

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO
URBANO BAJO INVERNADERO EN LA REGIÓN, TACNA 2019.**

TESIS

PRESENTADA POR:

WILFREDO CAMA CONDORI

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO PESQUERO

TACNA - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA

**Diseño e implementación de un sistema acuapónico urbano bajo
invernadero en la Región, Tacna 2019.**

**SUSTENTADO Y APROBADO EL 16 DE DICIEMBRE DEL 2021, CUYO
JURADO CALIFICADOR ESTÁ INTEGRADO POR:**

Presidente:



Ing. Nikita Iván Morales Cabrera

Secretario:



Dr. Luis Antonio Espinoza Ramos

Vocal:



Dr. Freddy Walter Delgado Cabrera

Asesor:



Dr. Julio César Isique Calderón

DEDICATORIA

A Dios:

Por ser luz y guía en todos los días de mi vida.

Con mucho amor a mis queridos padres:

Eugenio Cama Mamani y Jacoba Condori Calizaya por estar siempre a mi lado y alentarme a seguir luchando por mis metas personales y profesionales.

Mis hermanas:

María Elena y Juana Marcela por su cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi gratitud al Dr. Julio César Isique Calderón, asesor de la presente tesis por su apoyo y orientación durante la formulación, realización y culminación del presente trabajo.

Al Dr. Efrén Eugenio Chaparro Montoya por la ayuda desinteresada hacia mi persona.

Expreso mi sincero agradecimiento a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera por brindarme sus enseñanzas y orientaciones que contribuyeron a mi formación profesional.

Al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann por el financiamiento de la presente tesis de investigación mediante los fondos del canon.

ÍNDICE

	Pag.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2.1. Interrogante general	4
1.2.2. Interrogantes específicos	4
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos	5

1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	6
1.5.1. Hipótesis general.....	6
1.5.2. Hipótesis específicos.....	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	7
2.2. BASES TEÓRICAS	11
2.2.1. Acuicultura	11
2.2.2. Hidroponía.....	12
2.2.3. Acuaponía.....	13
2.2.4. Sistema acuapónico.....	14
2.2.5. Elementos de un sistema acuapónico.....	16
2.2.6. Sistemas de cultivos hidropónicos.....	19
2.2.7. Calidad del agua	20
2.2.8. Descripción de las especies cultivadas.....	26
2.2.9. Invernadero.....	32
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	34
CAPÍTULO III.....	35
MARCO METODOLÓGICO.....	35
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	35
3.2. TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	35
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	35

3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	37
3.4.1.	Población.....	37
3.4.2.	Muestra.....	37
3.4.3.	Repeticiones	38
3.5.	EQUIPOS E INSTRUMENTOS Y MATERIALES.....	39
3.6.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	41
3.6.1.	Diseño del sistema	42
3.6.2.	Implementación	46
3.6.3.	Operación del sistema	47
3.7.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, INSTRUMENTOS.....	48
3.7.1.	Técnicas.....	48
3.7.2.	Rutinas diarias, semanales y quincenales.....	49
3.7.3.	Análisis proximal.....	49
3.8.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	50
3.8.1.	Análisis de crecimiento.....	50
3.8.2.	Análisis de tasa de crecimiento y la tasa específica de crecimiento de las lechugas...	51
3.9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	51
	CAPÍTULO IV.....	52
	RESULTADOS.....	52
4.1.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO VIABLE PARA ZONAS URBANAS BAJO INVERNADERO	52
4.2.	EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICO DEL SISTEMA ACUAPÓNICO DURANTE EL ESTUDIO	54

4.3. VALIDACIÓN DEL SISTEMA ACUAPÓNICO OBTENIDO POR MEDIO DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD OBTENIDA DE LA TILAPIA Y LECHUGA	63
CAPÍTULO V	72
DISCUSIONES.....	72
CONCLUSIONES.....	76
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos generales de tolerancia de calidad de agua para peces	22
Tabla 2. Elementos esenciales disueltos en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo	25
Tabla 3. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: pH del agua a la salida de los componentes del sistema	54
Tabla 4. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): pH del agua a la salida de los componentes del sistema	55
Tabla 5. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Temperatura del agua a la salida de los componentes del sistema	55
Tabla 6. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$) a la salida de los componentes del sistema	56
Tabla 7. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: oxígeno disuelto del agua (mg/L) a la salida de los componentes del sistema.....	56
Tabla 8. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Sólidos totales disuelto (ppm) a la salida de los componentes del sistema	57
Tabla 9. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Conductividad eléctrica del agua ($\mu\text{S/cm}$) a la salida de los componentes del sistema .	59
Tabla 10. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Amonio en el agua(ppm) a la salida de los componentes del sistema	60
Tabla 11. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Amonio en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema	60

Tabla 12. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico:	
Nitritos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema	61
Tabla 13. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Nitritos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema	61
Tabla 14. Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico:	
Nitratos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema	62
Tabla 15. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Nitratos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema	62
Tabla 16. Análisis de varianza de la validación del sistema acuapónico mediante la producción de tilapia (peso).....	65
Tabla 17. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Producción de tilapia (peso)	66
Tabla 18. Análisis de varianza de la validación del sistema acuapónico mediante la producción de tilapia (longitud).....	66
Tabla 19. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Producción de tilapia (longitud)	67
Tabla 20. Análisis proximal: Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	67
Tabla 21. Análisis de varianza de la validación del sistema acuapónico mediante la producción de lechuga (peso)	70
Tabla 22. Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Producción de lechuga (peso)	71
Tabla 23. Análisis proximal: Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de recirculación de acuicultura (RAS).....	12
Figura 2. Sistema hidropónico simple	13
Figura 3. Sistema acuapónico simple	14
Figura 4. Disposición óptima de los componentes del sistema de acuaponía	15
Figura 5. Lechuga Costina o Conconina.....	28
Figura 6. Lechuga Española o Gallega y Lechuga Milanesa.....	29
Figura 7. Lechuga tipo Iceberg	30
Figura 8. Lechugas Lollo Bionda y Lollo Rossa.....	31
Figura 9. Lechuga espárrago.....	31
Figura 10. Orientación de Invernaderos	33
Figura 11. Metodología utilizado para la implementación de un sistema acuapónico.....	41
Figura 12. Esquema del sistema acuapónico	42
Figura 13. Localización de la instalación acuapónica de este proyecto	43
Figura 14. Diseño propuesto para el invernadero	44
Figura 15. Sistema Acuapónico Urbano bajo Invernadero.....	52
Figura 16. Parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Oxígeno disuelto del agua (mg/L) a la salida de los componentes del sistema	57
Figura 17. Parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Sólidos totales disuelto (ppm) a la salida de los componentes del sistema.....	58
Figura 18. Parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a la salida de los componentes del sistema	59
Figura 19. Tiempo (días) vs peso promedio de la tilapia (g) producida en acuaponía	64

Figura 20. Tiempo (días) vs longitud promedio de la tilapia (cm) producida en acuaponía	65
Figura 21. Efecto del tiempo (días) sobre el promedio de la longitud de hoja de la lechuga (cm) producida en acuaponía	68
Figura 22. Efecto del tiempo (días) sobre el promedio de la longitud de raíz de la lechuga (cm) producida en acuaponía	69
Figura 23. Efecto del tiempo (días) sobre el promedio de peso fresco de la lechuga (raíz + hoja, g) producida en acuaponía	70
Figura 24: Ubicación de muestras de lechuga para la toma de datos en el Sistema hidropónico	103
Figura 25: Vista lateral del sistema acuapónico	123
Figura 26: Vista lateral de los componentes del sistema acuapónico	124
Figura 27: Vista lateral del sumidero, biofiltro y decantador	125
Figura 28: Vista lateral del componente hidropónico	126
Figura 29: Vista superior del componente hidropónico	127
Figura 30: Vista 3D del sistema acuapónico	128
Figura 31: Vista 3D de los componentes del sistema acuapónico	129
Figura 32: Vista 3D de las conexiones del sistema acuapónico	130
Figura 33: Vista superior 3D del sistema acuapónico	131

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	86
Anexo 2. Determinación de humedad.....	88
Anexo 3. Determinación de proteínas.....	89
Anexo 4. Determinación de cenizas.....	91
Anexo 5. Determinación de grasa.....	92
Anexo 6. Componentes del sistema acuapónico urbano.....	93
Anexo 7. Proceso de crecimiento de las lechugas.....	96
Anexo 8. Proceso de crecimiento de las tilapias.....	98
Anexo 9. Características nutricionales alimento balanceado marca AQUATECH TILAPIA.....	99
Anexo 10. Fotografías de registro de parámetros fisicoquímicos del agua.....	101
Anexo 11. Identificación de las muestras de lechugas.....	103
Anexo 12. Registro de longitud inicial y peso inicial de la tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	105
Anexo 13. Registros de los parámetros físico químicos del tanque de los peces.....	106
Anexo 14. Registros de los parámetros físico químicos del biofiltro.....	107
Anexo 15. Registros de los parámetros físico químicos de la raíz flotante.....	108
Anexo 16. Certificado de Análisis proximal de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	109
Anexo 17. Certificado de Análisis proximal de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).....	110
Anexo 18. Fotografías generales de la ejecución del proyecto.....	111

RESUMEN

El objetivo del estudio fue implementar un sistema de acuaponía en zonas urbanas bajo invernaderos de la región Tacna para producir vegetales y pescados de calidad nutricional. El estudio se realizó en un sistema hidropónico con una capacidad de 50 lechugas (*Lactuca sativa*) utilizando tecnología de raíz flotante de 2,88 m² mediante la excreción de 50 tilapias (*Oreochromis nilotica*) cultivadas en tanques de fibra. 1 metro cúbico de volumen útil.

Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico. El pH promedio del tanque de peces fue 7,88; pH promedio del biofiltro y sistema hidropónico fue 7,79; respecto a la temperatura el biofiltro mantuvo una temperatura promedio de 26,39 °C; el tanque de peces tuvo 26,27 °C y el sistema hidropónico resultó con una temperatura promedio de 25,50°C. La mayor concentración oxígeno disuelto se tuvo en el tanque de peces (6,66 mg/l), mientras que el biofiltro y el sistema hidropónico no tuvieron diferencias significativas (6,58 a 6,59 mg/l). Los Sólidos Totales Disueltos registraron mayor concentración en el sistema hidropónico (640,58 ppm), tanque de peces (630,83 ppm) y la menor concentración fue en el biofiltro (620,17 ppm). Se registró mayor conductividad eléctrica en el tanque de peces (1262,71 µS/cm); biofiltro (1253,08 µS/cm) y se registró menor conductividad eléctrica en el sistema hidropónico (1231,17 µS/cm). El amonio promedio del tanque de peces fue 0,38 ppm, mientras el amonio promedio del biofiltro y el sistema hidropónico no presentó diferencias (0,11 ppm). La mayor concentración de nitrito se presentó en el tanque de peces, nitrito promedio de 1,18 ppm, mientras no hubo diferencias significativas de nitrito promedio en el biofiltro y el sistema hidropónico (0,11 a 0,13 ppm). La mayor concentración de nitratos fue en el biofiltro teniendo un nitrato promedio de 90 ppm lo cual se diferencia respecto al sistema hidropónico (78,13 ppm) y resultando con menor concentración de nitrato promedio el tanque de peces (56,25 ppm). Se evaluó el crecimiento de la tilapia, Se inició con un peso promedio inicial de 0,73 g y finalizó la investigación con un peso promedio de 210,46 g, respecto a la longitud inicial fue de 2,61 cm y la longitud final fue de 24,82 cm. La lechuga tuvo una longitud de hoja inicial de 9,8 cm y longitud de hoja final de 31,6 cm; respecto a la longitud de raíz inicial fue de 9,7 cm y la longitud de raíz final fue 43,0 cm; con un peso fresco (hoja y raíz) inicial de 0,99 g y con peso fresco (hoja y raíz) final 346,85 g.

Palabras clave: Sistema acuapónico, biofiltro, sistema hidropónico.

ABSTRACT

The objective of the study was to implement an aquaponics system in urban areas under greenhouses in the Tacna region to produce vegetables and fish of nutritional quality. The study was carried out in a hydroponic system with a capacity of 50 lettuces (*Lactuca sativa*) using floating root technology of 2.88 m² through the excretion of 50 tilapias (*Oreochromis nilotica*) grown in fiber tanks. 1 cubic meter of useful volume.

The physicochemical parameters of the aquaponics system were evaluated. The average pH of the fish tank was 7.88; Average pH of the biofilter and hydroponic system was 7.79; Regarding temperature, the biofilter maintained an average temperature of 26.39 ° C; the fish tank had 26.27 ° C and the hydroponic system resulted with an average temperature of 25.50 ° C. The highest dissolved oxygen concentration was found in the fish tank (6.66 mg / l), while the biofilter and the hydroponic system did not have significant differences (6.58 to 6.59 mg / l). The Total Dissolved Solids registered the highest concentration in the hydroponic system (640.58 ppm), fish tank (630.83 ppm) and the lowest concentration was in the biofilter (620.17 ppm). Higher electrical conductivity was recorded in the fish tank (1262.71 µS / cm); biofilter (1253.08 µS / cm) and lower electrical conductivity was registered in the hydroponic system (1231.17 µS / cm). The average ammonia of the fish tank was 0.38 ppm, while the average ammonia of the biofilter and the hydroponic system did not present differences (0.11 ppm). The highest concentration of nitrite was present in the fish tank, an average nitrite of 1.18 ppm, while there were no significant differences in average nitrite in the biofilter and the hydroponic system (0.11 to 0.13 ppm). The highest concentration of nitrates was in the biofilter, having an average nitrate of 90 ppm, which was different from the hydroponic system (78.13 ppm) and resulting in the lower average nitrate concentration in the fish tank (56.25 ppm). The growth of the tilapia was evaluated, it began with an initial average weight of 0.73 g and at the end of the investigation it resulted with an average weight of 210.46 g, with respect to the initial length it was 2.61 cm and the final length was 24.82 cm. The lettuce had an initial leaf length of 9.8 cm and a final leaf length of 31.6 cm; Regarding the initial root length it was 9.7 cm and the final root length was 43.0 cm; with an initial fresh weight (leaf and root) of 0.99 g and with a final fresh weight (leaf and root) 346.85 g.

