del suelo y efluentes, se nos muestra que; en el contenido de los parámetros de pH, potasio, fosforo, calcio y magnesio hay diferencias; mientras que en el potasio se nos muestra que el contenido es similar.

El tratamiento con 2% de TDA del paco, muestra que el efluente tiene un pH neutro tanto en el filtro biológico (FB) y el sumidero (S), en consonancia con el tratamiento con 5% de TDA del paco la cual muestra valores de pH similares, sin embargo, con menos neutralidad; así mismo el tratamiento con sustrato solido (suelo) evidenció un pH acido. La conductividad eléctrica el cual es un indicador de iones disueltas en el agua nos muestra una diferencia significativa con respecto del T2= TDA 5% con respecto a los demás tratamientos.

El tratamiento con sustrato solido (suelo), el tratamiento con 2% de TDA del paco y el tratamiento con 5% de TDA del paco muestran valores similares con respecto al contenido del

potasio (K), así mismo no se evidencia una disminución de este nutriente con respecto al recorrido que el efluente realiza desde el filtro biológico (FB) hasta el sumidero (S). El tratamiento con 2% de TDA del paco y el tratamiento con 5% de TDA del paco mostraron valores superiores del contenido de fosforo (P) con respecto al tratamiento del sustrato solido (suelo) donde el contenido fue menor; así mismo se evidencia el aprovechamiento de este nutriente por parte de las plantas ya que en su recorrido desde el filtro biológico hasta el sumidero estas se ven disminuidas, el tratamiento con 2% de (40.08-19.03 mg/l) y tratamiento con 5% (78.9-25.7 mg/l) respectivamente.

El contenido de calcio (54.6 mg/l) y magnesio (7.32 mg/l) es superior en el tratamiento con sustrato solido (suelo), en comparación con los efluentes del 2% y el 5% de TDA donde el contenido es mínimo. Deduciendo el aprovechamiento de estos nutrientes por parte de los peces.

Tabla 4.

Parámetros físico-químicos de efluentes en dos puntos de muestreo (filtro biológico y sumidero).

Parámetros	Efluente - TDA 2%		Efluente - TDA 5%		Valor de p
	FB	S	FB	S	
Dureza (mg/L)	36.25±8.96	30.00±10.52	39.00±7.57	29.00±18.00	n.s.
Amonio (mg/L)	1.39±0.92	1.14±0.83	1.14±1.01	1.88±0.25	n.s.
Nitrito (mg/L)	0.01±0.03	0.04±0.05	0.01±0.03	0.06±0.09	n.s.

Nota. TDA = tasa diaria de alimentación en relación a la biomasa; FB = filtro biológico; S = sumidero; n.s. = no significativo

En cuanto a la dureza del agua, el cual es un indicador de cationes multivalentes presentes en el agua, indica que no se encuentra diferencias significativas entre los tratamientos con Tasa de Alimentación Diaria de 2% y 5%; sin embargo, el agua en su recorrido desde filtro biológico (FB) evidencia que hay una dureza levemente elevada, luego esta pasa por las camas hidropónicas y culmina en el sumidero (S) donde la dureza se ve disminuida para ambos tratamientos. Esta disminución es indicador de que las plantas mantenidas en las camas hidropónicas aprovecharon los nutrientes disueltos en el agua.

Los valores de Nitrito no muestran diferencias significativas, los valores son similares tanto en el filtro biológico (FB) y en el sumidero (S). Así mismo los valores de amonio tampoco muestran diferencias significativas.

4.2. Tasa de supervivencia de plantas del testigo y del sistema acuapónico.

La tasa de supervivencia inicial (TS inicial) es el número de plantas vivas y muertas durante las primeras dos semanas del inicio del experimento, las que se hallaron muertas fueron reemplazadas, los reemplazos de las plantas tuvieron las mismas características morfológicas a las plantas marchitas; es decir, misma altura y mismo número de hojas, esto para no alterar la homogeneidad impuestas al inicio del experimento, estas fueron monitoreadas durante el transcurso del experimento hasta el término del mismo.

Tabla 5.

Tasa de supervivencia (porcentaje de sobrevivencia y mortalidad) de las plantas de huasaí.

	TS inicial		**TS final**	
	Plantas sobrevivientes (%)	**Mortalidad (%)**	**Plantas sobrevivientes (%)**	**Mortalidad (%)**
Tratamiento testigo (suelo)	93.3	6.7	100	-
Tratamiento 1 (2% TDA)	66.67	33.33	100	-
Tratamiento 2 (5% TDA)	80	20	100	-
Promedio	80	20.01	100	-

Nota. Tasa de supervivencia elaborado con la fórmula mencionado en el acápite 3.6.4.2.

Los datos nos muestran que durante las 2 primeras semanas la tasa de supervivencia más alta la tuvo el tratamiento testigo con 93.3% en comparación con las plantas del tratamiento 2 con 80% y el tratamiento 1 con solo 66.67%. Mientras que al final del experimento tanto las plantas del tratamiento testigo, el tratamiento 1 y el tratamiento 2 tuvieron una tasa de supervivencia del 100%, evidenciando que las plantas del tratamiento 1 y 2 se adaptaron al sistema acuapónico en condiciones de laboratorio.

4.3. Morfometría de las plantas de huasaí.

4.3.1. Altura de la planta.

La evaluación de la altura de la planta tuvo 5 momentos, el dia cero y 4 meses posteriores. Se realizó el análisis de varianza y al encontrar significancia se realizó una prueba de promedios de Tukey (α=0.05). En la figura 4 se muestran los promedios del valor de la altura de las plantas.

Tabla 6.

Análisis de varianza de la altura de la planta de huasaí.

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	
FACTOR A	4	161.11	40.278	41.68	2.52	*
FACTOR B	2	26.427	13.213	13.67	3.15	*
A*B	8	10.632	1.329	1.375	2.10	NS
ERROR	60	57.988	0.9665			
TOTAL	74	256.16				
C.V. (%)			5.99			

De acuerdo con el análisis de varianza hay diferencias significativas en el factor A; es decir, al menos en uno de los meses se presentó un mayor crecimiento, la cual evidencia la adaptación de las plantas en el sistema acuapónico. El factor B también presenta diferencias significativas, indicándonos que al menos uno de los tratamientos tuvo un efecto diferente sobre la altura. El coeficiente de variabilidad es de 5.99%, indicandonos una homogeneidad en los datos.

Tabla 7.

Prueba de significancia de Tukey (α=0.05) para la altura de las plantas de huasaí.

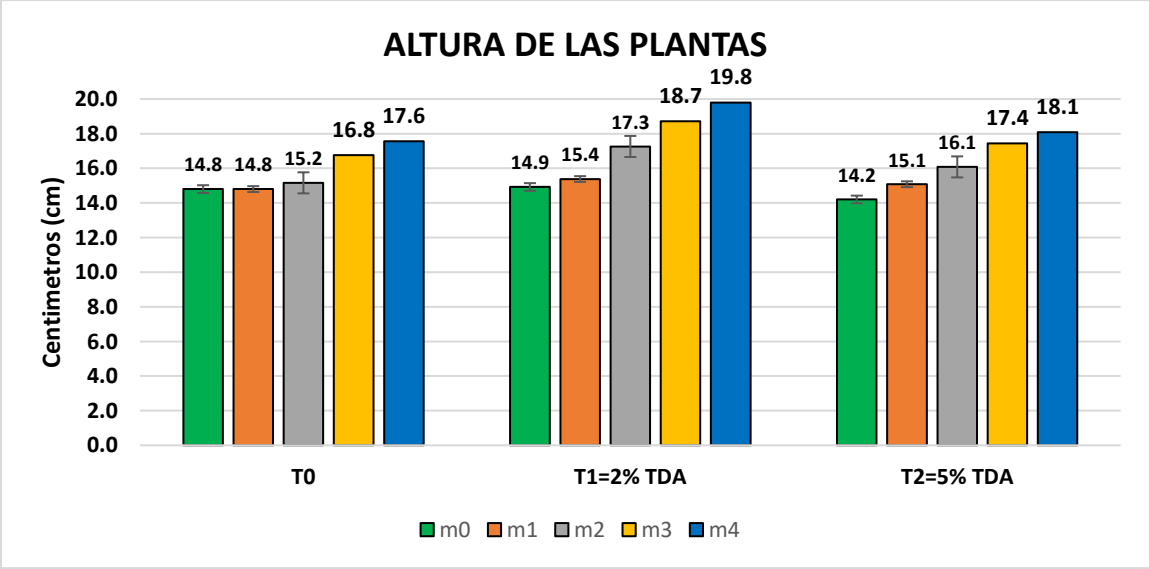
Altura de la planta (cm)					
Factor A	**Promedio**	**Sig.**	**Factor B**	**Promedio**	**Sig.**
a5	18.48	a	b2	17.22	a
a4	17.63	a b	b3	16.18	a b
a3	16.17	b c	b1	15.82	b
a2	15.09	c			
a1	14.64	e			

Nota. a1 (dia cero), a2 (mes 1), a3 (mes 2), a4 (mes 3), a5 (mes 4). b1 (Testigo), b2 (T1=Tratamiento con efluentes de la crianza de paco alimentado con 2% de alimentación), b3 (T2= Tratamiento con efluentes de la crianza de paco alimentado con 5% de alimentación).

De acuerdo con la prueba de promedio para el Factor A (tiempo), nos dice que el mayor promedió se dió en el mes 4 (a5), asi mismó el Factor B (Testigo y Efluentes producto de la tasa de alimentación) nos indica que el mayor peomedio de altura se dió en las plantas del tratamiento 1 (b2), seguido por el tratamiento 3 (b3) y el tratamiento testigo (b1). Esto nos indica que los efluentes producto de la alimentación con dos diferesntes tasas de alimentación del paco (2% y 5 %) tuvieron una mayor influencia en el tiempo sobre la altura de las plantas de huasaí a compración del tratamiento testigo donde el promedio de altura de las plantas de fue menor.

Figura 4.

Variación de la altura de plantas de huasaí (Euterpe precatoria) mantenidas en un sistema acuapónico durante 120 días.



Nota. T0= Tratamiento testigo (sustrato tierra); T1= Tratamiento con efluentes de la crianza de paco alimentado con 2% de alimentación; T2= Tratamiento con efluentes de la crianza de paco alimentado con 5% de alimentación.

De acuerdo con la figura, el punto de crecimiento para el T0 fue desde el mes 2, mientras que el punto de crecimiento del T1 y el T2 fue desde el mes 1, el crecimiento fue progresivo el mayor punto de crecimiento se dió en el mes 5 en el T0, T1 y T2.

El T1 (TAD de 2%) presentó mejores resultados durante todos los meses de evaluación, siendo su mayor valor en el mes 5 con un promedio de 19.8 cm, seguido por el tratamiento 2 (TAD de 5%) con un promedio de 18.1 cm y el menor valor fue el tratamiento testigo con un 17.6 cm.