Keywords: Aquaponic system, biofilter, hydroponic system

INTRODUCCIÓN

El consumo de agua está creciendo en todo el mundo, mientras que sus suministros están disminuyendo. Además, los recursos hídricos de todo el mundo se enfrentan al problema de la contaminación (Sagasta et al., 2018).

La contaminación del agua es un problema grave en la sociedad moderna. La agricultura, al ser responsable de la descarga de agroquímicos, materia orgánica o residuos de medicamentos, produce una gran cantidad de aguas residuales (Vráblová et al., 2021).

La demanda mundial de alimentos está creciendo rápidamente, la sociedad se enfrenta a un gran desafío: capacidad suministrar alimentos a un pueblo en uniforme crecimiento y conservar el ambiente y los recursos naturales, gran parte de las tierras de cultivo actuales del mundo tienen rendimientos muy por debajo de su potencial y la trayectoria mundial actual de expansión agrícola tiene serias implicaciones a largo plazo para el ambiente (Tilman et al., 2011).

Utilizar prácticas agrícolas sostenibles es aumentar la calidad de vida de los seres humanos, la diversidad biológica, el agua y el suelo. La acuaponía es un ecosistema de recirculación creado por el hombre que integra el cultivo de cultivos y la acuicultura para producir alimentos nutritivos, inocuos y de mayor calidad (Sundar & Chen, 2020).

La acuaponía integrada tienen altos costos de inversión y funcionamiento, la rentabilidad se basa en optimizar su sistema de producción al mejorar los alimentos y el agua, y los aspectos del bienestar de los peces, del mismo modo muchas plantas en acuaponía requieren soluciones de nutrientes ajustadas para lograr un crecimiento y una calidad óptima (Wenzel et al., 2021). Según Delaide et al. (2016) el rendimiento del crecimiento de las plantas se optimiza en condiciones hidropónicas.

Según Álvarez et al. (1999) citado por Campos-Pulido et al. (2015) indicaron que “uno de los problemas mayores de la producción acuícola es el aumento de la materia orgánica en los efluentes resultado de las excreciones de los peces y residuos de alimento”

El policultivo de plantas y peces se incrementa la pluralidad y la productividad del sistema, lo cual constantemente resulta en un uso más eficiente del espacio y los recursos hídricos.

Por lo tanto, el presente análisis tuvo por objetivo diseñar e implementar un sistema acuapónico para la producción de hortalizas y peces de calidad nutritiva en zonas urbanas bajo invernadero en la Región Tacna.

El trabajo de investigación consta de cinco capítulos: El primer capítulo trata sobre los métodos de resolución de problemas, problemas, supuestos y objetivos. El Capítulo 2 analiza el marco teórico, incluidos los antecedentes, la base teórica y las definiciones de otros trabajos de investigación. El capítulo 3 incluye el marco metodológico, considerando el sitio de estudio, la población, la muestra, los métodos, la descripción detallada de los métodos y el diseño experimental, el Capítulo 4 considera los resultados y el Capítulo 5 la discusión, además de las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El factor más importante que influye en las potencialidades de producción agrícola de un país es la disponibilidad de tierras de cultivo. La tierra es el recurso previo esencial para la producción agrícola, pecuaria y forestal.

Algunas granjas integradas pueden reducir el consumo de agua en un 90% en comparación con la agricultura tradicional. Esta es una muy buena noticia para el sector agrícola, que utiliza alrededor del 70% del agua dulce disponible a nivel mundial.(FAO, 2019)

En la acuaponía, el agua sirve para un doble propósito: criar peces y hacer crecer los cultivos, generando dos productos a la vez. No es el único beneficio: los desechos de los peces fertilizan el agua utilizada para regar las plantas, y las plantas limpian el agua para los peces. Es una situación donde todos ganan. Producir más alimentos con menos recursos es parte del futuro de la agricultura.(FAO, 2019)

Acuaponía es la combinación de recirculación de acuicultura e hidroponía. En acuaponía, el agua rica en nutrientes que resulta de la crianza de peces proporciona una fuente de nutrientes para las plantas en crecimiento. Las bacterias beneficiosas convierten el componente tóxico de los desechos de peces en una forma de nutrientes que las plantas pueden utilizar. A medida que las plantas consumen los nutrientes, ayudan a recolectar el agua en que viven los peces. Un proceso microbiano natural mantiene saludables tanto a los peces como a las plantas y ayuda a mantener un ambiente en el que ambos pueden prosperar.(Rebecca L., 2008)

La acuaponía permite generar vegetales frescos, abundantes y sanos en espacios pequeños de las viviendas ubicadas en zonas urbanas, con un consumo reducido de agua y trabajo físico mínimo, además de fortalecer la economía familiar reduciendo egresos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Interrogante general

¿Será viable diseñar e implementar un sistema acuapónico urbano para la producción de hortalizas y peces de calidad nutritiva bajo invernadero en la Región Tacna?

1.2.2. Interrogantes específicos

¿Se podrá diseñar un sistema acuapónico viable para zonas urbanas bajo invernadero en la Región Tacna?

¿Cuáles serán los parámetros físico-químico para el sistema acuapónico en la Región Tacna?

¿Cuál será la producción y calidad nutritiva a obtener en el sistema acuapónico?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La acuaponía es una opción para la obtención de peces y hortalizas en un mismo sistema de producción. Muestra ventajas como por ejemplo, reduce el consumo de agua, minimiza el vertido de desperdicios, valorización de los residuos, más grande control sobre patógenos, apto para la producción a pequeña y media escala y es realizable por medio de criterios de producción ecológica.

La acuaponía se ha convertido en tendencia. La acuaponía es un ejemplo de un sistema circulatorio comúnmente conocido como acuicultura agrícola integrada (IAA) debido a la combinación de acuicultura (cultivo de peces) e hidroponía (cultivo de plantas en agua sin suelo). Algunas granjas integradas pueden usar hasta un 90 % menos de agua que la agricultura convencional. Esta es una muy buena noticia para el sector agrícola, que utiliza alrededor del 70% del agua dulce disponible en el mundo. (FAO, 2019)

“A medida que aumenta nuestra población, la tierra cada día se encarece más y los espacios para siembra están limitados, desgastados y contaminados”.
(Alpizar, 2004, p.17)

En medio de las causas que me motivan a hacer este trabajo de investigación, no hay contaminación residual y el consumo de agua, comparado con otros tipos de agricultura es mínimo gracias al sistema de recirculación, únicamente se repone el que se pierde por evaporación. En un mismo espacio se generan hortalizas y peces de calidad óptima. Son cultivos sin uso de pesticidas lo cual es completamente orgánico, se propone el proyecto: **“Diseño e implementación de un sistema acuapónico urbano bajo invernadero en la Región, Tacna 2019”**

1.4. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Implementar un sistema acuapónico para la producción de hortalizas y peces de calidad nutritiva en zonas urbanas bajo invernadero en la Región Tacna.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diseñar un sistema acuapónico viable para zonas urbanas bajo invernadero en la Región Tacna.
- Evaluar los parámetros físico-químico para el sistema acuapónico en la Región Tacna.
- Validar el sistema acuapónico obtenido por medio de la producción y calidad obtenida.

1.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis general

- El sistema acuapónico es viable para la producción de hortalizas y peces de calidad nutritiva para autoconsumo familiar en las zonas urbanas de la Región Tacna.

1.5.2. Hipótesis específicos

- Es viable diseñar un sistema acuapónico para zonas urbanas en la Región Tacna.
- Es posible evaluar las concentraciones de parámetros físico-químico para el sistema acuapónico en la Región Tacna.
- Se puede validar el sistema acuapónico mediante la producción y su calidad nutritiva obtenida.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En el año 2019 fue presentado la tesis, Departamento de Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador – San Salvador, América Central, cuyo título es: “Evaluación de un modelo de Acuaponía en la producción de biomasa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y lechuga (*Lactuca sativa*) en El Salvador”, por Silvia Vanessa Ascencio Quintanilla, Gerardo Ernesto Del Valle Campos y Gabriela Amairany Velásquez Alfaro, cuyo resumen es:

La investigación se logró con el propósito de evaluar 3 densidades de siembra de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un diseño acuapónico comparando los rendimientos de biomasa animal y vegetal, en la Estación Acuícola del Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA), del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), ubicada en el municipio de Santa Cruz Porrillo, departamento de San Vicente, El Salvador, desde julio de 2017 a enero de 2018.

Se creó un sistema acuapónico, el cual contaba con un tanque para el cultivo de tilapia de 0.96 m³, 2 filtros mecánicos, un filtro biológico, una cama para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) de 4 m² bajo la modalidad de raíz flotante y un tanque finalmente del sistema de 25 galones (94,63 litros), con una bomba de recirculación que lleva el agua inicialmente del sistema siendo este el tanque de peces.

Se evaluó la producción de biomasa de tilapia (g/m³) y se midieron las tallas de éstas (cm/unidad) en 3 densidades de siembra de tilapia de 50, 75 y 100 tilapias por m³ de agua y la biomasa vegetal (g/m²) de lechuga acuapónica diversidad Longifolia. Se usó un Diseño de Bloques al Azar, con 3 bloques para cada procedimiento, el grado de significancia ha sido del 5% por ser una indagación de campo. En los resultados de la biomasa animal el procedimiento con más ganancia de peso ha sido el T1 (50 peces/m³), con un peso promedio de 76,1 gramo, obteniendo el mejor peso en el bloque III con 90,7 gramo; y la más grande

ganancia de biomasa vegetal se tuvo en el procedimiento T1, con un peso promedio de 131,8 gramo, obteniendo el mejor peso en el bloque I con 142,8 gramo.

El estudio de datos se hizo con el programa estadístico INFOSTAT 9.0, además se hizo un cuadro de precios de inversión y operación donde el procedimiento con menor precio ha sido el T1 con un costo de \$403,96 (Silvia et al., 2019).

En el año 2019 fue presentado la tesis, Plan de Estudios de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingenierías de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña – Colombia, cuyo título es: “Sistema Acuapónico para la Producción Tecnificada Peces y Hortalizas en Huertas Urbanas”, por Mayerly Duran Pinzon, cuyo resumen es:

Las huertas urbanas son una solución que posibilita el consumo de alimentos frescos en casa. no obstante, la extensión de centros urbanos, le está quitando regiones verdes a Ocaña, y en el planeta. por consiguiente, se creó y se construyó una huerta urbana autosostenible acuapónica automatizada, en el que con herramientas computacionales se monitorea las primordiales cambiantes que intervienen y mantener el control de un grado de agua primordial para que las plantas reciban todos los nutrientes (Duran Pinzon, 2019).

En el año 2018 fue presentado la tesis, Ingeniería en Sistemas Administrativos Computarizados, Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad de Guayaquil, cuyo título es: “Sistema de control de cultivos hidropónicos y Acuapónicos”, por Diego Axel Gutiérrez Jiménez, cuyo resumen es:

El siguiente trabajo sugiere la construcción de un sistema para controlar cultivos hidropónicos y acuapónicos. Este instrumento dejará hacer cultivos eficientes y brindará a los agricultores la posibilidad de monitorear, gestionar sus cultivos y tomar elecciones basados en datos exactos.

Antes que nada se ha descrito el precedente y la problemática, exponiendo las causas primordiales por las cuales se ha desarrollado esta iniciativa. Se hace una breve descripción más que nada lo referente a la hidroponía y la acuaponía sus inicios, desarrollo y ya que son consideradas como la agricultura del futuro, además se hace una especificación sobre las tecnologías aplicadas para realizar el aplicativo.

Se ha llevado a cabo una investigación cualitativa y detallada con el fin de recabar información por medio de entrevistas que fueron llevadas a cabo a diversos comprendidos en la materia. Debido a estas entrevistas se obtuvo información real y se ha podido establecer que dichos tipos de agricultura actualmente se hacen de forma un tanto rustica o sea la utilización de tecnología es mínimo o casi nulo.

Por fin se crea la aplicación a la luz de las reuniones, hay un serio nivel de asunción con respecto a los entrevistados, se representan y establecen las necesidades fundamentales dadas por los distintos entrevistados, igualmente los instrumentos idóneos para el avance del todavía en el aire, con la producción de este marco los agricultores tendrán otra opción para trabajar en el control de sus rendimientos, dejando asentadas las bases de la aplicación, se sugiere el desarrollo del equivalente para posteriores mejoras.(Gutiérrez, 2018).

En el año 2017 fue presentado la tesis, a la Escuela de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, cuyo título es: “Evaluación de un sistema acuapónico de cama con sustrato sólido”, por Martha Abigail Ovando Rodríguez cuyo resumen es:

En la actualidad la agricultura y acuicultura son sectores de crecimiento muy acelerados a nivel mundial. Sin embargo, las altas demandas de sus recursos han traído consigo grandes repercusiones al ambiente, a través de la degradación del suelo, el exceso de extracción de agua, y la contaminación de las aguas por los productos y residuos agroquímicos (FAO, 2015). Es por ello que hoy en día se necesitan alternativas que puedan generar buenas producciones en ambos sectores, sin causar impactos negativos al ambiente.

De acuerdo a Nelson (2008) la unión de la hidroponía y la acuicultura, mejor conocida como acuaponía, podría representar una tecnología prometedora ya que los desechos generados por los peces, en vez de ser vertidos al ambiente son valorizados como nutrientes para las plantas, además de aprovechar al máximo el agua y espacio, generando una producción sustentable para el ambiente. Por ello el objetivo de este estudio fue diseñar e implementar un sistema acuapónico de cama con sustrato sólido y evaluarlo de acuerdo al crecimiento de las especies cultivadas, las cuales fueron lechuga (*Lactuca sativa*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Los resultados muestran un buen crecimiento en peces y plantas, obteniendo una producción total de 10,5 kg de lechugas y un peso ganado promedio de 270,18 g en peces, después de 182 días (seis meses) de cultivo, específicamente de febrero a julio de 2017, con una sobrevivencia del 100% para ambas especies.