Estas diferencias entre tratamientos se atribuyen a que las plantas del T1 aprovecharon mejor el fosforo presente en el efluente, seguido por el T2; si bien la tabla 3 nos dice que el efluente del T2 presentó mayor contenido de fosforo, esto también se ve relacionado con el % de mortandad, la cual el T2 presentó mayores pérdidas durante las dos primeras semanas.

4.3.2. Diámetro del tallo.

La evaluación del diámetro de tallo de la planta tuvo 5 momentos, el primero desde el trasplante (día cero), evaluándose posteriormente con un intervalo de 30 días durante cuatro meses.

Tabla 8.

Análisis de varianza del diámetro del tallo de las plantas de huasaí.

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	
FACTOR A	4	0.1899	0.0475	3.11	2.52	*
FACTOR B	2	0.0056	0.0028	0.18341	3.15	NS
A*B	8	0.0037	0.0005	0.03057	2.10	NS
ERROR	60	0.916	0.0153			
TOTAL	74	1.1152				
C.V. (%)			31.52			

De acuerdo al análisis de varianza del diámetro de tallo, se encuentra diferencias estadísticas en el factor A, es decir que en uno de los meses de evaluación se evidencio un mayor aumento del diámetro del tallo. El Factor B y la interacción A*B no presentan significancia estadística. Con respecto al coeficiente de variabilidad hay heterogeneidad ya que es de 31.52%, esta es proveniente del factor A donde se ven invlocrudas otras fuentes de variabilidad siendo algunas de estas como la fenología y/o genética de las plantas.

Tabla 9.

Prueba de significancia de Tukey (α=0.05) para diámetro de tallo de plantas de huasaí.

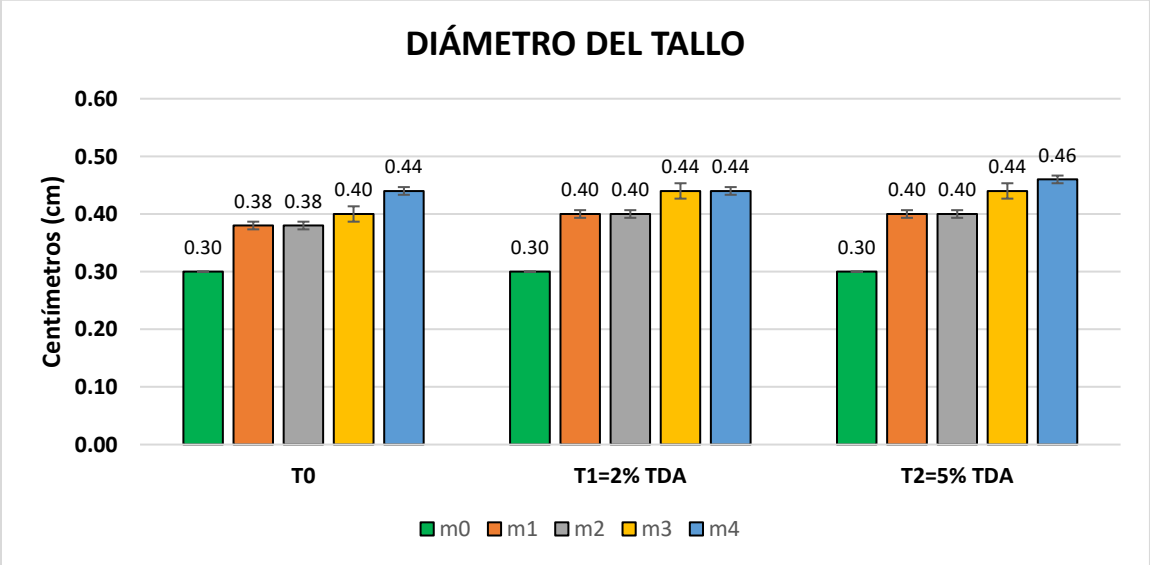
Diámetro de tallo (cm)		
Factor A	**Promedio**	**Sig.**
a5	0.45	a
a4	0.43	a b
a3	0.39	a b
a2	0.39	a b
a1	0.3	b

Nota. a1 (dia cero), a2 (mes 1), a3 (mes 2), a4 (mes 3), a5 (mes 4).

De acuerdo con la prueba de promedio para el Factor A (tiempo), nos dice que el mayor promedió del diametro de tallo se dió en el mes 4 (a5), seguido por el mes 3(a4), mes 2 (a3), mes 1 (a2) y dia cero (a1). Como es evidente, se aprecia que el aumento del diámetro se dio de forma gradual propio de la fisiología, interpretandose que las plantas se adaptaron al sitema acuaponico.

Figura 5.

Variación del diámetro del tallo de las plantas de huasaí (Euterpe precatoria) mantenidas en un sistema acuapónico durante 120 días.



Nota. T0= Tratamiento testigo (sustrato tierra); T1= Tratamiento con efluentes de la crianza con Tasa Diaria de Alimentación de 2%; T2= Tratamiento con efluentes de la crianza con Tasa Diaria de alimentación de 5%.

De acuerdo con la figura, se aprecia que el mes 5 presentó el mayor aumento del diámetro de tallo, a diferencia del mes 0 (a1), mes 1 (a2), mes 2 (a3), mes 3 (a4) donde se dio un menor aumento de diámetro, esto se corrobora en la prueba de promedios presentada en el cuadro 5. Los tratamientos (T0, T1 y T2) tuvieron un comportamiento similar, es por ello que no se aprecia diferencias entre estos.

4.3.3. Número de hojas.

La evaluación del número de hojas tuvo 5 momentos, siendo el primero desde el trasplante (día cero), evaluándose posteriormente con un intervalo de 30 días durante cuatro meses.

Tabla 10.

Análisis de varianza del número de hojas de las plantas de huasaí.

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	
FACTOR A	4	3.2533	0.8133	17.429	2.52	*
FACTOR B	2	0.9867	0.4933	10.571	3.15	*
A*B	8	2.3467	0.2933	6.2857	2.10	*
ERROR	60	2.8	0.0467			
TOTAL	74	9.3867				
C.V. (%)			10.1			

De acuerdo al análisis de varianza se observa que hay significancia estadística en el Factor A, indicándonos que al menos en uno de los meses se registró la aparición de nuevas hojas; la significancia en el Factor B nos indica que al menos un tratamiento tuvo un efecto diferente, la interacción del Factor A*B nos indica que uno de los tratamientos tuvo mayor efecto en uno de los meses. Con respecto al coeficiente de variabilidad para la altura de la planta fue de 10.01%, la cual indica una excelente homogeneidad en los resultados experimentales.

Las significancias de los factores se corroboraron con la prueba de promedios de Tukey presentado en el cuadro 11.

Tabla 11.

Prueba de significancia de Tukey (α=0.05) para número de hojas de plantas de huasaí.

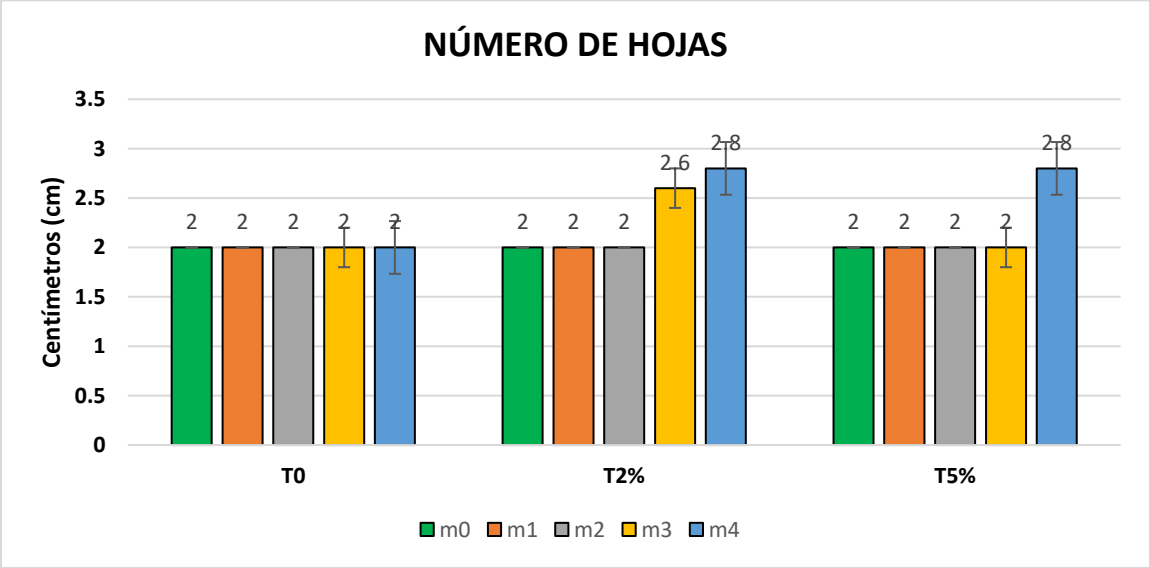
Número de hojas								
Factor A	**Promedio**	**Sig.**	**Factor B**	**Promedio**	**Sig.**	**Factor AB**	**Promedio**	**Sig.**
a5	2.53	a	b2	2.28	a	a5b3	2.8	a
a4	2.2	a b	b3	2.16	a b	a5b2	2.8	a
a3	2	b	b1	2	b	a4b2	2.6	a
a2	2	b				a1b1	2	b
a1	2	b				a1b2	2	b
						a1b3	2	b
						a2b1	2	b
						a2b2	2	b
						a2b3	2	b
						a3b1	2	b
						a3b2	2	b
						a3b3	2	b
						a4b1	2	b
						a4b3	2	b
						a5b1	2	b

Nota. a1 (dia cero), a2 (mes 1), a3 (mes 2), a4 (mes 3), a5 (mes 4). b1 (Testigo), b2 (T1=Tratamiento con efluentes de la crianza de paco alimentado con 2% de alimentación), b3 (T2= Tratamiento con efluentes de la crianza de paco alimentado con 5% de alimentación). AB (interacción entre factores).

De acuerdo con la prueba de promedio para el Factor A (tiempo), nos dice que el mayor promedió se dió en el mes 4 (a5), asi mismó el Factor B (Testigo y Efluentes producto de la tasa de alimentación) nos indica que el mayor peomedio de altura se dió en las plantas del tratamiento 1 (b2), seguido por el tratamiento 3 (b3) y el tratamiento testigo (b1). Asi mismo hubo interacción en el factor AxB, es decir que la aparición de nuevas hojas en el tiempo se vió directamente influenciada por los efluentes, ante ello se evidencia que los efleunets tuvieron mayor efecto en el mes 5. Esto nos indica que los efluentes producto de la alimentación con dos diferesntes tasas de alimentación del paco (2% y 5 %) tuvieron una mayor influencia en el tiempo sobre el número de hojas de las plantas de huasaí a compración del tratamiento testigo donde el promedio de número de hojas fue menor.

Figura 6.

Variación del número de hojas de las plantas de huasaí (Euterpe precatoria) mantenidas en un sistema acuapónico durante 120 días.



Nota. T0= Tratamiento testigo (sustrato tierra); T1= Tratamiento con efluentes de la crianza con Tasa Diaria de Alimentación de 2% de alimentación; T2= Tratamiento con efluentes de la crianza con Tasa Diaria de Alimentación de 5%.

De acuerdo con la gráfica el T1 es el que tuvo mayor efecto sobre la aparición de hojas en el mes 3 y 4, seguido por el T2 donde la aparición de nuevas hojas se dió en el mes 4, este tuvo un comportamiento similar al tratamiento testigo, la cual mostro el mismo promedio de hojas durante los meses de evaluación. Se sabe que el desarrollo de esta palmera suele ser lenta, pues sin embargo debido a la influencia de los efluentes en el tiempo, donde hay nutrientes disuelto, se pudo apreciar la aparición de nuevas hojas para las plantas de huasaí, a comparación del tratamiento testigo que no evidenció aún el desarrollo de nuevas hojas.

4.3.4. Longitud de raíces.

La evaluación de la longitud de raíces tuvo 2 momentos, siendo el primer momento desde el trasplante (día cero) y el segundo momento al final del experimento.

Tabla 12.

Análisis de varianza de la longitud de las raíces de las plantas de huasaí.

FV	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	
FACTOR A	4	117.61	29.40	9.60	2.52	**
FACTOR B	2	17.34	8.67	2.83	3.15	NS
A*B	8	24.77	3.10	1.01	2.10	NS
ERROR	60	183.71	3.06			
TOTAL	74	343.44				
C.V. (%)			20.72			

El Factor A (tiempo) muestra una diferencia significativa la cual se entiende que al menos uno de los meses de evaluación muestra un mayor alargamiento de la raíz. El Factor B y la interacción de A*B no muestran diferencia significativa tuvieron un comportamiento similar. Referente al coeficiente de variabilidad fue de 20.7 % la cual nos indica que la variabilidad es para el factor A, indicándonos el crecimiento de las raíces en el tiempo.

La significancia del factor A se corroboró con la prueba de promedios de Tukey presentado en el cuadro 9.

Tabla 13.

Prueba de significancia de Tukey (α=0.05) para longitud de raíces de plantas de huasaí.

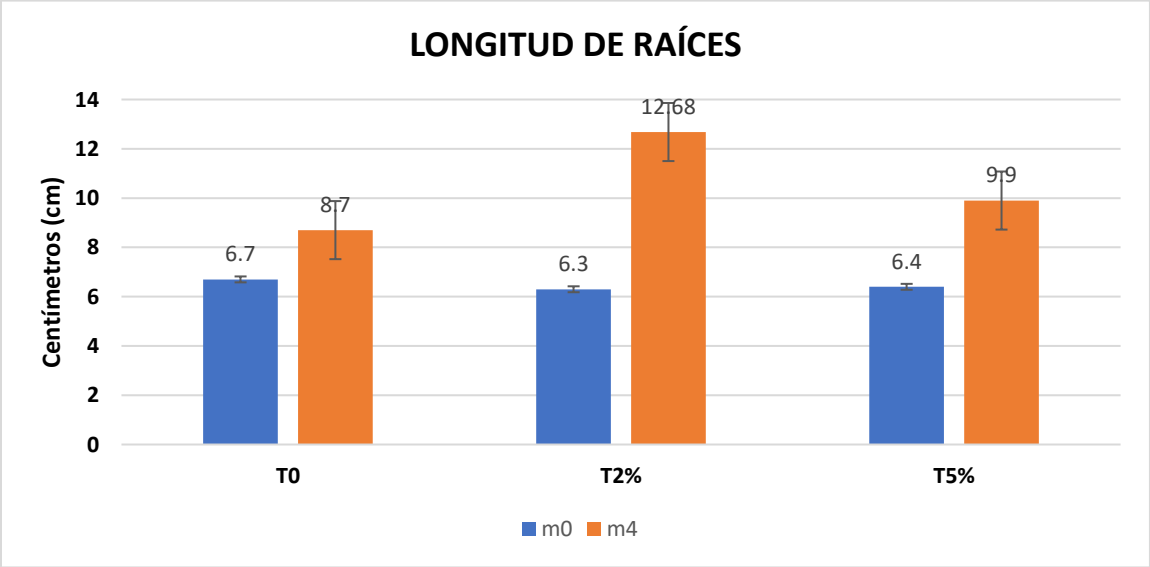
Longitud de raíces (cm)		
Factor A	**Promedio**	**Sig.**
a5	10.427	a
a1	6.467	b

Nota. a1 (dia cero), a5 (mes 4).

De acuerdo con la prueba de promedio para el Factor A (tiempo), nos dice que hubo aumento de la longitud de raíces desde dia cero (a1) hasta el mes 4 (a5) donde se evidencia un mayor promedió de longitud de raíces. Esto es evidencia que las plantas se adaptaron al sistema acuaponico debido a que fisiológicamente estas se seguían desarrollando.

Figura 7.

Variación longitud de raíces de las plantas de huasaí (Euterpe precatoria) mantenidas en un sistema acuapónico durante 120 días.



Nota. T0= Tratamiento testigo (sustrato tierra); T1= Tratamiento con efluentes de la crianza con Tasa Diaria de Alimentación de 2%; T2= Tratamiento con efluentes de la crianza con Tasa Diaria de Alimentación de 5%.

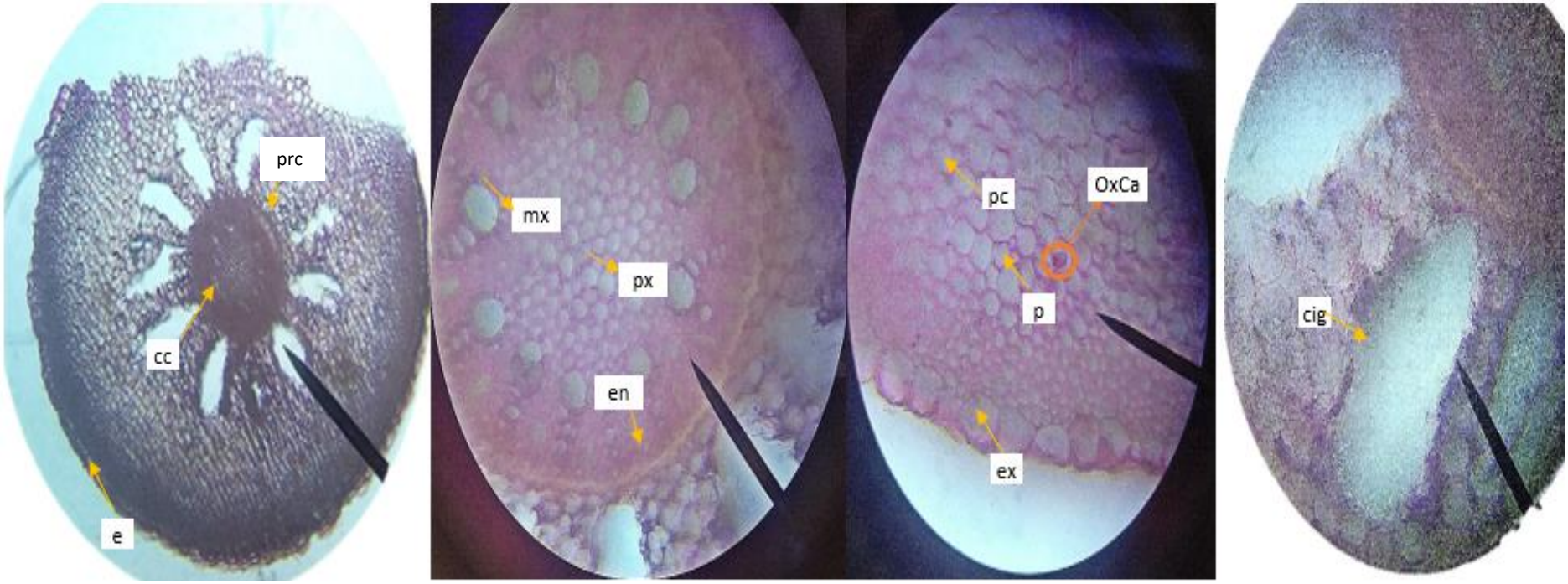
De acuerdo con la figura muestra que longitud de las raíces se observa que existe significancia la mayor longitud se da en el mes 4, presentando mayor longitud en las plantas del T1, seguido por el T2, estos se vieron favorecidos por la mayor presencia de fosforo en el efluente, el T0 presentó una menor longitud de raíces.

4.4.Histología de plantas de huasaí.

4.4.1. Corte histológico de raíz de *Euterpe precatoria*.

Figura 8.

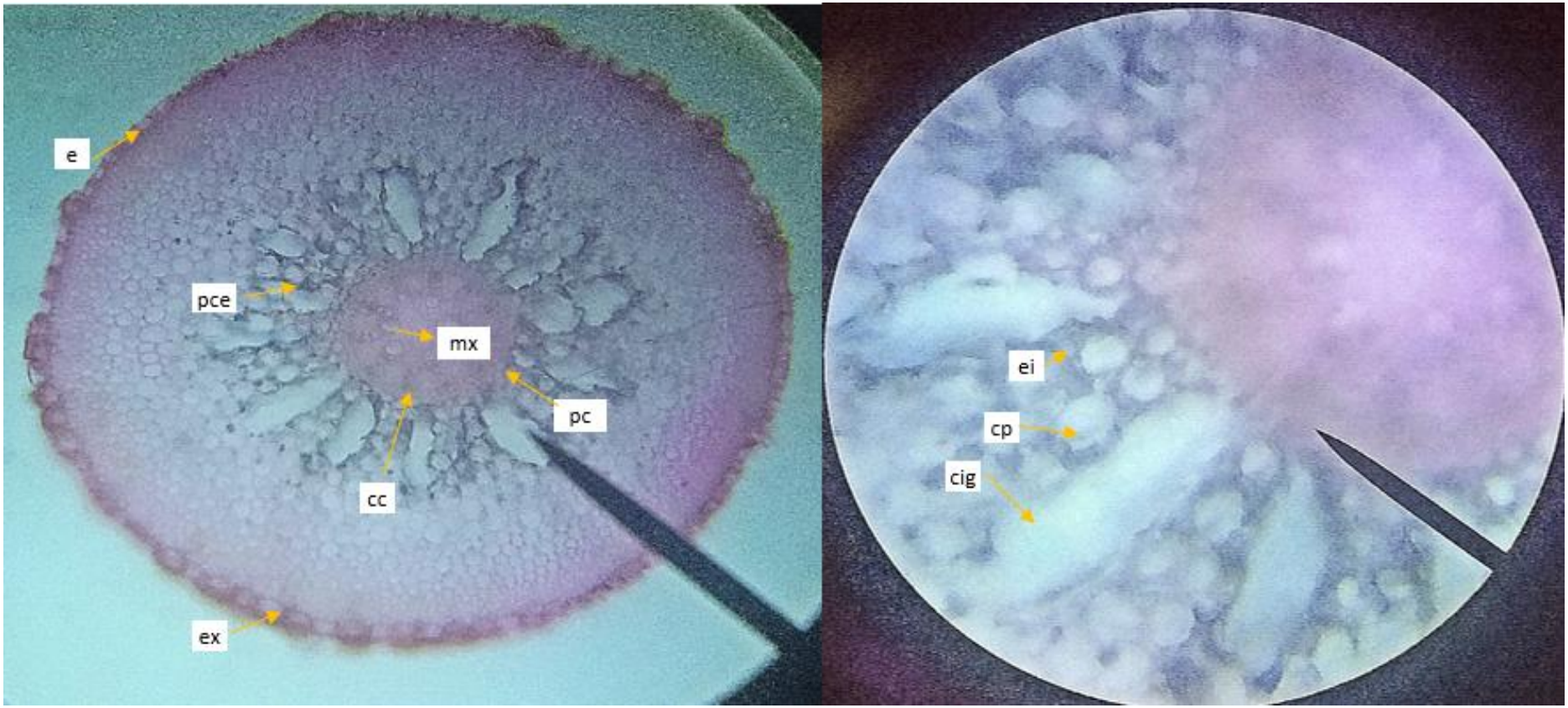
Corte trasversal de raíz del tratamiento testigo.