La temperatura, el pH y la concentración de oxígeno se consideraron suficientes para el correcto funcionamiento del sistema acuapónico. Del mismo modo, las curvas de compuestos de nitrógeno mostraron una progresión de los suplementos para las plantas y el suministro de agua sin grados peligrosos de amonio y nitritos para los peces. (Ovando, 2017).

En el año 2015 fue presentado la tesis, Magíster en el Medio Ambiente, mención Gestión y Ordenamiento, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Chile, cuyo título es: “Estudio Técnico – Financiero de la Puesta en Marcha de un Cultivo Integrado de Trucha Arcoíris y lechugas Hidropónicas en la Región de Tarapacá”, por Nikola Nilbaldo Dekovic Zúñiga, cuyo resumen es:

Una opción para el cultivo de peces en regiones con escasez de agua es la utilización de sistemas cerrados de recirculación de agua SRA. (Wheaton, 1977), cuya marca fundamental es la reutilización y el ahorro del fluido imperativo.

La acuaponía es una de estas ideas, utilizando esta innovación es factible utilizar el agua adquiriendo alrededor de dos cosechas de artículos con un agua similar.. Además, como resultado se podría abastecer a la I Región de Tarapacá con trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y hortalizas en general cultivadas bajo condiciones controladas de invernadero y a través de un proceso de reutilización del agua (SRA), de esta manera las hortalizas usan la mayoría de los nutrientes que provienen del metabolismo de los peces, luego de las hortalizas el agua queda en condiciones de calidad para ser usada nuevamente en el cultivo de los peces u otra alternativa como microalgas o riego de frutales.

El objetivo general del proyecto es: “Evaluar en el poblado de La Huayca el diseño de un sistema integrado de peces y hortalizas (Acuiponía) a pequeña escala comercial para diversificar la producción e incrementar la eficiencia del uso del agua en zonas desérticas”. En tanto que los objetivos específicos son: 1. Desarrollar un sistema acuipónico de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y lechuga (*Lactuca sativa*) a mediana escala comercial en la localidad de La Huayca. 2. Incrementar la producción de biomasa de trucha arcoíris

(*Oncorhynchus mykiss*) y lechuga (*Lactuca sativa*) que puedan producirse sustentablemente en un sistema acuíponico instalado en el poblado de La Huayca. 3. Minimizar el impacto de los desechos producidos por los peces al medio ambiente de manera controlable de acuerdo a la recirculación del recurso hídrico. 4. Reducir los requerimientos energéticos de un sistema acuíponico, utilizando fuentes de energía renovables disponibles. 5. Estimar los posibles niveles de costo y probables ingresos que generarían la operación de una granja agro - acuícola. 6. Estimar los índices económicos (VAN y TIR) que determinen la viabilidad de este tipo de industrias. El estudio se ubica en la Provincia del Tamarugal, en el poblado de La Huayca, I Región de Tarapacá, en un terreno ubicado a la entrada del poblado de La Huayca. Se cuentan con 2 há para la construcción del sistema de acuíponía. El Diseño está basado en el sistema de acuíponía expuesto por Rakocy et al., compuesto por 4 estanques de peces, dos sedimentadores de sólidos (filtración mecánica) y biorreactor ciclónico (Filtración biológica), 8 contenedores para el cultivo de hortalizas, una bomba, dos blower para airear a los peces y plantas. La producción anual de truchas fue de 7,930 Kg/año, mientras que la producción de piezas de lechugas fue de 135,338 piezas/año. Según el indagación económico y financiero, éste demuestra la inversión del proyecto es rentable, ya que el TIR es de un 34,45% y un VAN de 3.516,15 UF (Dekovic, 2015).

2.2. BASES TEÓRICAS

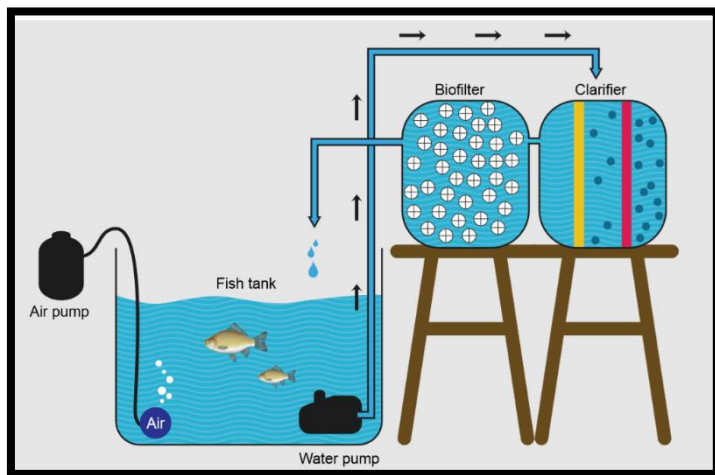
2.2.1. Acuicultura

La acuicultura es un tipo de agricultura que incluye la propagación, el cultivo y la comercialización de animales y plantas acuáticas, incluidos peces para alimentos como el pez gato, tilapia y trucha, peces ornamentales como el koi y acuarios, peces cebo para la pesca industrial, peces deportivos para repoblar estanques y lagos y peces para ingredientes de piensos. (Nelson & Pade, 2008)

La recirculación de la acuicultura es un sector especializado de la acuicultura en el que los peces se crían en tanques, que están densamente poblados (ver figura 1). Debido a las altas tasas de almacenamiento, hay un alto volumen de desperdicios que resulta de este proceso. (Nelson & Pade, 2008)

Figura 1

Sistema de recirculación de acuicultura (RAS)



Fuente: Somerville, (2008)

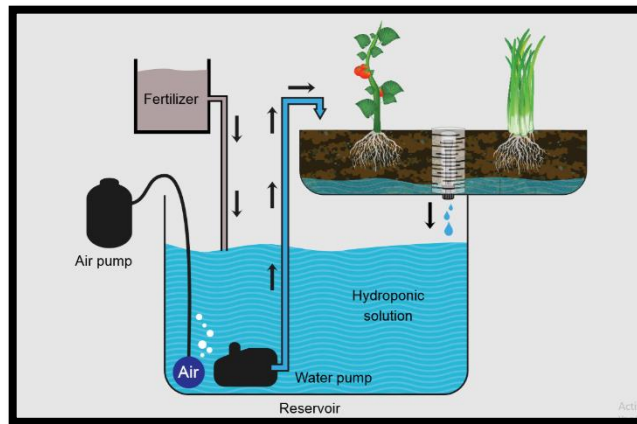
2.2.2. Hidroponía

La hidroponía por definición significa "trabajo con agua". en uso práctico, significa cultivar una planta en una solución de agua y nutrientes, sin suelo. El cultivo hidropónico permite a un agricultor cultivar plantas de una manera más eficiente y productiva con menos trabajo, menos agua y menos fertilizante porque las plantas cuentan con las proporciones ideales de agua y nutrientes y las condiciones óptimas para el crecimiento. (Nelson & Pade, 2008)

La ciencia de la hidroponía muestra que el suelo no es indispensable para el crecimiento de las plantas (ver figura 2), pero sí lo son los elementos, los minerales y los nutrientes que contiene el suelo. El suelo es simplemente el portador de los nutrientes, un lugar donde las raíces de las plantas viven tradicionalmente y una base de apoyo para la estructura de la planta. (Nelson & Pade, 2008)

Figura 2

Sistema hidropónico simple



Fuente: Somerville, (2008)

2.2.3. Acuaponía

La acuaponía es una estrategia de cultivo que consolida las estrategias de cultivo en tanques con la hidroponía para crear rendimientos naturales con una productividad más prominente, lo que da algunos beneficios entre ellos que no entregan contaminaciones, y requieren menos activos fundamentales en contraste con los métodos rurales habituales. (Trejo, 2013)

Dado que la acuaponía incorpora la creación de animales acuáticos y los rendimientos de la acuicultura, es factible crear más alimentos, salarios más altos y aumentar la utilización efectiva de los activos de agua y compost en una unidad de creación similar, así como disminuir la contaminación producida por la acuicultura. (Trejo, 2015)

“Un aspecto importante de la acuaponía (a futuro) es la posibilidad de generar al mismo tiempo peces y plantas orgánicos. Para esto se requiere reemplazar el concentrado que se utiliza normalmente en acuicultura, por alimentos de tipo orgánico”. (Ramírez, et al, 2017) p. 46

Van Patten (2004) Indica que “La mejor parte de este sistema ambiental y amigable es que todo es orgánico sin químicos añadidos”.(p.53)

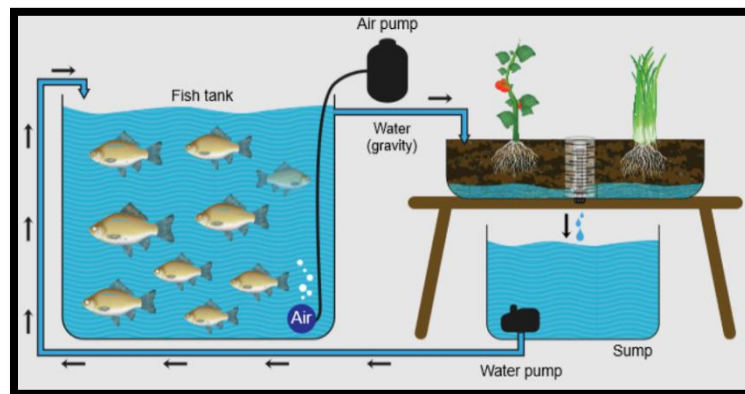
2.2.4. Sistema acuapónico

La acuaponía es la conciliación de la hidroponía y la acuicultura en un marco de creación. En una unidad acuapónica, el agua de la pecera pasa por los canales, establece los lechos y después vuelve a los peces (véase la figura 3). En los canales, los desechos de los peces pasan por un biofiltro que procesa los desechos desintegrados. El biofiltro da un área a los microbios para cambiar las sales olorosas, que son venenosas para los peces, en nitrato, un suplemento más abierto a las plantas. Esta interacción se llama nitrificación. A medida que el agua (que contiene nitrato y diferentes suplementos) pasa por los lechos de desarrollo, las plantas ingieren estos suplementos y por fin el agua vuelve al tanque filtrada. Este ciclo permite que los peces, las plantas y los microorganismos florezcan ventajosamente y cooperen para establecer un sólido clima de desarrollo entre ellos, siempre que el marco esté debidamente ajustado. (Somerville, 2008)

Los desechos de pescado de la porción de acuicultura del sistema, son degradados por bacterias en nutrientes disueltos (por ejemplo, compuestos de nitrógeno y fósforo) que las plantas utilizan para crecer en una unidad hidropónica, esta eliminación de nutrientes no solo eleva la calidad del agua para los peces, sino también reduce el consumo general de agua al limitar la cantidad liberada como efluente. (Pattillo, 2017)

Figura 3

Sistema acuapónico simple



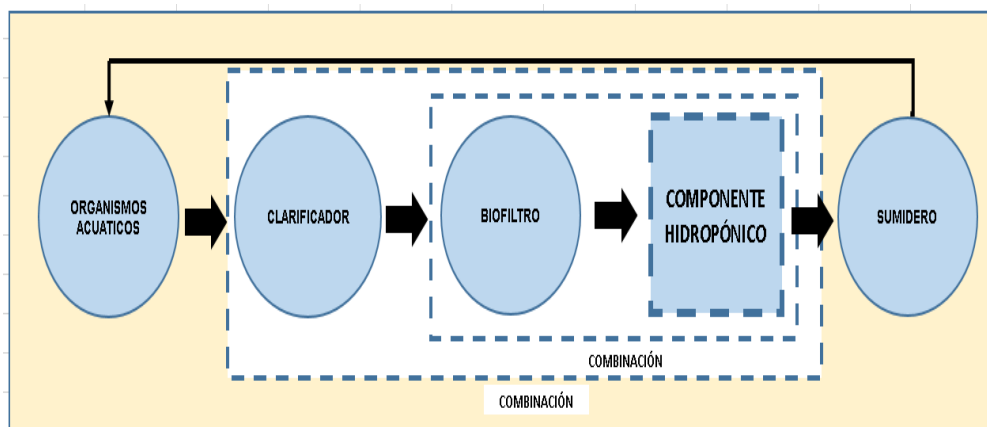
Fuente: Somerville, (2008)

Descripción del funcionamiento de un Sistema Acuapónico

Un sistema de acuaponía puede funcionar de varias maneras dependiendo de su diseño. No obstante, hay una simplificación excesiva para el plan aplicado a cualquier marco y muy bien puede ser aclarado por el plan introducido en la Figura 4.

Figura 4

Disposición óptima de los componentes del sistema de acuaponía



Fuente: Rakocy (2012)

2.2.4.1. Ventajas

Según OLMO AXAYACATL (2017) citado por Duran (2019). Indica que la acuaponía se considera un marco de creación sostenible, ya que presenta una progresión de cualidades beneficiosas para el clima. Una parte de los beneficios son los siguientes:

Uso eficiente del agua.

En los sistemas acuapónicos, el agua es el modo de vida para los peces y las raíces de las plantas. En definitiva, el agua se utiliza de dos maneras. Con este cultivo se reduce a un 10% el consumo de agua, que en un cultivo tradicional con suelo.

Fertilización orgánica.

El desecho de los peces es un abono rico en suplementos para las plantas. De esta manera es posible disminuir de manera impresionante el gasto de tratamiento de las sales.

No se requiere suelo.

Para las regiones con problemas de suelo y además para las regiones desérticas, este sistema acuapónico aborda una opción intrigante. Además, un sistema acuapónico podría ser de increíble interés para el desarrollo de las cosechas en las zonas urbanas, donde la tierra cultivable es básicamente inexistente.

2.2.4.2. Debilidades

Se requiere información especializada para un control legítimo: en vista de que un sistema de combinación de dos cultivos requiere información esencial sobre la fisiología de las plantas (vegetales) y de las criaturas (peces)

2.2.5. Elementos de un sistema acuapónico

2.2.5.1. Tanques para cultivo de peces

Cada sistema de acuaponía requiere al menos pecera. En sistemas más grandes a menudo hay múltiples tanques. El tamaño y el tipo de acuario que elija se determinará según su aplicación. Un pequeño sistema para la afición o la educación puede utilizar un acuario de vidrio o plexiglás. Pequeños sistemas de demostración pueden incluso estar hechos de tinas o barriles de plástico. Un sistema más grande que se usa para la producción de alimentos en el hogar o para la acuaponía comercial generalmente utiliza tanques de polietileno o fibra de vidrio fabricados.(Nelson & Pade, 2008)

2.2.5.2. Bombas de aireación

El ciclo de oxigenación es una estrategia de adecuación del sistema, que se crea bajo el procedimiento de Venturi, que ejecuta un hardware de exposición superior flexible que permite infundir una enorme suma (volumen) de aire oxigenado como bolsas de aire (infusión de oxígeno no adulterado como bolsas de aire), ya que comprende un sistema de dispersión de aire a cada piscinas de producción, Esto se logra a través de sifones eléctricos y mangueras de diseminación con las que se proporciona aire en densidades de 5 mg/L, lo que provoca un impacto "desintegrador de espuma", una interacción que mata la vacilación de innumerables partículas descompuestas y proteínas, por lo tanto trabajando en la naturaleza del agua.. (Barrera & Arías, 2018)

2.2.5.3. Bomba de agua

El sifón de agua es la fuerza motriz del sistema acuapónico, guiando el agua desde la pecera a los cultivos hidropónicos y desde los rendimientos acuícolas de vuelta a la pecera en un marco de distribución cerrado. El curso del agua producido por el sifón garantiza que las plantas y los microbios acepten sus suplementos, de esta forma se filtra y mejora la calidad del agua que los peces recibirán una vez que el agua complete su recorrido al regresar al tanque. (Colagrosso, 2015)

2.2.5.4. Biofiltro

La biofiltración es la transformación de amoníaco y nitritos en nitratos por parte de microorganismos vivos. La mayoría de los desechos de los peces no se pueden tamizar con un canal mecánico porque los desechos se desintegran directamente en el agua y el tamaño de estas partículas es demasiado pequeño

para ser eliminado de forma precisa (...). La biofiltración es fundamental en acuaponía, ya que el amoníaco y el nitrito son venenosos incluso en fijaciones bajas, mientras que las plantas necesitan nitratos para desarrollarse. En una unidad acuapónica, el biofiltro es un componente instalado deliberadamente para albergar a la mayoría de las bacterias vivas. (Somerville, 2014)

Las partes del biofiltro y de la acuicultura pueden consolidarse utilizando medios de soporte para plantas, por ejemplo, roca o arena, que también funcionan como medios de biofiltración. El hidropónico de balsa, compuesta por láminas de poliestireno a la deriva y macetas de soporte para plantas, también puede proporcionar una biofiltración adecuada, siempre que la zona de creación de plantas sea lo suficientemente grande. (Rakocy, 2012)

2.2.5.5. Filtro mecánico

Una administración ineludible y esencial dentro de los sistemas de distribución es la filtración del agua, mediante alguna estrategia mecánica. Esta administración permite la partición y evacuación de fuertes residuos en suspensión (a la deriva o no), permitiendo una progresión de objetivos y ventajas. (Candarle, 2014)

La filtración mecánica, además de eliminar estos sólidos de la diseminación, los retiene y ocasionalmente los recoge en una zona particular, donde normalmente se completa un curso más crítico para nuestro sistema: la mineralización, o la forma más común de suministrar suplementos en el agua. (Candarle, 2014)

2.2.5.6. Sumidero

El sumidero contiene un sifón o un delta de sifón que lleva el agua de cultivo tratada a los tanques de elevación. Si las bandejas NFT o las bandejas de perlita están ubicadas sobre los tanques de cría, el colector se colocará frente a ellos de manera que el agua pueda ser bombeada hasta el componente

hidropónico para el retorno por gravedad a los tanques de cría. Solo debe haber una bomba para hacer circular el agua en un sistema acuapónico. (Rakocy, 2012)

2.2.5.7. Componentes hidropónicos

Esto depende de las camas hidropónicas o de los lechos de desarrollo, en los que las plantas flotan en el agua vital, utilizando espuma de poliestireno como protección. A veces es posible poner los peces y las plantas en un tanque de cultivo similar; sea como sea, es importante añadir un poco de tipo de celosía o malla para asegurar las bases subyacentes de las plantas para evitar que sean manipulados o incluso comido por las criaturas marinas en el cultivo. (Dekovic, 2015)

2.2.6. Sistemas de cultivos hidropónicos

2.2.6.1. Sistema de camas con sustrato sólido

Las unidades de material de lámina llenas de medios son el plan más famoso para la acuaponía de alcance limitado. Esta técnica se sugiere energéticamente para la mayoría de las áreas de creación. Estos planes son productivos en cuanto al espacio, tienen un gasto introductorio moderadamente bajo y son apropiados para los novatos debido a su falta de esfuerzo. En las unidades de lecho de medios, los medios de comunicación se utilizan para ayudar a los fundamentos de las plantas y, además, las capacidades reales de los medios de comunicación como un canal, tanto mecánicos como naturales. Esta doble función es la razón principal por la que las unidades de cama de medios son las más simples; Las siguientes secciones muestran cómo los métodos NFT y DWC requieren componentes aislados y

más complicados para la filtración. Sin embargo, la técnica de la cama de medios puede volverse inmanejable y relativamente costosa a una escala mayor.(Somerville, 2014)

2.2.6.2. Sistema de raíz flotante

DICTA (2002), el desarrollo de la lechuga bajo este sistema comprende que las raíces se bajen en el arreglo del suplemento, las plantas están en platos extendidos de poliestireno que flotan en el agua con el arreglo del suplemento donde el plato va alrededor como una ayuda mecánica y cada uno flota sosteniendo un número específico de plantas de lechuga, y vital para lograr una creación decente es circular el aire a través del arreglo del suplemento físicamente o precisamente. Citado por (Zúñiga, 2015)

2.2.6.3. Sistema de solución nutritiva recirculante

Rodríguez F. (2005). La técnica de la película de suplemento (NFT) es un método de cultivo en agua en el que las plantas se desarrollan con su entramado radicular dentro de una capa de agua, a través de la cual la disposición del suplemento circula incesantemente. Citado por (Rojas, et al, 2017)

2.2.7. Calidad del agua

Para comprender mejor la importancia de la calidad del agua en el sistema de la acuaponía, puede compararse con la capacidad de la sangre en el sistema circulatorio de un ser vivo, que proporciona y distribuye los suplementos, el oxígeno y, además, satisface las capacidades vitales para su buen funcionamiento. El agua da suplementos a gran escala y en miniatura a las plantas del modo de vida, y es el medio

a través del cual los peces obtienen adicionalmente oxígeno y donde producen sus descargas que luego serán descontaminadas. Los 5 límites principales que caracterizan la calidad del agua en un RAS son: la temperatura, el oxígeno descompuesto, el pH, las mezclas de nitrógeno y la alcalinidad..(Candarle, 2014)

2.2.7.1. Temperatura

En cuanto a la temperatura, dado que este elemento decidirá el ritmo metabólico de los peces, el fabricante debe buscar mantenerla en los alcances para conseguir un gran desarrollo de la especie elegida y no debe "cambiar" esencialmente a rangos de resistencia. Dentro de los rangos de temperatura soportados por las especies de peces, las tasas de desarrollo se incrementan a medida que aumenta la temperatura, hasta que se alcanza la ideal para cada especie. Por encima de esta temperatura, los ciclos metabólicos y los requisitos energéticos aumentan al igual que los cambios en la relación entre el alimento y la carne (Factor de Conversión Alimenticio Relativo-FCR), impidiendo el beneficio.(Candarle, 2014)

Según Rakocy (2004). Con la bajada de las temperaturas, al perderse el potencial de desarrollo de los peces, se producirá una incomodidad monetaria dentro del marco, que también podría pasar desapercibida, ya que la parte de la creación de peces pierde productividad, sin que sea evidente la verdadera desgracia en el sistema incorporado. Citado por (Candarle, 2014,)

2.2.7.2. pH

El pH es un límite que permite estimar la cantidad de partículas de hidrógeno que están disponibles en el agua, por lo tanto, el nivel de pH en el sistema es, además, un marcador que permite la calidad del agua para estar en condiciones ideales, a lo largo de estas líneas la disminución del grado de estrés en los peces, Esto, junto con la temperatura, directamente intercede en

los grados venenosos de amonio (NH₃) presente en el sistema, teniendo en cuenta que mantenerse al día con los niveles de pH ideal es útil para los diferentes ciclos que son igualmente empapado en el sistema acuapónico. El sistema acuapónico a partir de ahora en la organización supervisa los límites de pH controlados cerca de 7. (Barrera & Arías, 2018)

Tabla 1

Rangos generales de tolerancia de calidad de agua para peces

<i>Tipo de organismo</i>	<i>Temperatura (°C)</i>	<i>pH</i>	<i>NAT (mg/l)</i>	<i>NO₂ (mg/l)</i>	<i>NO₃ (mg/l)</i>	<i>OD (mg/l)</i>
<i>Peces</i>						
<i>aguas cálidas</i>	22-32	6-8,5	<3	<1	<400	4-6
<i>Peces aguas frías</i>	10-18	6-8,5	<1	<0,1	<400	6-8
<i>Plantas</i>	16-30	5,5-7,5	<30	<1	-	>3
<i>Bacterias nitrificantes</i>	14-34	6-8,5	<3	<1	-	4-8

Fuente: Somerville, (2014)

2.2.7.3. Oxígeno disuelto

El grado de oxígeno en el agua es un límite rigurosamente sintético y un componente decisivo sobre la naturaleza del agua, ya que, suponiendo que falte, puede causar resultados irreversibles en la producción de los peces, provocando bajos niveles de resistencia, desgracias, contaminación del marco, entre otros. Como el ciclo de Biofloc (tratamiento y nitrificación) es una interacción que está directamente conectada con los niveles ideales de

oxígeno, en esta línea, la ausencia de oxígeno provoca una escasez en la interacción de mineralización. (Barrera & Arias, 2018).

2.2.7.4. Amonio

El amonio es un catión poliatómico decididamente acusado de la receta sintética NH_4^+ . Tiene una carga atómica de 18,04 y se enmarca en la protonación del álcali. El álcali es una base frágil: responde con los ácidos de Bronsted (regalos de protones) para crear la partícula de amonio. Cuando el álcali se descompone en el agua, una cantidad limitada de él responde con las partículas de hidronio del agua para crear partículas de amonio. (Calvo & Rey, 2015)

2.2.7.5. Nitrito

Se trata de la partícula NO_2^- . Es un anión raquíctico con un diseño electrónico y un curso de acción preciso como el del ozono. Los nitritos pueden enmarcarse en sales o ésteres del corrosivo nitroso (HNO_2). En la naturaleza, los nitritos se producen por oxidación orgánica de las aminas y los álcalis o por disminución del nitrato en condiciones anaeróbicas. En la industria pueden obtenerse por disolución de N_2O_3 en arreglos esenciales. Como sales de un corrosivo impotente, en contacto con ácidos sólidos, por ejemplo, el corrosivo sulfúrico, se entrega el corrosivo nitroso insano, que en la disposición corrosiva está en armonía con la partícula de nitrosonio (NO^+). Se compromete con diferentes respuestas de sustitución electrofílica y en las respuestas de combinación de color diazo..(Calvo & Rey, 2015)

2.2.7.6. Nitratos

Los nitratos son sales o ésteres del corrosivo nítrico HNO_3 . En los nitratos se encuentra el anión NO_3^- . El nitrógeno en estado de oxidación +V se sitúa en el punto focal de un triángulo formado por los tres oxígenos. La construcción se resuelve mediante impactos mesoméricos. Los nitratos inorgánicos se forman en la naturaleza por el deterioro de mezclas nitrogenadas como proteínas, urea, etc. En este deterioro se forman individualmente sales aromáticas o amonio. A la vista del oxígeno se oxida por microorganismos del tipo nitrobacter a corrosivo nítrico que ataca cualquier base (típicamente carbonatos) en el medio formando el nitrato relativo. (Calvo & Rey, 2015)

2.2.7.7. Nitrobacter

El nitrato (NO_3^-) se crea a partir del nitrito. Esto es completado por organismos microscópicos del tipo Nitrobacter. La mezcla de amonificación y nitrificación vuelve a una estructura que puede ser absorbida por las plantas el nitrógeno que han tomado de la tierra y fluyó a través del orden de las cosas. (Calvo & Rey, 2015)

2.2.7.8. Nitrosomonas

Familia de microorganismos elipsoidales del suelo. Son importantes en el ciclo del nitrógeno al cambiar el amonio (NH_4) en nitrito (NO_2) y, por consiguiente, adquieren su energía de la quimiosíntesis. Es un tipo de célula procariota. (Calvo & Rey, 2015)

2.2.7.9. Solución nutricional

Los componentes fundamentales que permitirán a la planta perdurar son los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg), que son los componentes más solicitados para su giro, y los micronutrientes (Cl, B, Fe, Mn, Zn y Mo), que son componentes que se necesitan en extensiones más modestas.

Para conseguir más probablemente cómo un arreglo del suplemento trata, le familiarizará con los componentes esenciales para la mejora y el desarrollo, así como su capacidad en la planta.

Tabla 2

Elementos esenciales disueltos en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo.