Nota. ABREVIATURAS: e=epidermis; cc=cilindro central; prc=periciclo; mx=meta xilema; px=proto xilema; en=endodermis; pc=pared celular; p=parénquima; ex=exodermis; cig= cámara de intercambio gaseoso; OxCa=Oxalato de Calcio.

Figura 9.

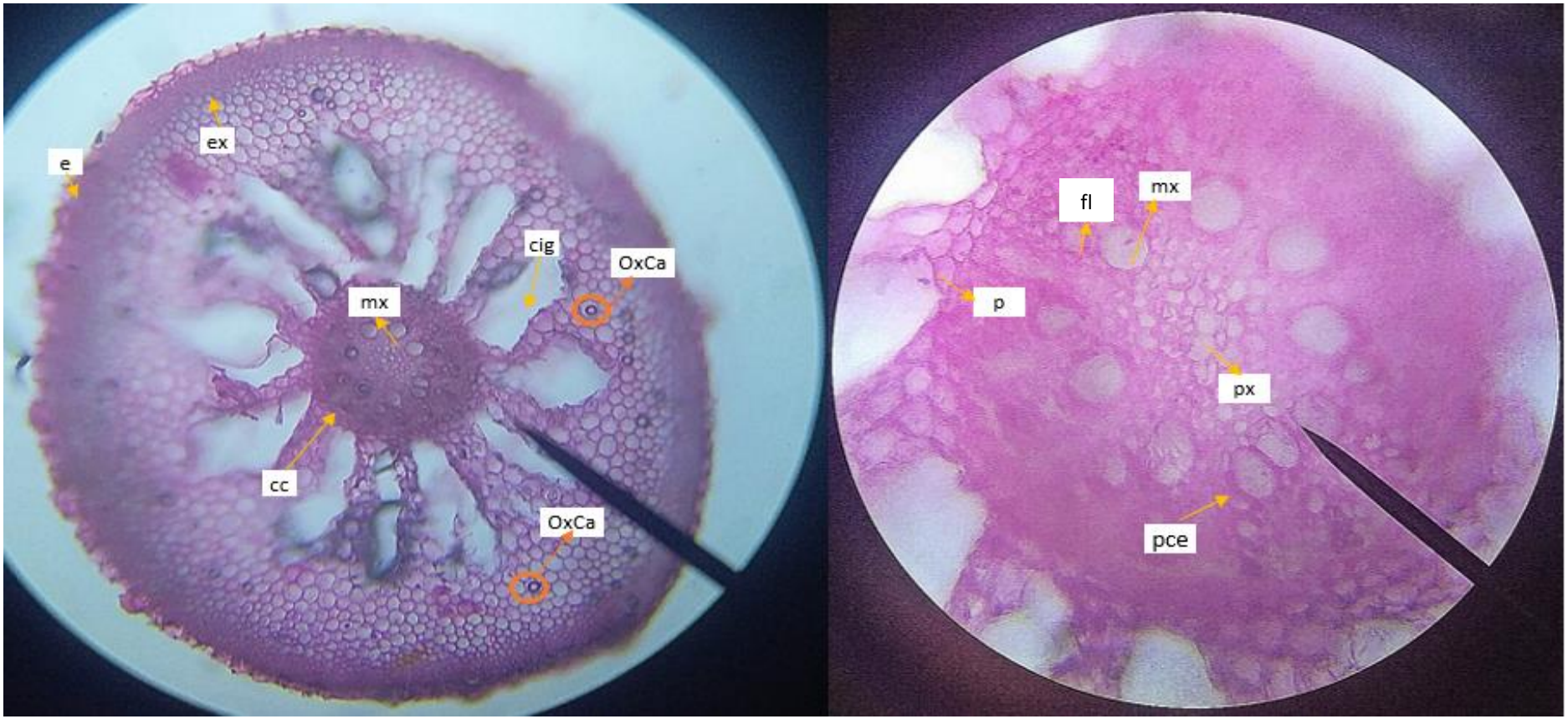
Corte transversal de raíz del tratamiento 1.



Nota. ABREVIATURAS: e=epidermis; ex=exodermis; cc=cilindro central; pc=periciclo; mx=meta xilema; ex=exodermis; ei= espacio intercelular; cp= células parenquimáticas; cig= cámara de intercambio gaseoso.

Figura 10.

Corte trasversal de raíz del tratamiento 2.



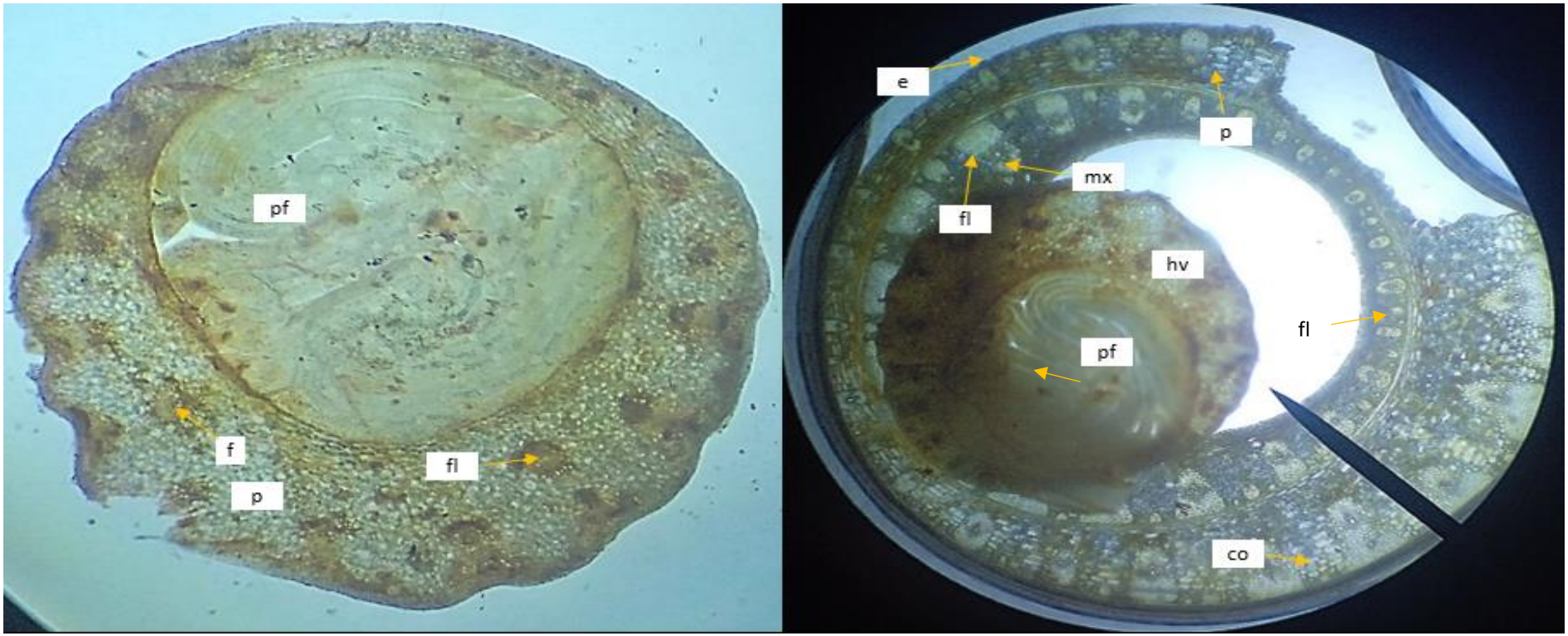
Nota. ABREVIATURAS: e=epidermis; ex=exodermis; cc=cilindro central; pc=periciclo; mx=meta xilema; fl=floema; ex=exodermis; pce= pared celular engrosadas; cig= cámara de intercambio gaseoso; OxCa=Oxalato de Calcio.

De acuerdo con las imágenes; los cortes realizados en el tratamiento testigo, el tratamiento 1 y 2 muestran la epidermis con células en proceso de suberificación, algunas células tienen paredes esclerosadas, paquetes de células del esclerénquima alternadas con colénquima, la cual continua con el parénquima incoloro o de relleno, a continuación le sigue un parénquima aerífero con cámaras de aire que va hacia la primera capa del periciclo formada por células completamente esclerosadas para dar paso al vaso vascular o cilindro central la cual está formado por una hilera de células engrosadas y lignificadas que se intercalan con parénquima xilematico, ubicadas alrededor de las tráqueas o tubos xilematicos, terminando en parénquima de relleno central.

4.4.2. Corte histológico tallo de *Euterpe precatoria.*

Figura 11.