<i>Nutrientes</i>	<i>Función</i>
<i>Nitrógeno (N)</i>	Forma parte de los aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos y clorofila.
<i>Fosforo (P)</i>	Constituye enzimas, ácidos nucleicos, fosfolípidos, glucosa y ATP.
<i>Potasio (k)</i>	Activador de enzimas y síntesis de proteínas.
<i>Calcio (Ca)</i>	Actúa como regulador del transporte de carbohidratos y forma parte de la estructura de la pared celular.
<i>Magnesio (Mg)</i>	Parte esencial de la molécula de clorofila
<i>Azufre (S)</i>	Constituyente de amino ácidos y proteínas
<i>Hierro (Fe)</i>	Encargado de la síntesis de clorofila y como portador de electrones en la fotosíntesis.
<i>Zinc (Zn)</i>	Necesario para la formación de ácido indolacético.

Continúa. //.

<i>Manganeso (Mn)</i>	Participa en la producción fotosintética de oxígeno a partir del agua y forma parte en la formación de clorofila.
<i>Cobre (Cu)</i>	Se involucra en la formación de la pared celular y es parte de algunas enzimas.
<i>Boro (Bo)</i>	Este también se encarga en el transporte de carbohidratos y viabilidad del polen.
<i>Molibdeno (Mo)</i>	Forma parte del nitrato-reductasa.
<i>Cloro (Cl)</i>	Actúa como activador de enzimas para producción de oxígeno a partir del agua de la fotosíntesis.

Fuente: Sánchez, (2017)

2.2.8. Descripción de las especies cultivadas

2.2.8.1. *Tilapia*

Condiciones de cultivo de tilapia

Oxígeno disuelto:

La tilapia puede arreglárselas con niveles de oxígeno tan bajos como 5 mg/L, aunque el alcance preferido es de 3 a 10 mg/L.

Temperatura:

Las diferentes especies de tilapia tienen requisitos de temperatura variables, pero ninguna puede sobrevivir a temperaturas prolongadas por debajo de 50 ° F (10 ° C). La tilapia prosperará en el agua de 64 ° - 90 ° F (17 ° -32 ° C), con su ideal a 80 ° F (26.6 ° C), que es un compromiso entre las necesidades de los peces y las de las plantas.(Nelson & Pade, 2008)

La tilapia prefiere un pH de 7 a 8

Amoníaco:

La tilapia puede tolerar altos niveles de amoníaco. El rango para peces sanos es de 0 a 4 mg / L

Otros niveles de tolerancia:

Alcalinidad 50 – 250 mg/L

CO ₂	0 – 30 mg/L
Dureza	50 – 350 mg/L
Salinidad	0 – 10 ppt
Nitrito	0 – 8 mg/L

Alimento:

La mayoría de las tilapias son omnívoras. En grandes sistemas comerciales de acuicultura y acuaponía, la tilapia se alimenta con un alimento granulado. La industria de los piensos para peces ha creado planes para la mayoría de los tipos de peces cultivados y la tilapia es generalmente accesible en muchas zonas del planeta. Para una producción máxima y un sistema de acuaponía bien equilibrado, se requiere una dieta totalmente equilibrada.

Un alimento manufacturado tendrá la proporción correcta de vitaminas, minerales, aminoácidos, proteínas y carbohidratos y se recomienda para obtener mejores resultados.(Nelson & Pade, 2008)

2.2.8.2. Lechuga (*Lactuca sativa*)

Planta con raíz pivotante y base de propagación de unos 25 cm. El desarrollo se produce en roseta; las hojas se organizan alrededor de un tallo focal, corto y en forma de barril que se extiende progresivamente para dar lugar a inflorescencias, enmarcadas por capítulos amarillos (como el diente de león) reunidos en corimbos. En función de los surtidos, los bordes de las hojas pueden ser lisos, ondulados o dentados. Las semillas tienen un pappus acolchado. Es común de los distritos semicálidos, que se desarrolla para la alimentación. (Calvo & Rey, 2015)

Adaptación general

Este vegetal es habitual de los ambientes frescos. En las selvas se encuentra en alturas con ambientes tranquilos y pegajosos que favorecen su giro. En ámbitos con estaciones controladas se da en preverano y principios de preinvierno, donde las temperaturas no superan los 21°C. Las altas temperaturas aceleran el avance del

tallo de floración y la naturaleza de la lechuga se descompone rápidamente con el calor, debido a la acumulación de plástico severo en su entramado vascular.

La temperatura normal ideal para la mejora de la pieza etérea de la planta se encuentra en el rango de 15 y 18°C, con máximos de 21 a 24°C y esenciales de 7°C. (Cásseres, 1980)

Según lo indicado por Lee y Escobar (2000), referido por (Ramírez et al., 2017). La lechuga (*Lactuca sativa*), es una hortaliza de ciclo corto, (alrededor de 45 días). Según la perspectiva alimenticia es significativa por su compromiso de vitamina A, calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio, minerales y otros en extensiones más modestas.

2.2.8.3. Tipos de lechuga.

***L. sativa* L. var. *longifolia* (Lam.) Janchen**

La planta produce hojas enormes, erectas, ovaladas y obovadas, de 20 a 30 cm de largo y de 6 a 10 cm de ancho, con venas notables, superficie marginalmente ondulada y borde esporádicamente denticulado (véase la figura 5). El tallo es más largo que en otros surtidos y queda asegurado por la disposición de las hojas, que estructuran una cabeza en forma de embudo o redonda y hueca debido a su porte erecto, y puede llegar a tener un peso extraordinario, de hasta 2 kg. (Saavedra et al., 2017)

Figura 5

Lechuga Costina o Conconina



Fuente: Saavedra et al., (2017)

***Lactuca sativa* L. var. capitata (L.) Janchen**

Tienen hojas lisas, algo delicadas, orbiculares, anchas y retorcidas, con una superficie delicada o rica; las hojas más profundas estructuran un brote amarillento cuando envuelven a las más actuales (véase la figura 6). Por regla general, se reconocen dos subtipos: los surtidos de verano, para el desarrollo al aire libre, llegan bien al desarrollo y son más grandes; y los surtidos de invierno, que pueden desarrollarse al aire libre o en viveros, son más modestos en tamaño y menos llenos. Estos surtidos son más modestos en tamaño y previos, con patrones de 55 a 70 días, por lo que son los más utilizados habitualmente para la creación de viveros. La mayoría de los surtidos habituales que se llenan en la nación tienen cabida en este surtido orgánico, como el milanés, el francés, el May Queen y el español. (Saavedra et al., 2017)

Figura 6

Lechuga Española o Gallega y Lechuga Milanesa



Fuente: Saavedra et al., (2017)

***Lactuca sativa* L. var. *crispa* L.**

Este tipo se relaciona con las lechugas de cabeza, como la Great Lakes o la Batavias, erróneamente llamada escarola en Chile. En esta reunión hay dos subtipos: Las Iceberg, que estructuran una cabeza minimizada (ver figura 7), y las Batavia, que estructuran una cabeza menos gruesa, son más modestas y de forma imprevisible. En los dos casos, en su perfeccionamiento la planta pasa de una etapa de roseta hasta que las hojas principales se prolongan, pero cada incremento en la cantidad de hojas construye el grosor de la planta hasta que se hace más extensa que larga cuando madura. Cuando llega a las 10 ó 12 hojas, éstas se doblan, envolviendo las hojas interiores, lo que hace que se estructure una cabeza circular..(Saavedra et al., 2017)

Figura 7

Lechuga tipo Iceberg



Fuente: Saavedra et al., (2017)

***Lactuca sativa* L. var. *acephala* Dill.**

Esta subespecie de lechuga se retrata por tener hojas libres y disipadas, en comparación con las supuestas Lollo Rosa, Lollo Bionda, Hoja de Roble, etc. Estas son las lechugas de hoja libre, ya que, como demuestra su nombre, este tipo no forma una cabeza, sino que sus hojas son libres, no envolventes. A pesar de que se exhiben enteras, su principal rectitud se valora en los viveros domésticos, ya que sus hojas se pueden cosechar de forma independiente. Son excepcionalmente

famosas para el desarrollo de la acuicultura, a pesar de que también se rellenan en tierra. (Saavedra et al., 2017), tal como se observa en la figura 8.

Figura 8

Lechugas Lollo Bionda y Lollo Rossa



Fuente: Saavedra et al.,(2017)

Lactuca sativa L. var augustuana All.

Se trata de espárragos o lechugas de tallo desarrolladas exclusivamente en China. Este tipo utiliza principalmente el tallo rollizo y además las hojas, que pueden ser de color verde o rosado. Tiene una propensión más alta que otros surtidos debido a la mejora de los entrenudos más largos de su tallo, con las hojas organizadas de forma desinhibida, sin capullos o grupos de encuadre. Sus hojas son restringidas (4 a 6 cm), lanceoladas y largas (ver figura 9). Este tipo no se utiliza en Chile.(Saavedra et al., 2017)

Figura 9

Lechuga espárrago



Fuente: Saavedra et al., (2017)

2.2.9. Invernadero

Es un desarrollo agrario de construcción metálica, utilizado tanto para el desarrollo como para el aseguramiento de plantas, con una cubierta de película plástica transparente que no permite la entrada de aguaceros en su interior y cuyo objetivo es replicar o recrear las condiciones climáticas más razonables para el desarrollo y mejora de las plantas desarrolladas instaladas en su interior, con una libertad específica del clima exterior y cuyos aspectos hacen concebible el trabajo artesanal de los individuos en su interior. (Sánchez, 2017)

Ventilación

Para que se produzca una ventilación potente, se sugiere que la superficie de las rejillas de ventilación sea aproximadamente equivalente a entre el 15% y el 30% de la región del suelo que ocupa el edificio de la guardería. El grado de enfriamiento se desarrolla aún más cuando se recuerdan las persianas laterales para la región de ventilación absoluta.(Sánchez, 2017)

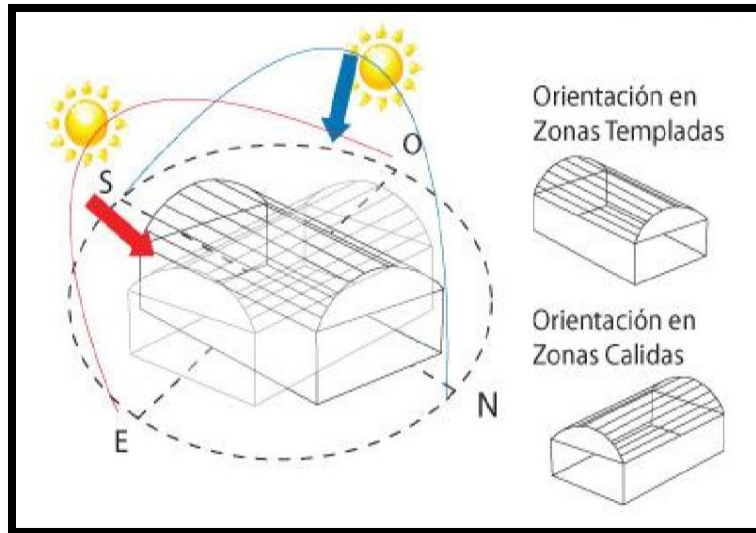
Formas de los invernaderos

Los atributos y estados del vivero estarán organizados por las condiciones climáticas (temperatura, luz del día, aguacero y aire) y la orografía, como se

indica en lo anterior, la dirección de la construcción se establece Oeste - Este como se muestra en las figuras.

Figura 10

Orientación de Invernaderos



Fuente: Sánchez, (2017)

2.2.9.1. Condiciones a mantener en un invernadero

Un rasgo fundamental de un vivero se basa en el entorno de la zona para crear el plan sin dejar de recordar la dirección de este buscando que sea flexible, conservador y que ayude al rendimiento con el hardware vital para satisfacer las necesidades fisiológicas, por ejemplo,

El agua: Elemento cuya capacidad es controlar la temperatura de la planta y activar los suplementos en cuestión.

Temperatura: Factor que influye en el avance efectivo de la planta en cada una de sus etapas para controlar el tiempo estándar del ambiente que podemos utilizar.

Ventilación: Es la recarga de aire en el interior del vivero para dar CO₂ importante para el avance de las cosechas y disminuir la temperatura interior. (Sánchez, 2017)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Invernadero

Un invernadero es cualquier diseño cerrado cubierto por materiales sencillos, en cuyo interior es posible conseguir condiciones de microclima falsas y, posteriormente, desarrollar lo no disponible en condiciones ideales. (Trejo, 2013)

Biomasa

La biomasa se caracteriza por ser la parte biodegradable de los artículos, los residuos y las acumulaciones de principio natural de los ejercicios hortícolas (contando las sustancias de principio vegetal y de criatura), el servicio de guardería y las empresas relacionadas, incluyendo la pesca y la hidroponía, así como la parte orgánica biodegradable de los residuos modernos y civiles.(Herguedas, 2012)

Población

Según Lekowski (2008), citado por Hernández et al, (2014) “nos dice que una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (p.174).

Muestra

Según Hernández et al, (2014), “refiere que la muestra es subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectan datos y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además que debe de ser representativo de la población” (p. 173).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Esta investigación se realizó en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia de Tacna y Departamento de Tacna.

Un recinto privado fue acondicionado, para estos fines.

3.2. TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

- El tipo de investigación por su naturaleza es aplicado, porque existen bases teóricas relacionadas con el sistema acuapónico.
- El presente proyecto de tesis es de nivel No-Experimental y descriptivo exploratorio.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Cuadro 1

Operacionalización de la variable de la investigación.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1			
Parámetros físico-químicos del sistema acuapónico bajo el invernadero de naturaleza constante.			
Variable 2	Parámetros químicos	Amonio Nitratos Nitritos	ppm ppm ppm

Continúa. //.

		Oxígeno disuelto	mg/l
		pH	Grado de acidez
	Parámetros físicos	Temperatura	°C
Sistema acuapónico urbano en la Región Tacna.	Físicos	Volumen	m ³
		Área	m ²
		Altura	m
		Largo	m
	Bióticos	Análisis de crecimiento (sobrevivencia, tasa de crecimiento y factor de crecimiento porcentual)	Número final de organismos acuáticos, incremento de peso y peso final.
	Parámetros químicos	Amonio	ppm
		Nitratos	ppm
		Nitritos	ppm
		Oxígeno disuelto	mg/l
	Parámetros físicos	pH	Grado de acidez
		Temperatura	°C
		Sólidos Totales Disuelto	ppm
		Conductividad Eléctrica	µS/cm
	Componente hidropónico (lechugas)	Volumen	m ³
		Cantidad de plantas	Unidad/m ²
		Análisis de tasa de crecimiento	cm/día
		Tasa específico de crecimiento	%/día
		Factor de crecimiento porcentual	Incremento de peso
	Organismos acuático (peces)	Análisis de crecimiento (sobrevivencia, tasa de crecimiento y factor de crecimiento porcentual)	Número final de organismos acuáticos, incremento de peso y peso final.
	Calidad física	Cantidad de producción	Unidad/volumen
Calidad química	Análisis proximal	% proteína, % humedad, % Carbohidratos, % ceniza, % grasa	

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población

La población es el número de peces sembrados en el tanque, fueron 50 peces. El sistema hidropónico estuvo constituido por la cantidad de 50 lechugas.

Tomando como referencia, lo que indica Silvia et al., (2019) “la densidad de siembra de 50 tilapias/m³ se empleó para este estudio; dado que señala como el mejor rendimiento de biomasa animal (...) mayor peso de biomasa vegetal” p. 56

3.4.2. Muestra

Es la unidad representativa del conjunto acuapónico: 40 peces

Según Torres, Paz, & Salazar, (2006). La fórmula para calcular el tamaño de muestra cuando se conoce el tamaño de la población es la siguiente:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

en donde:

N = tamaño de la población (50)

Z = nivel de confianza (95%=coeficiente=1,96)

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada (95%=0,95)

Q = probabilidad de fracaso (1-p en este caso 1-0,95=0,05)

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción, deseamos 3%)

Cálculo matemático.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

$$n = \frac{50 \times 1,96^2 \times 0,95 \times 0,05}{0,03^2 \times (50 - 1) + 1,96^2 \times 0,95 \times 0,05}$$

$$n = 40$$

3.4.3. Repeticiones

Las repeticiones serán para dar fortaleza y consistencia a los datos a obtener.

3.5. EQUIPOS E INSTRUMENTOS Y MATERIALES

Cuadro 2

Materiales y equipos para el sistema acuapónico.

	<i>NOMBRE DEL ARTÍCULO</i>	<i>CANTIDAD</i>
MATERIALES		
1	Tanque de agua 1000 litros	1
2	Bomba de agua sumergible (2800 litros/hora)	1
3	Bomba de aire (10 vatios / h) con 6 salidas	1
4	Tubo de aire	3 m
5	Piedra de aire	10
6	Madera (8x1cm)	21m
7	Grava volcánica (4-20mm)	10 litros
8	Cinta de teflón (plomero)	1 rollo
9	Abrazadera de cables	15
10	Plástico para invernaderos	10 m
TUBOS Y ACCESORIOS DE PVC		
11	Tubo de PVC (50 mm)	7.5 m
12	Sellado de arandela de goma (50 mm)	1
13	Codo de PVC (50 mm)	5
14	Acoplador de PVC, recto (50 mm)	6
15	Conector de PVC, T (50 mm)	2
16	Tapa / tapón de PVC (50 mm)	4
17	Conector de barril de PVC, tipo B (1 pulgada)	3
18	Grifo de PVC o metal (1 pulg.) Macho a hembra	3
19	Uniseal® (50 mm)	1
SIFÓN CAMPANA		
20	Tubo de PVC (110 mm)	0.9 m

Continua. //.

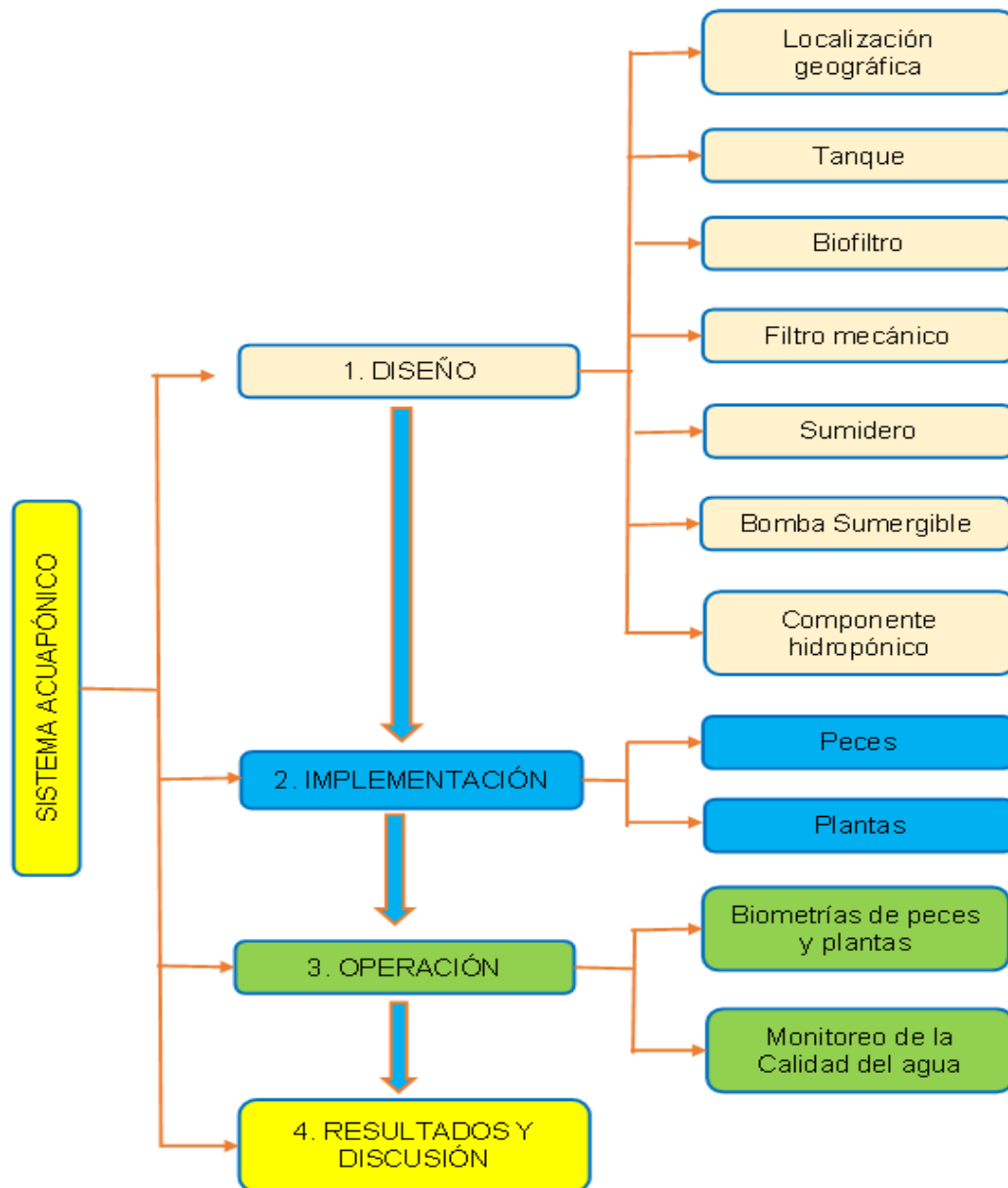
21	Tubo de PVC (75 mm) con extremo acampanado + tapa de extremo de PVC (75 mm) + arandela de goma (75 mm)	3
22	Tubo de PVC (25 mm)	0.8 m
23	Conector de barril de PVC, tipo V (1 pulgada)	3
24	Ampliadora de PVC (40–25 mm)	3
25	PVC (25 mm × 1 in) hembra	3
26	Codo de PVC (25 mm × 1 in) hembra	3
27	Tubo de polietileno (25, 20 mm)	9 m
28	Hoja de poliestireno	3.5 m ²
29	Canastillas para hidroponía	50 unid.
30	Tambo de 200 litros	3
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		
31	Cinta métrica	1
32	Martillo	1
33	Llave de tubo	1
34	Sierra	1
35	Perforador Eléctrico	1
36	Broca circular (sierra de perforación)	1
37	pH metro	1
38	Termómetro	1
39	Kit calidad del agua	1
40	Ictiometro	1
41	Balanza digital (kg)	1
42	Semillero	1
MATERIAL BIOLÓGICO		
43	Alevines de Tilapia	50 unid.
44	Semillas de lechuga	0,5 kg

3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología que se aplicó se dividió en 4 partes: Diseño, implementación, operación, resultados y discusión, como podemos ver en la figura 11.

Figura 11

Metodología utilizada para la implementación de un sistema acuapónico

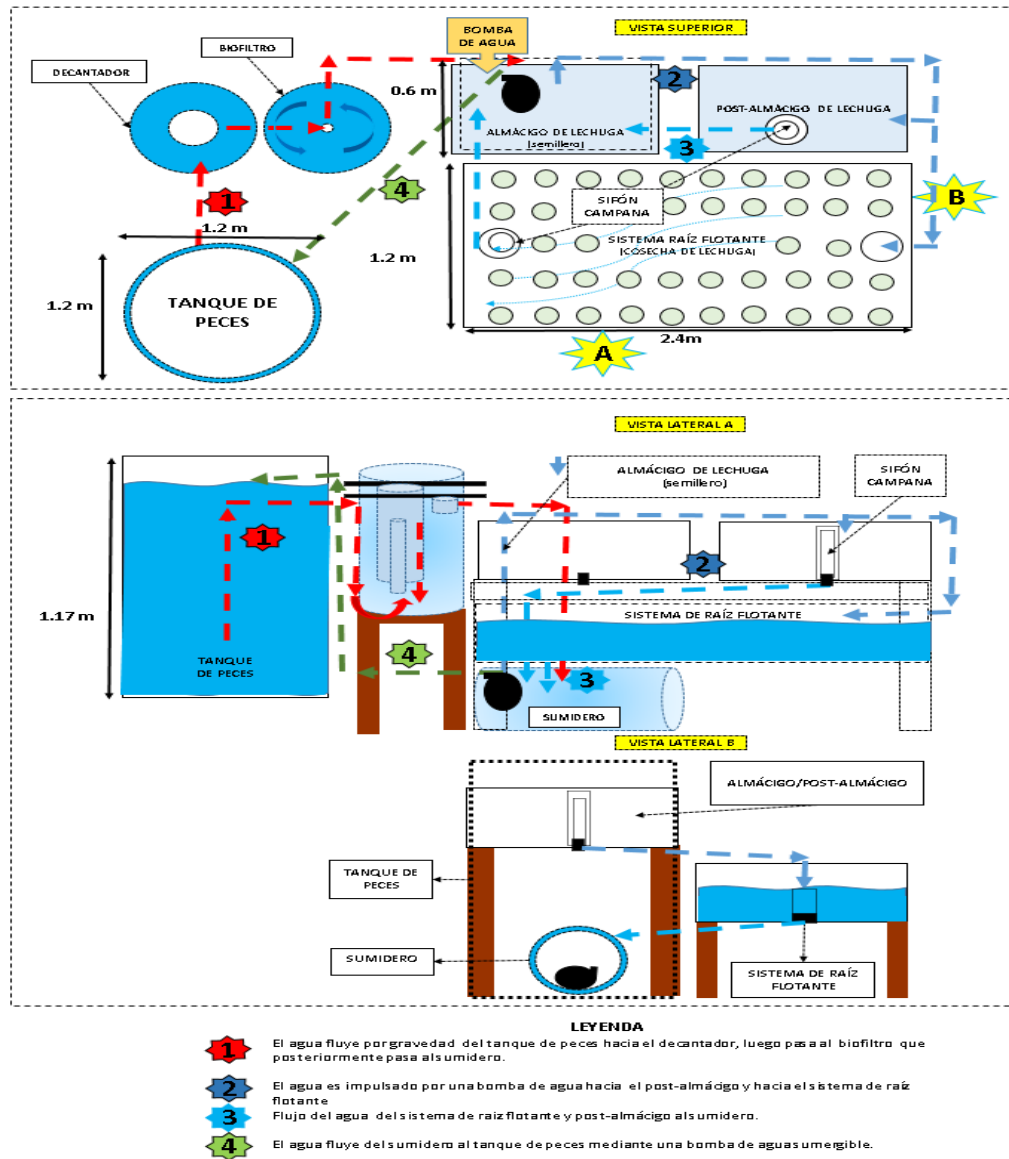


3.6.1. Diseño del sistema

A continuación, se introduce un plan para la representación de la multitud de componentes y materiales que incorpora el establecimiento del sistema acuapónico, aclarando el curso del agua en el sistema, por último la actividad del sistema como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Esquema del sistema acuapónico



3.6.1.1. Ubicación

La zona de estudio se ubicó en el distrito Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia de Tacna, Departamento de Tacna. Con ubicación geográfica 18°03'25.6"S 70°14'50.8"W (Google Maps,2019).

El trabajo de investigación estuvo localizado según indicado en la figura 13.

Figura 13

Localización de la instalación acuapónica de este proyecto



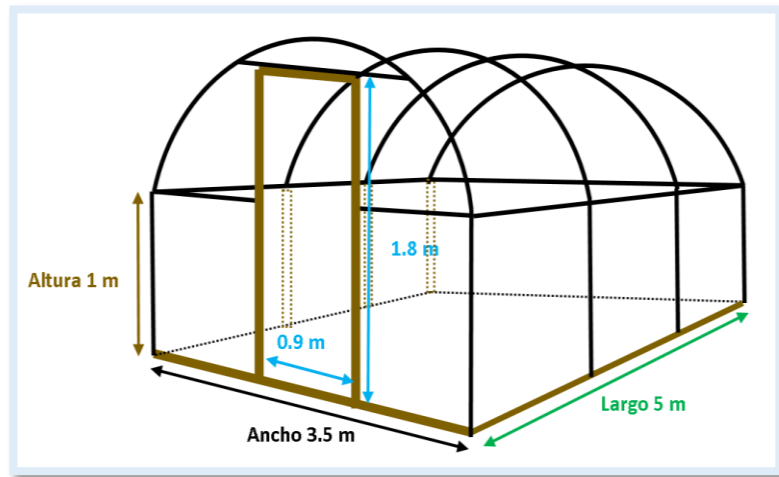
Fuente: Google Maps,2019.