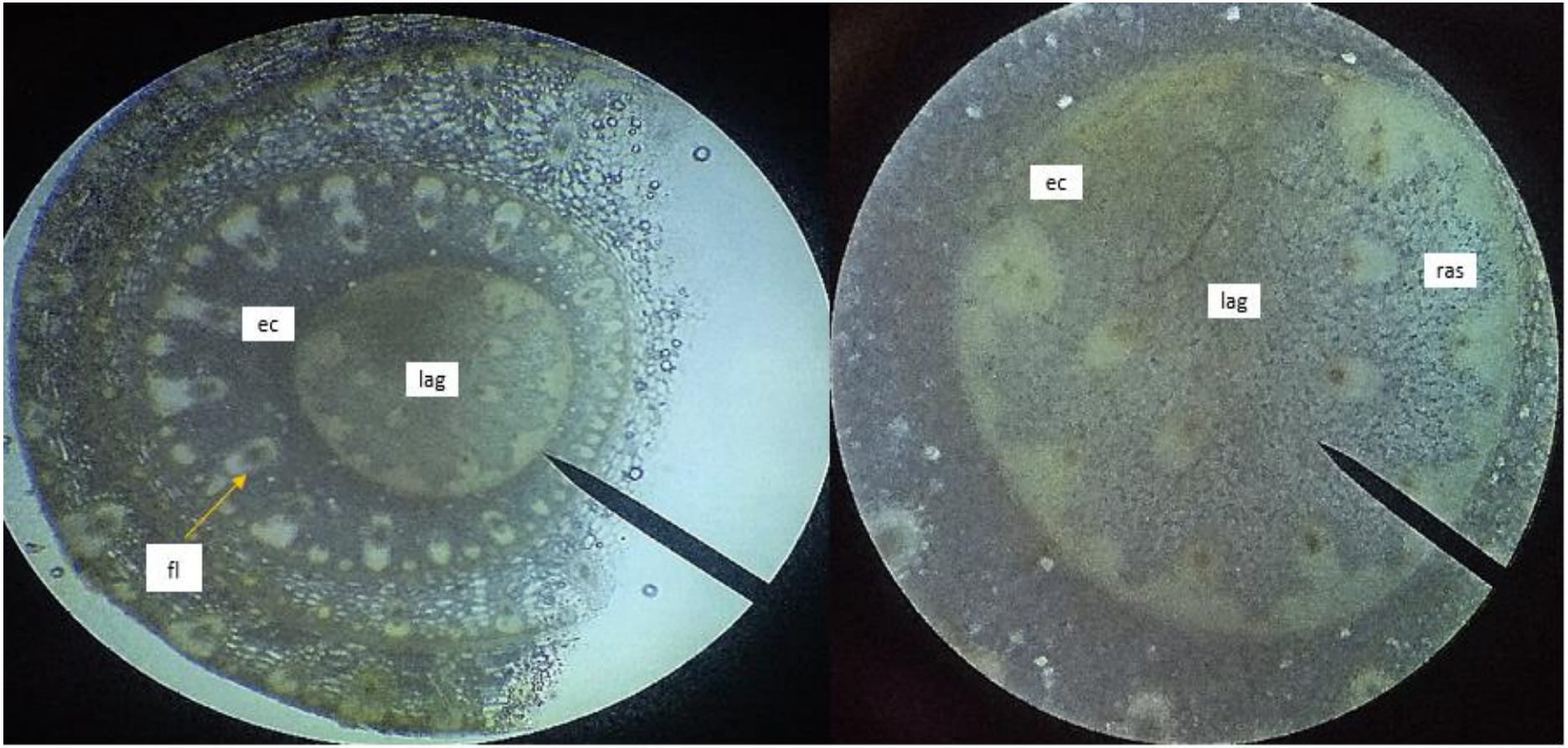
Corte trasversal de tallo del tratamiento testigo.



Nota. ABREVIATURAS: e=epidermis; f=fibras; pf=primordio foliar; p=parênquima; cc=cilindro central; mx=meta xilema; fl=floema; co=colênquima; hv= haz vascular.

Figura 12.

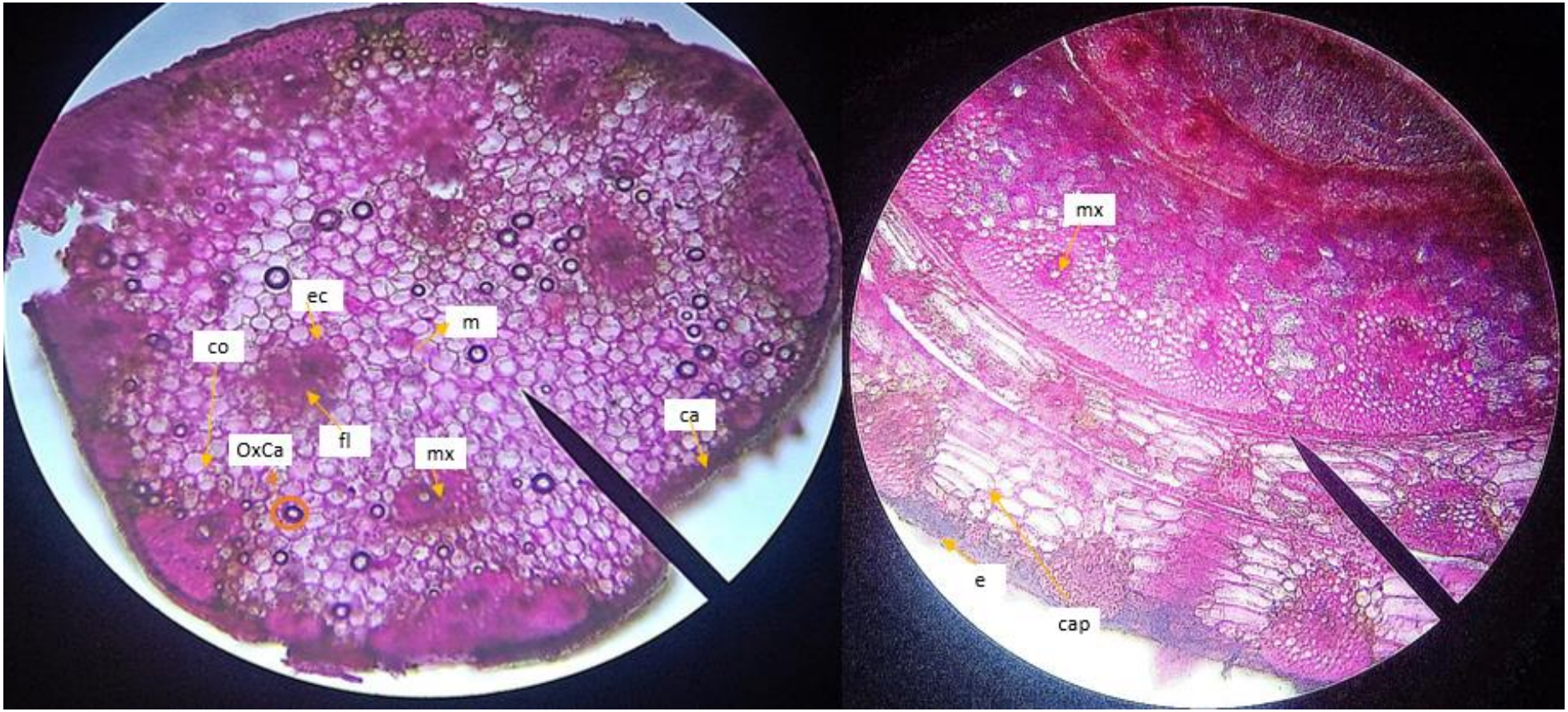
Corte trasversal de tallo del tratamiento 1.



Nota. ABREVIATURAS: ec=esclerénquima; fl=floema; lag=laguna foliar; ras=rastro foliar.

Figura 13.

Corte trasversal de tallo del tratamiento 2.



Nota. ABREVIATURAS: ca=cambium; co=colénquima; ec=esclerénquima; ec=esclerénquima; laguna foliar; ras=rastro foliar; OxCa=Oxalato de Calcio.

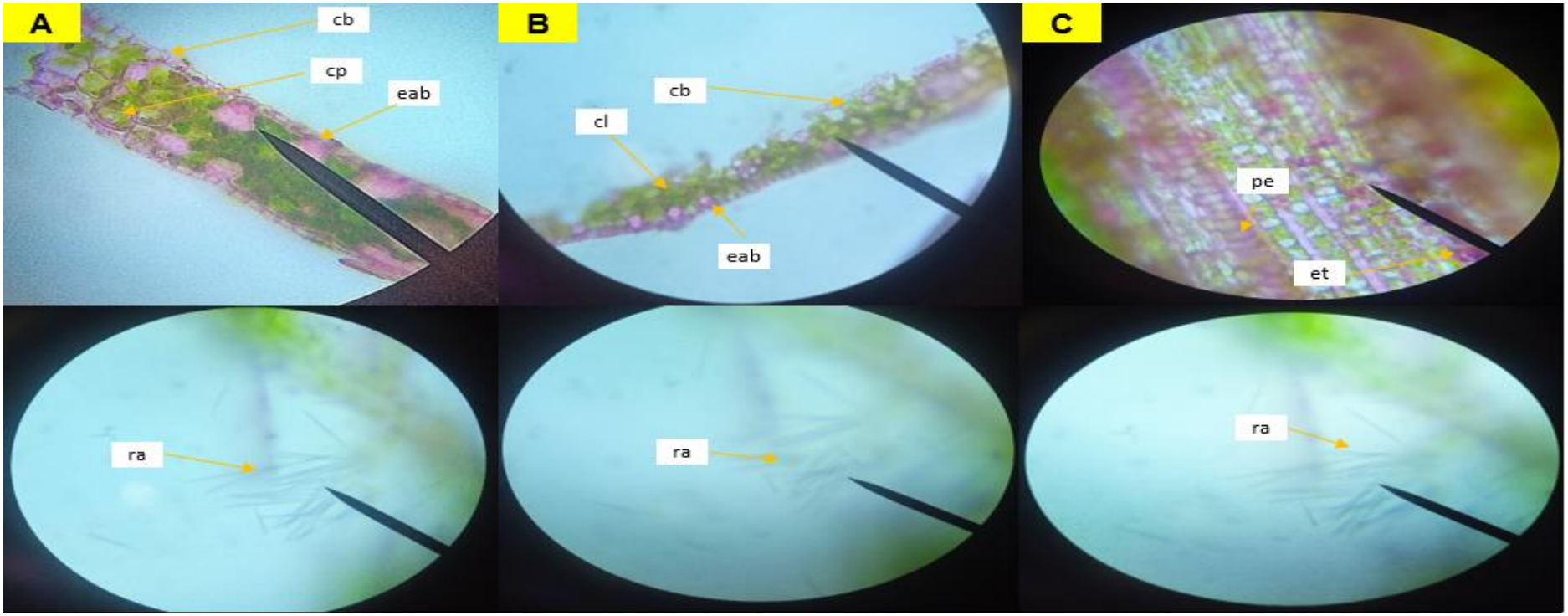
De acuerdo a las imágenes el tratamiento testigo evidencia primordios foliares, es el desarrollo de nuevas hojas, las vainas son circulares y unidas. Las vainas están constituidas por células epidérmicas homogenizadas de las cuales no se distinguen diferencias, a estos primordios foliares le siguen células parenquimáticas alargadas, células de parénquima alternadas por haces vasculares debajo de la epidermis células de colénquima seguidas de esclerénquima que protege al floema y tubo xilematico. Los haces vasculares continúan con células de parénquima.

Cabe recalcar que con la evidencia de los primordios foliares en el tratamiento testigo nos indica que en esta etapa presenta un pseudo tallo, la cual no es un tallo desarrollado como tal, debido a la presencia de células parenquimáticas quienes son responsables del crecimiento. Se puede afirmar que este hecho es debido a la influencia de los macro y micronutrientes presentes en los efluentes que recibieron las plantas del t1 y t2 para su desarrollo fisiológico.

4.4.3. Corte transversal de la hoja de *Euterpe precatoria*.

Figura 14.