Para ello se disponía de un invernadero construido para este fin con una superficie de 18 m², de los cuales el sistema acuapónico ocupó 12 m², en esta superficie se alojó el sistema acuapónico, de acuerdo al diseño propuesto para el montaje.

El sistema acuapónico fue desarrollado bajo un invernadero a continuación, se presenta la propuesta del invernadero para estos fines.

Figura 14

Diseño propuesto para el invernadero



3.6.1.2. Tanque para peces

Se utilizó un depósito con forma de cono truncado con capacidad útil de 1000 litros para albergar la población de peces con dimensiones de radio menor 120 cm, radio mayor de 150 cm y altura 100 cm (ver Anexo 6, foto 1). No se realizó recambio total de agua durante la investigación.

3.6.1.3. Biofiltro

Se utilizó un cilindro de plástico de 180 litros (ver Anexo 6, foto 2). Para optimizar el correcto funcionamiento del sistema, “estuvo compuesto de materiales principalmente porosos como bio-esferas o sustratos naturales como la grava, entre otros más”.(Ovando, 2017,p.15)

3.6.1.4. Filtro mecánico

Se requirió un cilindro de plástico de 200 litros (ver Anexo 6, foto 3). Para mejorar el desempeño de la filtración mecánica dentro del sistema y remover los

sólidos en suspensión se construyó un filtro; siguiendo la metodología de (Somerville, 2014) con algunas modificaciones.

3.6.1.5. Sumidero

Se utilizó un cilindro de plástico de 200 litros (véase el anexo 6, fotografía 4) como sumidero de agua para abastecer a la pecera, para el marco de distribución y para compensar la falta de agua por disipación y diferentes variables. La circulación de aire se realizó por caída de agua.

3.6.1.6. Bomba de agua sumergible

Tal como recomienda (Somerville, 2014), el agua circula mediante una bomba de agua sumergible de flujo máximo 2800 litros/hora, de la marca WP5000/SOBO. La cual fue colocada dentro del Sumidero (ver Anexo 6, foto 5).

3.6.1.7. Sistema hidropónico

El sistema hidropónico que se empleó fue el de raíz flotante según materiales y dimensiones propuestos por (Somerville, 2014) con ligeras modificaciones (ver Anexo 6, foto 6).

Procedimientos: Los requerimientos para construir el sistema hidropónico fue lo siguiente:

a). - Se continuó con la cuantificación y corte de los tirantes, se involucraron 6 apoyos de 0.6 m para las patas, 6 tirantes de 1.2 m y 4 apoyos de 2.4 m para el diseño de la caja de cultivo del tanque, la cual fue construida con material de aglomerado que estructura 2.88 m² de región.

b). - Los tirantes se clavaron para conformar un escenario de 2,88 m² junto con las patas, quedando una superficie de 2,88 m² con una estatura de 0,6 m.

c). - Se limpiaron las contaminaciones del interior de la caja de acuicultura para cubrir con plástico todo el lecho de cultivo del tanque.

d). - Una vez hecho el cuadro de acuicultura, se continuó cuantificando y haciendo las aberturas (25 cm de desprendimiento entre aberturas) en el tecnopor, ya que se utilizó como base para las plantas.

Instalación de tuberías: Luego de la construcción del sistema hidropónico, se procedió a la instalación de las tuberías del sistema, para ello se utilizaron tuberías PVC y accesorios de 75 mm de diámetro. Las tuberías transportaron el agua, además de mantener con aireación constante al sistema (ver Anexo 6, foto 7).

3.6.2. Implementación

3.6.2.1. Plantas

Fueron las últimas formas de vida que entraron en el marco acuapónico, tras 42 días de cultivo de peces tomando como referencia.(Arroyo, 2018). Las especies sembradas fueron: *Lactuca sativa* "Lechuga".

Se siguió los siguientes procedimientos:

- a) Las lechugas fueron sembradas primeramente, en un semillero de plástico, utilice como sustrato tierra negra mezclada con abono, colocando una semilla por cada cavidad del semillero, a una profundidad de 2 mm. (ver Anexo 7, foto 1).
- b) Cuando las plántulas de lechuga presentaron 4 a 5 hojas tomando referencia a (Ovando, 2017), con una altura de 8 cm, estuvieron listas para ser trasplantadas. (ver Anexo 7, foto 2).
- c) Se tomaron 50 plántulas de lechugas las cuales fueron trasplantadas al sistema hidropónico, tuvieron 25 cm de separación entre lechugas.

En el anexo 7, foto 3 y 4).se muestra el proceso de crecimiento de la lechuga.

3.6.2.2. Peces

Los alevines de tilapia fueron las principales formas de vida que entraron en el sistema; sus excrementos se inclinaron hacia la colonización de microbios nitrificantes, lo que hizo que se dieran las condiciones ideales para el establecimiento de la lechuga. Se plantaron 50 alevines. Los alevines fueron traídos del Centro de Investigación Piscícola (CINPIS) de la Universidad Nacional Agraria La Molina-Lima que se presentaron en un saco de polietileno con infusión de oxígeno y un peso normal <1 g, como se muestra en el Anexo 8, fotografía 1 y 2).

Se suministró alimento comercial de la marca “AQUATECH TILAPIA” con características nutricionales según etapa de cultivo de la tilapia (ver Anexo 9, tabla 24) y según el programa de alimentación Aquatech Tilapia (ver Anexo 9, tabla 25).

3.6.3. Operación del sistema

3.6.3.1. Calidad del agua

Para medir los límites de Amonio, Nitritos y Nitratos, se extrajo agua de la pecera, del biofiltro y del sistema hidropónico con la ayuda de una aguja de 10 ml, se cargaron dos cilindros con 5 ml de agua en ambos (tubo n° 1 ejemplo claro y cilindro n° 2 ejemplo bajo examen, ver Anexo 10, fotografía 1). A continuación, en ese momento, se aplicaron gotas del reactivo en el tubo n° 2, en la cantidad indicada en el bulto, se agitó y se contrastó el sombreado obtenido y el diagrama de sombreado para su lectura (véase el Anexo 10, fotografía 2). Se utilizó un termómetro digital para evaluar el límite real (temperatura del agua). Las evaluaciones de los límites fisicoquímicos se realizaron a intervalos regulares y se llevó un registro de la información adquirida (véase el anexo 10, fotografía 3).

3.6.3.2. Biometrías: Lechuga (*Lactuca sativa*)

La biometría de lechuga se realizó quincenalmente tomando como referencia a (Simon & Wuillan, 2014), usando una regla métrica (ver Anexo 11, foto 1); registrando longitud hoja y longitud de raíz y para el peso fresco (hoja y raíz), se

ocupó una balanza digital de precisión de 0,1 g. Las muestras fueron previamente identificadas (ver Anexo 11, figura 24)

3.6.3.3. Biometrías: Tilapias (*Oreochromis niloticus*)

La evaluación del peso y la longitud de los peces se realizó a intervalos regulares, ya que el examen duró un tiempo normal de 169 días, por lo que se realizaron 13 evaluaciones (biometría) de los peces. Los análisis de peso y longitud se registraron a una muestra al azar de 13 peces de la población total de acuerdo a los métodos seguidos por (Culcos & Tucto, 2018). Dicha actividad se realizó en las primeras horas de la mañana, se ocupó una balanza digital de precisión de 0,1 g. y un ictiómetro de rango 0 a 50 cm. (ver Anexo 11, foto 2).

3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, INSTRUMENTOS

3.7.1. Técnicas

La estrategia aplicada fue el surtido de información a través de percepciones exploratorias que traen consigo el examen físicoquímico para caracterizar la centralización de los compuestos de nitrógeno, el oxígeno descompuesto, el pH en la pecera.

Tamaño: La estimación de este límite se hizo utilizando un Ictiómetro de 0 a 50 cm. Para la lechuga, se utilizó una regla métrica de 0 a 50 cm.

Peso: Este límite se estimó utilizando una mira de 0,1 g.

Temperatura: La medición de este parámetro se realizó con un termómetro.

pH: La medición de este parámetro se realizó con un equipo potenciómetro.

Oxígeno disuelto (O.D.): La medición de este parámetro se realizó con Oxímetro YSI-55.

Compuestos nitrogenados (Amonio, Nitrito y Nitrato): La medición de éstos parámetro se realizó con un Kit de calidad del Agua.

3.7.2. Rutinas diarias, semanales y quincenales

Las rutinas diarias fueron las siguientes:

- Cuidado de los peces.
- Expulsión de los peces muertos.
- Control del nivel de agua y llenado del sumidero.
- Control de los agujeros en las líneas.
- Control de deltas y salidas de agua, para confirmar la progresión ordinaria del agua y que no hubiera impedimentos.

Programación semana a semana:

- Estimación de la temperatura con un termómetro digital.
- Limpieza de la pecera.

Horarios cada dos semanas:

- Biometría de los peces (tamaño y peso), para no presionarlos, en la primera parte de las horas del día.
- Biometría de las lechugas (longitud de las hojas y de las raíces).
- El examen de la calidad del agua se evaluó utilizando un test de calidad del agua. Cuando los niveles de amonio y nitrito eran superiores a los que soportaban las especies de peces cultivados, se cambiaba el agua en cierta medida (alrededor del 20%).

3.7.3. Análisis proximal.

Determinación de humedad.

Mediante la estrategia de secado en estufa en vista de la reducción de peso mediante el calentamiento del ejemplar hasta alcanzar un peso consistente, sugerido por la NTP 205.037:1975.

Determinación de grasa.

Mediante la estrategia soxhlet con hexano como disolvente por la técnica sugerida por la AOAC (2000).

Determinación de proteína total.

Según la técnica kjeldahl, para conocer la suma agregada de nitrógeno en el ejemplo, que incrementada por el factor de proteína (6,25 para las variedades de alimentos proteicos) da el nivel de proteína, utilizando la estrategia sugerida por la AOAC (2000).

Determinación de ceniza.

Mediante la cremación del material natural a 600 °C en una mufla, técnica sugerida por la AOAC (2000).

Determinación de pH.

Se determinó por lectura directa en el potenciómetro.

3.8. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.8.1. Análisis de crecimiento

El crecimiento se evaluó mediante la evaluación biológica utilizado por (Vega et al., 2018)

Las medidas de evaluación orgánica decididas fueron:

Sobrevivencia
$$S = \frac{Nf}{Ni} \times 100$$

De donde tenemos que: Nf es el último número de organismos y Ni es el número subyacente de organismos.

Tasa de crecimiento porcentual
$$TC = \frac{Pf - Pi}{Pi} \times 100$$

De donde tenemos que: Pf es el último peso del organismo y Pi es la carga subyacente del organismo

Factor de conversión alimenticia

$$FCA = \frac{\textit{Alimento aparentemente consumido (g)}}{\textit{Incremento en peso (g)}}$$

$$\text{Alimento Consumido} \left(\frac{\text{mg}}{\text{organismo}} \right) = \frac{\text{Alimento total consumido}}{Ni + Nf/2 \times \text{TIEMPO}(\text{días})}$$

3.8.2. Análisis de tasa de crecimiento y la tasa específica de crecimiento de las lechugas

La altura de las plantas de lechuga se estimó desde el pináculo hasta la base de la planta utilizando una cinta métrica, estas estimaciones se registraron quincenalmente.

La tasa de desarrollo y la tasa específico de la lechuga se determinaron mediante la estrategia adjunta, utilizado por Simón & Wuillan, (2014)

Tasa de crecimiento (cm/día):

$$TC = \frac{(\text{longitud final} - \text{longitud inicial})}{\text{tiempo final} - \text{tiempo inicial}}$$

Tasa específica de crecimiento (%/día):

$$TEC = \frac{(\text{Ln}(\text{longitud final}) - \text{Ln}(\text{longitud inicial}))}{\text{tiempo final} - \text{tiempo inicial}}$$

Dónde: Ln = Logaritmo natural.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La investigación de los hechos se realizó utilizando Microsoft Excel.

Se realizó una investigación de cambio de un factor (ANOVAS) para decidir si había contrastes críticos en los límites fisicoquímicos del sistema acuapónico, el peso y la longitud de la tilapia y la lechuga.

CAPÍTULO IV

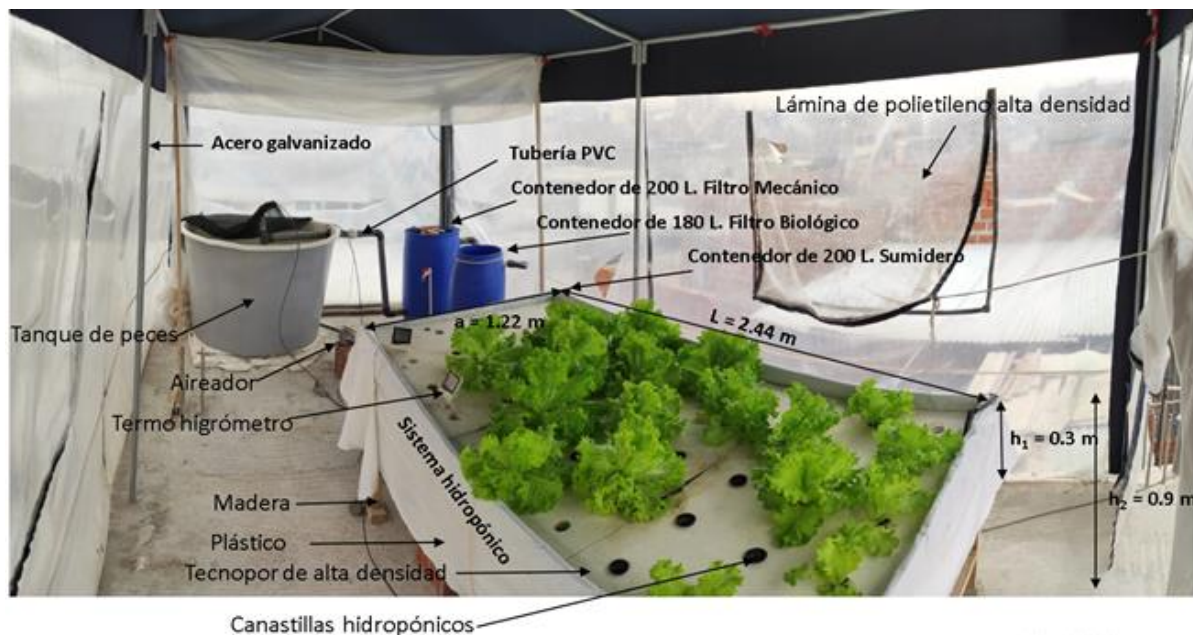
RESULTADOS

4.1. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO VIABLE PARA ZONAS URBANAS BAJO INVERNADERO

Se construyó e instaló un invernadero de 18 m² en una vivienda de la Asociación Rayitos de Sol, del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa-Tacna. El mismo que estaba conformado por una estructura de acero galvanizado de 3/4 pulgadas cubierto por lamina de polietileno de alta densidad. (ver figura 15).