Hoja E. precatoria, en corte transversal.



Nota. ABREVIATURAS: cb= células buliforme; cp=célula parenquimatica; cl=cloroplastos; et=estoma; eab=epidermis abaxial; pe=parénquima esponjoso; ra= rafidios.

No se encuentran diferencias en los tejidos, se nota cristales en forma de aguja conocidos como rafidios, el origen de estos rafidios se debe a la presencia de Oxalato de Calcio en el organismo de las plantas, como s evidencio en el T0 y T2.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Durante el período de ejecución del experimento los peces utilizados para la producción de efluentes pasaron de 284.98±1.79 g a 335.01±15.35 g ($p>0.05$). Aunque estos valores coinciden con los obtenidos en otras experiencias con paco criado en sistemas intensivos (Angeles-Escobar *et al*., 2021), demuestran que el crecimiento de los peces no sufrió influencia por la tasa diaria de alimentación, como posible consecuencia de la densidad de crianza aplicada (Santos *et al*., 2020).

Los parámetros físico-químicos del agua de cultivo de los peces [pH (7.70±0.56), temperatura (26.12±0.76 ºC), oxígeno disuelto (1,71±0.88 mg/L)] se mantuvieron constantes ($p>0.05$) y dentro del rango de confort para la especie (Ríos, 2021).

5.1. Composición química y parámetros físico-químicos de efluentes productos de la crianza de paco como fuente de nutrientes para plantas de huasaí.

De acuerdo a la diferenciación, los valores del análisis de suelo perteneciente al tratamiento testigo tiene un pH de 4.37 la cual no es favorable para el contenido de fosforo (P), sumado a esto el contenido elevado de calcio y magnesio crean antagonismos con el fosforo (Pacheco, 2019). Por el contrario en los efluentes, el pH es neutro y el contenido de fosforo es elevado favoreciendo al crecimiento y aparición de raíces en la planta de huasaí, mientras que el contenido de calcio y magnesio son mínimos. En cuanto a la conductividad eléctrica se considera adecuada, ya que presentan valores desde 2.30 hasta 6.57 mS/m, se afirma esto porque Mengel y Kirkby (2000) mencionan que a partir de concentraciones de 1500 mg/l de conductividad eléctrica en el agua se considera dañino para la biodiversidad en el agua.

Guevara (2020) en cuanto a tratamientos con efluentes en la influencia en el cultivo de culantro mostro resultados inferiores en cuanto al contenido de fosforo (12 mg/l) presente en el efluente de tilapia, el pH fue símil 6.80, Amoniaco fue símil 0.21 y en potasio presentó resultados

superiores (50.16 mg/l). Así mismo Vargas (2014) determinó que la presencia de polifosfatos en los alimentos para peces hace una mayor producción de fosfato, fosfato de potasio y otros.

De acuerdo con Pacheco (2019) los valores de dureza mostrados en la tabla 4, indican que son aguas blandas, ya que si son valores superiores a 50 mg/l son consideradas aguas duras. Así mismo, la dureza se ve determinada por la concentración de calcio y magnesio, cosa que en los efluentes estos nutrientes son mínimos, es por ello que la disponibilidad de fosforo en los efluentes fue elevada, la cual favorecieron en el crecimiento y desarrollo de raíces de las plantas de huasai.

De acuerdo con el cuadro, la tasa de alimentación no afecta en gran medida las características del nitrito y el amonio. Se conjetura que esto está relacionado a la composición del filtro biológico, la cual se usó como sustrato tapitas de botella siendo este un medio no adecuado para la multiplicación de bacterias nitrificantes presentes en el medio ambiente, debido al pH de estas tapitas y otros residuos. Es por ello que Muñoz (2012) hace mención del uso de biobolas, añadido a ello la agregación de productos comerciales que contengan bacterias nitrificantes para una mayor efectividad en la conversión de amonio, nitrito y nitrato para el aprovechamiento de las plantas.

Delgado (2020) en su trabajo de asociación de lechuga y tilapia con una densidad de 57 ejemplares m^3 evidencio resultados superiores de dureza (404.9 mg/L), en cuanto a amonio presento resultados inferiores (0.22 mg/L), nitritos fue superior (0.90 mg/L) y nitratos superiores (21 mg/L).

5.2. Tasa de supervivencia de plantas del testigo y del sistema acuapónico

Hilmi *et al*. (2022), presentaron resultados de tasa de supervivencia de diferentes especies de plantas de manglares ((*Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia albay y Avicennia marina*) en dos tipos de sistemas acuapónicos, donde el sistema

acuapónico de forma horizontal tuvo entre 62-89% de tasa de supervivencia en comparación con el sistema vertical o siembra directa la cual tuvo 0-35% de tasa de supervivencia.

5.3. Morfometría de las plantas de huasaí.

5.3.1. Altura de la planta.

Resultados mayores a los que se reporta en el ensayo fueron encontrados por Medina y Vásquez (2021) en la ciudad de Chiclayo y San Ignacio cuando en un sistema acuapónico asociaron tilapia y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) cuya frecuencia de alimentación para los peces fue de tres veces al día con pequeñas cantidades que sumadas dieron 50 gr. El crecimiento de las plantas de hierba luisa en el sistema acuapónico fue progresivo; en la ciudad de Chiclayo una altura total mínima de 250 cm en el día 0, siendo la altura total máxima de 1963 cm en el día 60, paralelamente en la ciudad de San Ignacio la altura total mínima fue de 250 cm en el día 0 y la altura total máxima de 1625 cm en el día 60, evidenciando la influencia de las aguas residuales producto de la crianza de tilapia en la altura de las plantas.

Asimismo, Morales (2019) también reporta resultados similares cuando en un sistema acuapónico prototipo en la ciudad de lima con una densidad de 38 tilapias y 18 albahacas, cuya frecuencia de alimentación de los peces fue dos veces al día, en horas de la mañana y en horas de la tarde con una tasa de alimentación del 8.5% de la Biomasa, con dos corridas siendo en la primera corrida 9.72 cm en el día 0, presentando el mayor altura en el día 16 con 47.61 cm; mientras tanto la segunda corrida en el día 18 fue 10.96 cm, presentando mayor altura el día 42 con 47.55 cm.

5.3.2. Diámetro del tallo.

Se observa que el volumen del diámetro del tallo de las plantas de huasaí es un tanto lento, esto lo menciona Bonells (2018), quien dice que en general las palmeras juveniles suelen enfocarse en la elongación lenta del tallo para luego aumentar el diámetro del tallo con cada hoja nueva, a

comparación de otras especies como las hortalizas quienes muestran un desarrollo corto, logrando evidenciar un mayor diámetro de tallo en tan poco tiempo.

Resultados mayores a los que se reporta en el ensayo fueron encontrados por Morales (2019) en un sistema acuapónico prototipo en la ciudad de lima con una densidad de 38 tilapias y 18 albahacas, realizó dos corridas en el cultivo de albahaca, siendo en la primera corrida 1.14 cm en el día 0, 2 cm en el día 8, presentando el mayor diámetro en el día 16 con 2.93 cm; mientras tanto la segunda corrida en el día 18 fue 1.21 cm, en el día 26 fue 1.81 cm, 2.5 cm en el día 34 y presentando mayor diámetro en el día 42 con 3.36 cm.

5.3.3. Número de hojas.

De acuerdo con Hernández y Mass (S.f) quien hace mencióna del estado de desarrollo de la planta de huasaí, este dice que las plantas de huasaí (*E. precatoria*) presentan hojas compuestas y que estas están en la categoría 1 cuyo desarrollo generalmente tiene de 2 a 4 hojas y 6 a 7 hojuelos por hoja.

Resultados mayores a los que se reporta en el ensayo presentaron Medina y Vásquez (2021) en la ciudad de Chiclayo y san Ignacio cuando asociaron tilapia y hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) en un sistema acuapónico tilapia con una frecuencia de alimentación de tres veces al día con pequeñas cantidades que sumadas dieron 50 gr. El aumento de las hojas de hierba luisa en el sistema acuapónico fue progresivo; en la ciudad de Chiclayo el día 0 fue de 0 hojas, presentando un mayor número de hojas el día 60 con un promedio de 15.44, paralelamente en la ciudad de San Ignacio el día 0 no presento hojas, para posteriormente el día 60 presentar un promedio de 14 hojas, evidenciando la influencia de las aguas residuales producto de la crianza de tilapia en el aumento de las hojas.

De la misma manera Morales (2019) en un sistema acuapónico prototipo en la ciudad de lima con una densidad de 38 tilapias y 18 albahacas, cuya frecuencia de alimentación fue dos veces al día, en horas de la mañana y de la tarde. La tasa de alimentación fue de 8.5% de la Biomasa, con dos corridas, la primera corrida un total de 294 hojas en el día 0, presentando el mayor número de hojas el día 16 con 1570; mientras tanto la segunda corrida en el día 18 fue 180 hojas, presentando mayor número de hojas el día 42 con 1722.

Así mismo Guevara (2020) en un sistema acuapónico cuya asociación fue tilapia (*Oreochromis niloticus*) y culantro (*Coriandrum sativum*) durante 30 días con frecuencia de alimentación de 200 gr (día 1-dia 10) 270 gr (día 11-dia 20) y 480 gr (día 21- día 30), el día 0 presentó un promedio de 3 hojas, el día 10 un promedio 4.3, el día 20 un promedio 6.5, presentando un mayor promedio con 8.3.

5.3.4. Longitud de raíz.

Morales (2019) en un sistema acuapónico prototipo en la ciudad de lima con una densidad de 38 tilapias y 18 albahacas, con una alimentación de peces de dos veces al día, en horas de la mañana y en horas de la tarde, la tasa de alimentación fue 8.5% de la Biomasa. La primera corrida de la longitud de la raíz el día 0 con 12.17 cm, 28.92 cm en el día 8, presentando una mayor longitud de raíz el día 16 con 46.55 cm; en tanto la segunda corrida en el día 18 fue 18.22 cm, el día 26 fue 31.76 cm, 33.77 cm el día 34, la mayor longitud de raíz fue en el día 42 con 30.94 cm.

Así mismo, Guevara (2020) en un sistema acuapónico cuya asociación fue tilapia (*Oreochromis niloticus*) y culantro (*Coriandrum sativum*) durante 30 días con frecuencia de alimentación de 200 gr (día 1-dia 10) 270 gr (día 11-dia 20) y 480 gr (día 21- día 30), el día 0 presentó un promedio de 3 hojas, el día 10 un promedio 4.3, el día 20 un promedio 6.5, presentando un mayor promedio con 8.3.

5.4. Histología de plantas de huasaí.

5.4.1. Corte histológico de raíz de Euterpe precatoria.

Al inicio del cilindro central se distingue las células floematicas, en el corte se observa células cribosas, esta descripción coincide con lo hecho por López (2019). Las raíces de las plantas de huasaí se encuentran desarrolladas y lignificadas la cual coincide con lo descrito por Ochoa (2017) en raíces de palma aceitera.

De acuerdo a lo observado se identificó que los cortes del tratamiento testigo y el tratamiento 1 a contienen en las células de parénquima cristales de Oxalato de calcio cuya forma es circular. Esta observación coincide por lo encontrado por Dzib (2020). Por lo demás no se encontró diferencias.

5.4.2. Corte histológico de tallo

Tratamiento 1 y 2 se aprecia rastros foliares o lagunas foliares, cuyo espacio esta relleno de células parenquimáticas, siendo que los primordios foliares se desarrolló para ser nuevas hojas (Figura 6); así mismo como menciona Hernández y Mass (S.f) están en la categoría 1 donde las plantas desarrollan 2 a 4 hojas, el N y P presente en el efluente intervino en el rápido desarrollo de estos, una vez desarrollada las nuevas hojas, las plantas se concentran en crecer un poco más, posteriormente vuelven a desarrollar primordios foliares que las ayudan a formar nuevas hojas y pasar a la siguiente categoría.

Resultados similares encontró López (2018) en corte histológico de estípite de Cashavara, cuyas características eran que estas eran lignificadas.

5.4.3. Hojas

Dzib (2020) encontró resultados similares, así mismo menciona que aparentemente los rafidios son un mecanismo de defensa de las plantas.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos propuestos se concluye lo siguiente:

- ✓ Es viable la adaptación de plantas de huasaí en un sistema acuapónico debido al efecto de efluentes, considerando el uso de alimento para los peces, la tasa de alimentación del paco con 2% es el más eficiente y recomendable.
- ✓ Según la prueba de Tukey (α=0.05) en cuanto a calidad de agua, el pH del tratamiento con 2% (6.83-7.00) y 5% (6.37-6.80) de tasa de alimentación presentaron valores similares. El tratamiento con Tasa de Alimentación Diaria de 2% un óptimo valor de conductividad eléctrica con 3.13 mS/cm en filtro biológico y en el sumidero2.60 mS/cm, asemejándose al tratamiento testigo. Los valores de dureza del tratamiento con Tasa de Alimentación Diaria de 2% (36.25-30.00 mg/l) y 5% (39.00-29.00 mg/l) tuvieron valores similares. Así mismo, el tratamiento con Tasa de Alimentación Diaria de 2% , tiene menor contenido de amonio (1.39-1.14 mg/l), menor contenido de nitrito (0.01-0.04 mg//l). El tratamiento testigo = sustrato sólido, el tratamiento 1= TDA del paco de 2% (T1) y el T2= TDA del paco de 5% no tuvieron diferencias en cuanto al contenido de K, el contenido de P fue elevado en el tratamiento con Tasa de Alimentación Diaria de paco con 2% (40.08-19.03 mg/l) y 5% (78.9-25.7 mg/l), la misma que las plantas aprovecharon para su adaptación. Ca y Mg estuvieron en niveles bajos en los efluentes.
- ✓ En cuanto a tasa de supervivencia, durante las 2 primeras semanas después del trasplante para inicio del experimento, el tratamiento testigo sufrió daño menor con 93.3% de tasa de supervivencia, seguido por el efluente del 5% de tasa de alimentación del paco con

80% de supervivencia, luego el tratamiento con efluente de 2% de tasa de alimentación del paco con 66.7% de supervivencia. Sin embargo, luego de esta evaluación se repicó las plantas marchitas y ya no hubo mortandad alguna en los posteriores días en ninguno de los tratamientos, evidenciando una adecuada adaptación de las plantas de huasaí en el sistema acuapónico.

- ✓ En cuanto a morfometría destaca en altura, número de hojas, longitud de raíces el tratamiento del 2% de tasa de alimentación del paco, con 19.9 cm de altura, 3 hojas compuestas, con 12.68 cm de longitud de raíces; en cuanto al diámetro de tallo para el tratamiento testigo, el tratamiento del 2% de tasa de alimentación y el 5% de tasa de alimentación no hubo diferencias significativas entre sí. En cuanto al número de hojas no hubo diferencias significativas con el tratamiento del 5% de tasa de alimentación.
- ✓ En cuanto a los aspectos histológicos se hizo cortes transversales de raíz, tallo y hojas; se observó oxalatos de calcio en la raíz de las plantas trasplantado del tratamiento testigo y el tratamiento del 5% de tasa de alimentación del paco; en cuanto a las demás características no se observó mayores diferencias en la raíz. En el tallo se observó formación de primordios foliares en las plantas cultivadas con sustrato solido (tierra de monte), en comparación con las plantas de los tratamientos de efluentes que mostraron lagunas foliares, indicando la lignificación de tejidos del tallo. En las hojas se observó la formación de rafidios que son una especie de tejido protector contra ataque de insectos fitófagos.

6.2. RECOMENDACIONES.

De acuerdo con los resultados encontrados se recomienda:

- ✓ El uso de Biobolas y productos comerciales de bacterias nitrificantes para una mayor efectividad en la producción y disminución de amonio, nitritos y nitratos.
- ✓ Evaluar la planta de huasaí desde la etapa de germinación, posteriormente realizar el trasplante hacia el sistema hidropónico.
- ✓ Continuar con la investigación y hacer uso de diferentes densidades de peces y evaluar los niveles nutrientes disueltos en el agua de crianza.
- ✓ Realizar investigaciónes aplicando un sistema de recirculación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angeles-Escobar, B.E., Bezerra Cabral da Silva, S.M. & Severi, W. (2021). *Growth, red blood cells, and gill alterations of red pacu (Piaractus brachypomus) fingerlings by chronic exposure to different total suspended solids in biofloc*, 53(3), 652-668. https://doi.org/10.1111/jwas.12837

Aranguren, C.I., Galano, G. & Bernal, R. (2014). *Manejo actual del asaí (Euterpe precatoria Mart.) para la producción de frutos en el sur de la amazonia Colombiana*, 17 (1), 77-99. http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v17n1/v17n1a05.pdf

BIOAQUAFLOC (2022, Setiembre 15). ¿Qué es la acuaponía?. https://www.bioaquafloc.com/que-es-la-acuaponia/

Boyd, C.E. (2019, enero 21). *Nitrógeno, fósforo, eutrofización y estándares de efluentes para certificación acuícola.* https://www.globalseafood.org/advocate/nitrogeno-fosforo-eutrofizacion-y-estandares-de-efluentes-para-certificacion-acuicola/

Bonells, J. E. (2018, noviembre 1) *Morfología y anatomía de las palmeras*. https://jardinessinfronteras.com/2018/11/01/morfologia-y-anatomia-de-las-palmeras/

Carranza Goicochea, J., Oliva Bacalla, S. B., Oliva Valle, J. M., Rimachi pinedo, S. Y. y Diaz Bernal, J. D. (2021) *Determinación de la simbiosis de tres densidades de cultivo de truchas arcoíris (Oncorhynchus mykiss) y cuatro variedades de lechugas (Lactuca sativa), instalados en sistema acuapónico con tecnología de recirculación de agua, distrito Corosha, Amazonas, 5(1), 32-38. https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/757/1079*

Cerozi, B.S., Caitlin, G.A. & Richardson, M.L. (2022). *Fish Effluent as a Source of Water and Nutrients for Sustainable Urban Agriculture*, 12(12), 1-6.

https://econpapers.repec.org/article/gamjagris/v_3a12_3ay_3a2022_3ai_3a12_3ap_3a1975-_3ad_3a980499.htm

Coldebella, A., Gentelini, A.L., Piana, P.A., Coldebella, P.F., Boscolo, W.R. & Feiden, A. (2018). *Effluents from Fish Farming Ponds: A View from the Perspective of Its Main Components*, 10(1), 1-16. https://www.mdpi.com/2071-1050/10/1/3

Delgado Gavilano, N. (2020) *Aprovechamiento de efluentes provenientes de los sistemas de recirculación acuícola del cultivo de Tilapia (Oreochromis sp.) en Acuaponía.* [Tesis de maestría, Universidad Agraria La Molina]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4446

Dzib Ek, SA. (2020) *Caracterización fisiológica y anatómica de la pata de elefante yucateca, Beaucarnea pliabilis (Baker) Rose*. [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica de Yucatán, México]. https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1816/1/PCB_M_Tesis_2020_Susana_Ariely_Dzib_Ek.pdf

Duarte Gómez, E.J. (2018) *Diseño y evaluación de un sistema biológico para el tratamiento de efluentes de la industria acuícola*. [Tesis de maestría, Universidad de Pamplona, Colombia]. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4609/1/Duarte_2018_TG.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture: Towards blue transformation*. FAO. https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0461en

García Dávila, C.R., Sánchez Riveiro, H., Flores Silva, M.A., Mejía de Loayza, J.E., Angulo Chávez, C.A.C., Castro Ruiz, D., Estivals, G., García Vásquez, A., Nolorbe Payahua, C., Vargas Dávila, G., Núñez, J., Mariac, C., Duponchelle, F. & Renno, J.F. (2018). Peces de consumo de la Amazonia (1ra ed.). Inversiones H&L. https://investigacion.minam.gob.pe/observatorio/sites/default/files/garcia_libro_2018.pdf

Gobierno Regional de Ucayali (2021). *Plan regional acuícola 2020-2025. Ucayali, Perú, Ministerio de la Producción*. https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2021/09/PRA-ACUICOLA-UCAYALI-11.pdf

Gonzales, F. (2020, enero 11). *Aprovechar al máximo tu producción acuícola*. https://www.pisciculturaglobal.com/aprovechar-al-maximo-tu-produccion-acuicola/

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (2000). *Cultivo De Peces Amazónicos: Una propuesta productiva para la amazonia peruana* (1ra ed.). https://repositorio.iiap.gob.pe/handle/20.500.12921/142

Hernandez, M. & Mass, W. (2007) Manejo y aprovechamiento del huasai (Euterpe precatoria). https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/167?show=full

Hilmi, E., Kartika Sari, L., Nur Cahyo, T., Mahdiana, A., Tjahja Soedibya, P.H. & Sudiana, E. (2022). *Survival and growth rates of mangroves planted in vertical and horizontal aquaponic systems in North Jakarta, Indonesia*, 23 (2), 687-694. https://www.smujo.id/biodiv/article/download/9956/5491

Huamán del Castillo, J. y Sánchez Diaz, E. (2019) *Plan de Negocios para el acopio e industrialización en pulpa congelada de huasaí en la Región Loreto al mercado de*

Estados Unidos de América. [Tesis de maestría Escuela de Administración de Negocios para Graduados]. https://repositorio.esan.edu.pe/handle/20.500.12640/1794

International Union for Conservation of Nature's (10 de junio de 2023). *List of Threatened Species* in 2020. *Euterpe precatoria* is listed as Least Concern. https://www.iucnredlist.org/species/59466652/59466656

Jiménez Márquez, O. (20 de febrero de 2020). *Acuaponía: una forma potencial y sustentable de cultivar de manera eficiente y sustentable alimentos*. III Congreso Internacional sobre Economía Social y Desarrollo social Sostenible, Tlaxiaco, México. https://www.eumed.net/actas/20/economia-social/26-acuaponia-una-forma-potencial-y-sustentable-de-cultivar.pdf

Leal Ayala, O. G. (2017) *Rango de Ph óptimo para el desarrollo de tomate (Solanum Lycopersicum L.) y tilapia (Orechromis niloticus) en Acuaponía.* [Tesis de maestría, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas de México]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/3983/Leal_Ayala_OG_MC_Edafologia_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lozada Farias, J. L. (2019) *Evaluación del sistema de recirculación de agua en la crianza de tilapia (Oreochromis niloticus) en la costa de la región La Libertad.* [Tesis Med. Veterinario, Universidad Privada Antenor Orrego]. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/4610/1/REP_MED.VETE_JOSE.LOZADA_EVALUACI%C3%93N.SISTEMA.RECIRCULACI%C3%93N.AGUA.CRIANZA.TILAPIA.OREOCHROMIS.NILOTICUS.COSTA.REGI%C3%93N.LA.LIBERTAD.pdf

López Murillo, J.J. (2019). *Estrategia didáctica para la enseñanza de la histología vegetal mediada por la microscopía con el uso de las TIC*. [Tesis de maestria, Universidad Nacional de Colombia]. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75730/11810752_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López Gonzales, M.A. (2018) *Caracterización histológica y evaluación de propiedades físico mecánicas de la fibra de Cashavara (Desmoncus Polyacanthos Martius) proveniente de una plantación del distrito Jenaro Herrera, Loreto-Perú.* [Tesis Ing. Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3921/lopez-gonzales-mariela-andrea.pdf?sequence=1

Maicua Nuninga, L.; Chuyma Tomaylla, M.M.; Oliva Paredes, R.J.; Villegas Panduro, P.P.; Zumaeta Sangama de Villegas, D.P. (2022). *Comportamiento productivo de Apium graveolensen un cultivo acuapónico y convencional* –Yarinacocha, 12 (2), 836-847. *http://revistas.unu.edu.pe/index.php/iu/article/view/102/124*

Mazo Mesa, M. (2021) *Sistemas de acuaponía artesanal y eficiencia productiva de trucha en sistemas de recirculación en tanques circulares de geomembrana*. [Tesis Ing. Zootecnista, Corporación Universitaria Lasallista de Colombia]. http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2956/1/20131338%20.pdf

Morales Huaman, A. H. (2019) *Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico prototipo, aplicado a tilapia gris (Oreochromis niloticus) y albahaca (Ocimum basilicum).* [Tesis Ing. Pesquero, Universidad Nacional Federico Villarreal].

https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/4126/MORALES%20HUAMAN%20ANGEL%20HUMBERTO%20-%20TITULO%20PROFESIONAL%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Medina Lozano, J. A. y Vásquez Juárez, S. F. (2021) *Acuaponía utilizando Oreochromis nicoticus (tilapia gris) y el efecto en el cultivo de Cymbopogon citratus (hierba luisa) en las ciudades de Chiclayo - San Ignacio*. [Tesis Ing. Ambiental, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73035/Medina_LJA-Vasquez_JSF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Navarro Loja, F. (2014) *Manejo de plantas de cinco especies maderables en vivero con fines de reforestación, Ciefor-Puerto Almendra*. [Tesis Ing. Ecología de bosques tropicales, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana]. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/2588/Manejo%20de%20pl%c3%a1ntulas%20de%20cinco%20especies%20maderables%20en%20vivero%20con%20fines%20de%20reforestaci%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ochoa Maldonado, R.D. (2017) *Apoyo en la evaluación del proceso de diseminación de Ganoderma SPP. por las raíces de palma de aceite y estandarización de la metodología para cortes histológicos*. [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de Cundinamarca]. https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2467/Apoyo%20en%20la%20evaluaci%C3%B2n%20de%20diseminaci%C3%B2n%20de%20la%20enfermedad%20y%20cortes%20histolog%C3%ACcos%20..pdf?sequence=1

Paniagua-Zambrana, N., Bussmann, R.W. & Macía, J.M. (2017). *The socioeconomic context of the use of Euterpe precatoria Mart. and E. oleracea Mart. in Bolivia and Peru. Journal*

of Ethnobiology and Ethnomedicine, 13:32. https://repositoriosaludmadrid.es/handle/20.500.12530/42501

Pacheco Diaz, E. (2019). *Función de los Macros y Micronutrientes en las plantas.* https://www.academia.edu/41735452/Funci%C3%B3n_de_los_Macros_y_Micronutrientes_en_las_plantas_Parte_I

Peralta Rivero, C., Vos, V.A., Llanque-Espinoza, O.E. & Zonta, A. (2009). *Productos del bosque: Potencial social, natural y financiero en hogares de pequeños productores de la Amazonia*. https://www.researchgate.net/publication/318350854_POTENCIAL_ECOLOGICO_Y_ECONOMICO_PARA_EL_MANEJO_SOSTENIBLE_DE_FRUTOS_DE_ASAI_Euterpe_precatoria_EN_LA_REGION_NORTE_AMAZONICA_DE_BOLIVIA

PRODUCE (Ministerio de la Producción del Perú). (2022). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola*. https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oee-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/1116-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2022

Quesquen-Fernandez, R.O., Gutierrez Romero, G.A., Jeon, H., Cabrea-Simon, A.E. & Samaniego-Pipo, L.S. (2022). *Estado actual de la acuicultura de la Selva Peruana: caso Ucayali*, 9(2), 49-63. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v9n2/en_2311-2581-jsaas-9-02-49.pdf

Ríos Isern, E. (2021). *Calidad de agua en el cultivo de organismos acuáticos amazónicos* (1ra ed.). Editorial Barreto S.A.C.https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7514

Rodríguez, S.Y., Barrera García, J.A., Carillo Bautista, M.P. & Hernández Gómez, M.S. (2015). *Asaí (Euterpe precatoria) cadenas de valor en el sur de la región amazónica (1ra* ed.). Equilátero diseño impreso. https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/asaipubli.pdf

Salinas Coy, Y. & Agudelo Córdoba, E. (2000). *Peces de importancia económica en la cuenca amazónica colombiana* (1ra ed.). Scripto Ltda. https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LIBRO%20PECES%20IMPORTANCIA%20ECONOMICA%20AMAZONAS%202000web.pdf

Santos, F.A.C., da Costa Julio, G.S. & Kennedy Luz, R. (2020). *Stocking density in Colossoma macropomum larviculture, a freshwater fish, in recirculating aquaculture system*, 0(0), 1-7. https://doi.org/10.1111/are.14976

Sosnowska, J. Ramirez, D. & Millán, B. (2010). *Palmeras usadas por los indígenas Asháninkas en la Amazonía Peruana*, 17(3), 347-352. http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v17n3/a09v17n3.pdf

Tankamash Ugkuch, E.F. (2017) *Comportamiento productivo de Cyclanthera pedata "Caigua" en un cultivo acuapónico en comparación con un cultivo convencional en el distrito de Yarinacocha.*. [Tesis Ing. Agroforestal acuícola, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia]. https://repositorio.unia.edu.pe/items/e886e594-6e5b-4e23-b1aa-2def8c6af2c0

ANEXOS

Anexo 1. Fotos del proceso experimental.

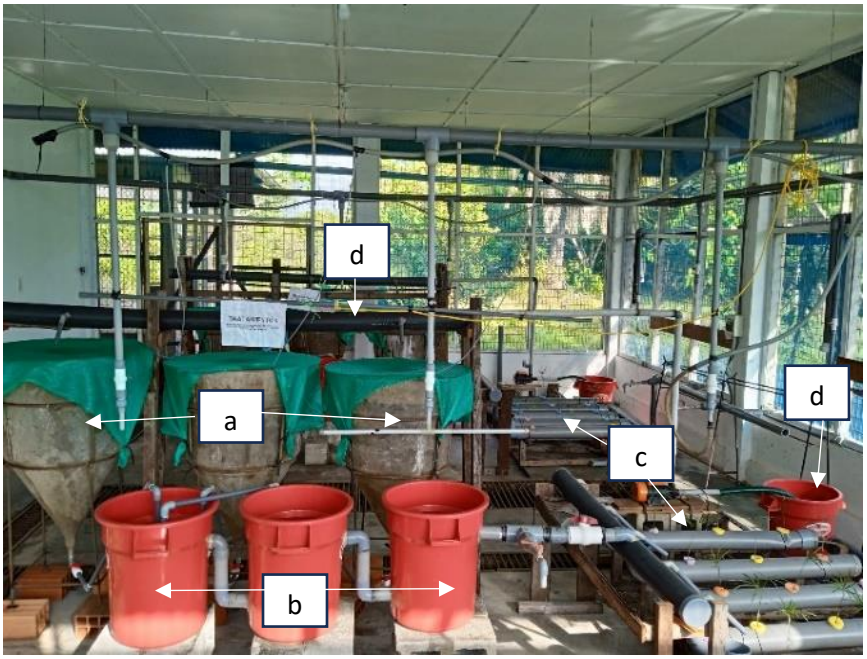
Figura 1A.

Implementación del sistema acuapónico.



Figura 2A.

Sistema piloto final.



Nota. a. Tanques para los peces; b. Filtros; c. Camas hidropónicas (NFT); d. Sumidero; e. caída de agua.

Figura 3A.

Captura de los peces en los lotes de semilla de la estación IVITA Pucallpa.



Figura 4A.

Peces introducidos en las bolsas con aire



Figura 5A.

Transporte de las bolas llenas con peces.



Figura 6A.

Selección de peces adaptados para la distribución en los tanques experimentales.



Figura 7A.

Medida longitudinal de los peces para su distribución en los tanques.



Figura 8A.

Evaluación de peso de los peces para su distribución en los tanques.



Figura 9A.

Colecta de plantas de huasaí en el bosque de la estación IVITA-Pucallpa.



Figura 10A.

Distribución de las plantas de huasaí en los respectivos tratamientos.



Figura 11A.

Plantas del tratamiento testigo.



Figura 12A.

Plantas del tratamiento 1.



Figura 13 A.

Plantas del tratamiento 2.



Figura 14 A.

Evaluación de los parámetros físicos-químicos en el sumidero con el equipo multiparamétrico para análisis de agua, HANNA (modelo HI98194).



Figura 15A.

Evaluación química del efluente con el Kit colorimétrico de análisis de agua, LaMotte AQ-2 (3633-05),



Figura 16A.

Evaluación altura de las plantas de huasaí.



Figura 17A.

Evaluación diámetro de tallo de las plantas de huasaí.



Figura 18A.

Evaluación longitud de raíz.



Figura 19A.

Muestreo de los efluentes para análisis de nutrientes en el laboratorio del INIA.



Figura 20A.

Trasplante a campo definitivo de algunas plantas de huasaí.



Figura 21A.

Corte a mano alzada de la planta de huasaí para su observación en el microscopio.



Figura 22A.

Observación de tejidos fundamentales de la planta de huasaí en un microscópio óptico de luz marca Leica.