Figura 15

Sistema Acuapónico Urbano bajo Invernadero



4.1.1 Elementos del sistema acuapónico

a. Tanque de peces

Se realizó una perforación a una altura de 0,90 m del tanque de peces y posteriormente se colocó una tubería de 63 mm (con una contratuerca de 2" y codos de 2") para introducir los filtros mecánicos y el biológico.

Luego, en ese punto, se puso un sifón desde el interior (foco) de la pecera a una altura de 0,90 m.

b. Filtro mecánico y biofiltro

Continuamos colocando un compartimiento de 200 litros cerca de la pecera, el cual fue asociado con dos codos y un tubo de 2" de 0,8 m de largo, se hizo una abertura en el costado (parte inferior) de la cámara para luego introducir una llave de desfogue.

Una vez preparadas estas asociaciones con la pecera y la cámara de 200 litros, se continuó haciendo una abertura en la parte superior, donde se asocian con el biofiltro (que contiene láminas de refresco) y después con el sumidero.

c. Sumidero

Se procedió a colocar un contenedor de 200 litros al lado del filtro biológico, para ello se procedió hacer un agujero rectangular (0,30-0,40 m) en la parte central (media) en su interior reposa la bomba de agua.

Se hizo conexiones de salida para el tanque de peces y raíz flotante con una manguera de medición de 20 mm para la distribución del agua.

d. Bomba sumergible

Se instaló una bomba de agua WP5000/SOBO de flujo 2800 litros/hora, elevación máxima 3 m, potencia de 60 watts con dimensiones largo 14 cm, ancho 8 cm y altura 10 cm.

4.1.2 Construcción e instalación del sistema hidropónico (raíz flotante)

La estructura se montó con madera como material principal. Además, se utilizó plástico blanco para impermeabilizar la caja de madera y evitar la humidificación y la descomposición, así como el derrame de agua. La caja hidropónica tiene una superficie de 2,88 m².

4.2. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICO DEL SISTEMA ACUAPÓNICO DURANTE EL ESTUDIO

Los parámetros fisicoquímicos se obtuvieron, en promedio de tomas de 5 veces al día a la salida del tanque de peces, biofiltro y del sistema hidropónico fueron los siguientes:

a. pH del agua

El análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: pH del agua a la salida de los componentes del sistema (tabla 3) muestra que existe una elevada diferencia significativa entre los tratamientos ($p=0,01$) al menos una de ellas fue diferente en el pH con un coeficiente de variabilidad de 1,34%

Tabla 3

Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: pH del agua a la salida de los componentes del sistema

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Componente	0,12	2	0,06	5,32	0,0071
Error	0,76	69	0,01		
Total	0,88	71			

C.V.= 1,34 %

La prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): pH del agua a la salida de los componentes del sistema (tabla 4) indica que el componente C1 (agua a la salida del tanque de peces) reporto un pH promedio de 7,88 y se diferenció con respecto a los demás componentes, entre ellos C3 (agua a la salida del sistema hidropónico) y C2 (agua a la salida del biofiltro) tuvieron el mismo resultado de pH = 7,79.

Tabla 4

Prueba de rango múltiple de Tukey (p=0,05): pH del agua a la salida de los componentes del sistema

N°	Componentes	Promedio de pH	Significancia
1	C1 (agua a la salida del tanque de peces)	7,88	a
2	C3 (agua a la salida del sistema hidropónico)	7,79	b
3	C2 (agua a la salida del biofiltro)	7,79	b

b. Temperatura del agua

El análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Temperatura del agua a la salida de los componentes del sistema (tabla 5) muestra que existe una elevada diferencia significativa entre los componentes (p=0.01) al menos una de ellas fue diferente en la temperatura con un coeficiente de variabilidad de 1,86%.

Tabla 5

Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Temperatura del agua (°C) a la salida de los componentes del sistema

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Componente	11,28	2	5,64	23,89	0,0001
Error	16,29	69	0,24		
Total	27,57	71			

C.V.= 1,86 %

La prueba de rango múltiple de Tukey (p=0,05): Temperatura del agua (°C) a la salida de los componentes del sistema que se muestra en la tabla 6, indica que el componente C2 (agua a la salida del biofiltro) y C1 (agua a la salida del tanque de peces) mostraron similitudes estadísticas reportando una temperatura promedio de 26,39 y 26,27 °C y se diferenciaron con respecto al componente C3 (agua a la salida del sistema hidropónico) que tuvo como resultado temperatura promedio 25,50 °C.

Tabla 6

Prueba de rango múltiple de Tukey (p=0,05): Temperatura del agua (°C) a la salida de los componentes del sistema

N°	Componentes	Promedio de temperatura (°C)	Significancia
1	C2 (agua a la salida del biofiltro)	26,39	a
2	C1 (agua a la salida del tanque de peces)	26,27	a
3	C3 (agua a la salida del sistema hidropónico)	25,50	b

c. Oxígeno disuelto

El análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: oxígeno disuelto del agua (mg/L) a la salida de los componentes del sistema (tabla 7) muestra que no existe diferencia significativa entre los componentes (p=0,05) con un coeficiente de variabilidad de 4,54 %.

Tabla 7

Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: oxígeno disuelto del agua (mg/L) a la salida de los componentes del sistema

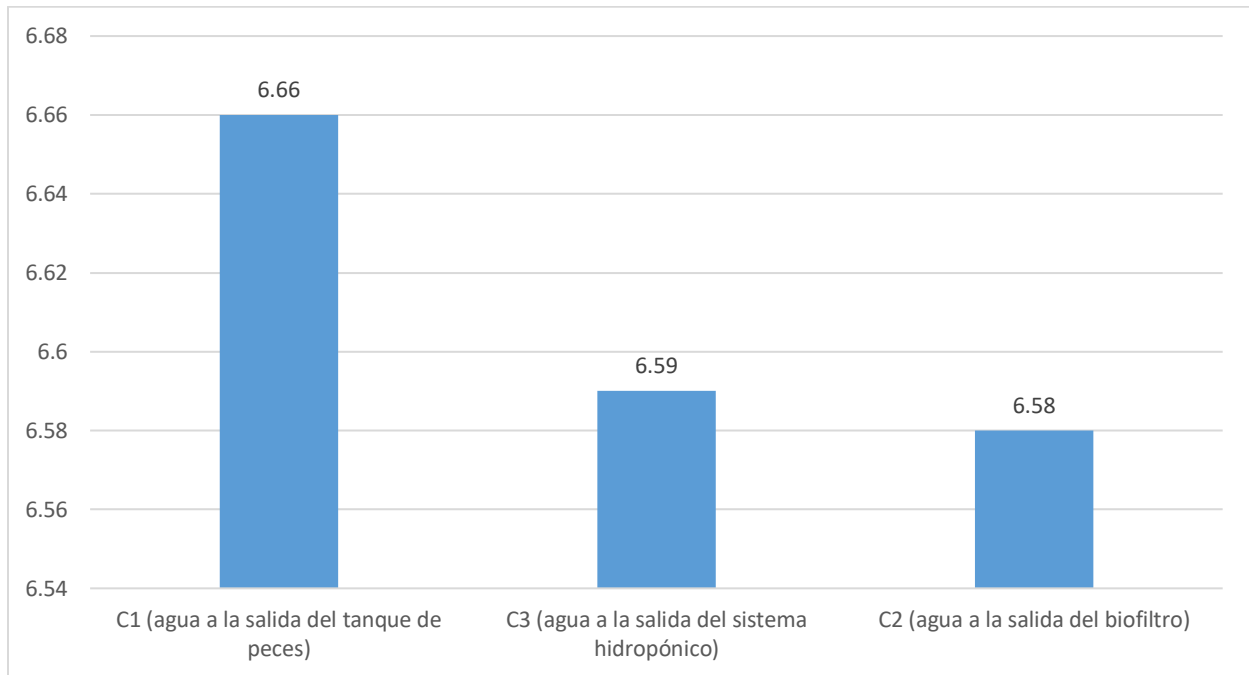
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Componente	0,10	2	0,05	0,54	0,5848
Error	6,22	69	0,09		
Total	6,32	71			

C.V.= 4,54 %

Los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Oxígeno disuelto del agua (mg/L) a la salida de los componentes del sistema que se muestra en la figura 16 indica que el componente C1 (agua a la salida del tanque de peces) reportó mayor oxígeno disuelto con un 6,66 y los componentes C3 (agua a la salida del sistema del sistema hidropónico) y C2 (agua a la salida del biofiltro) mostraron reportaron 6,59 y 6,58 mg/L de oxígeno disuelto respectivamente.

Figura 16

Parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Oxígeno disuelto del agua (mg/L) a la salida de los componentes del sistema



d. Sólidos totales disueltos

El análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Sólidos totales disueltos (ppm) a la salida de los componentes del sistema (tabla 8) muestra que no existe diferencia significativa entre los componentes ($p=0,05$) con un coeficiente de variabilidad de 5,03 %.

Tabla 8

Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Sólidos totales disueltos (ppm) a la salida de los componentes del sistema

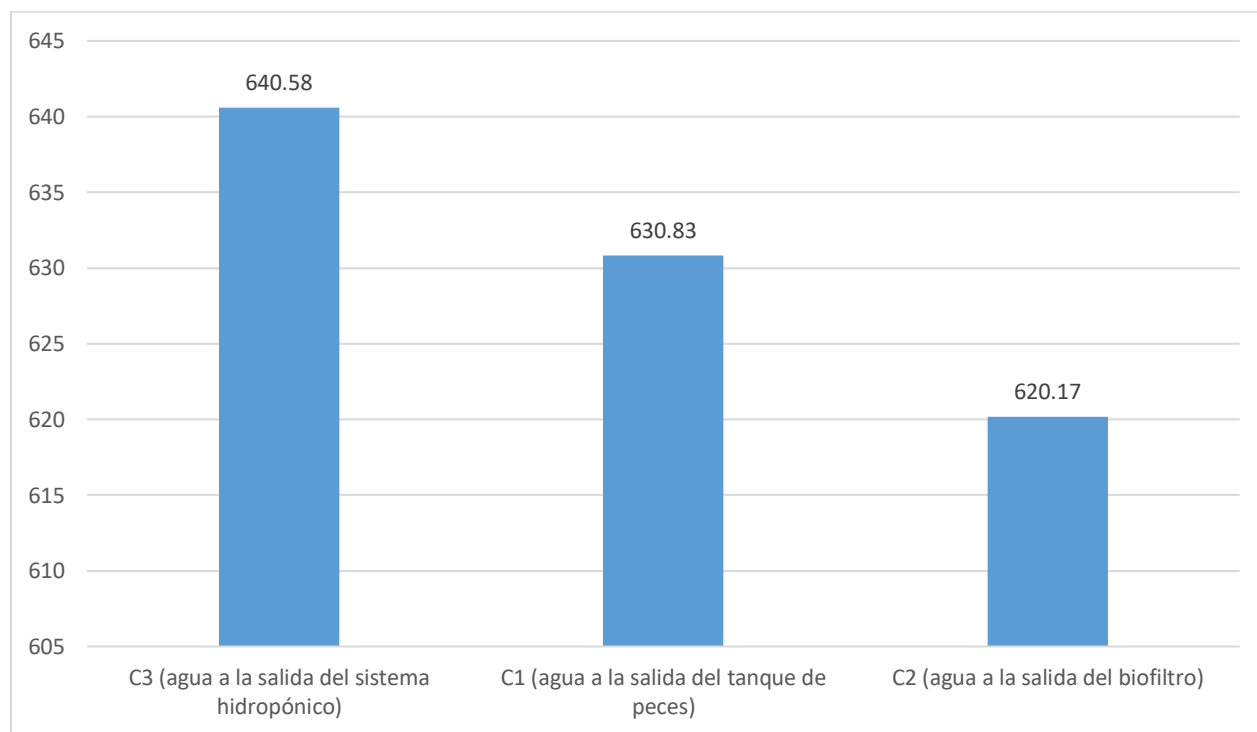
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Componente	5005,44	2	2502,72	2,49	0,0903
Error	69328,50	69	1004,76		
Total	74333,94	71			

C.V.= 5,03 %

Los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Sólidos totales disuelto (ppm) a la salida de los componentes del sistema que se presenta en la figura 17 indica que C3 (agua a la salida del sistema hidropónico) reportó el mayor contenido de sólidos totales disueltos de 640,58 ppm, C1 (agua a la salida del tanque de peces) reportó 630,83 ppm y C2 (agua a la salida del biofiltro) 620,17 ppm de sólidos totales disueltos.

Figura 17

Parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Sólidos totales disuelto (ppm) a la salida de los componentes del sistema



e. Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

El análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Conductividad eléctrica del agua ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a la salida de los componentes del sistema, tabla 9 muestra que no existe diferencia significativa entre los componentes ($p=0,05$) con un coeficiente de variabilidad de 5,04 %

Tabla 9

Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Conductividad eléctrica del agua ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a la salida de los componentes del sistema

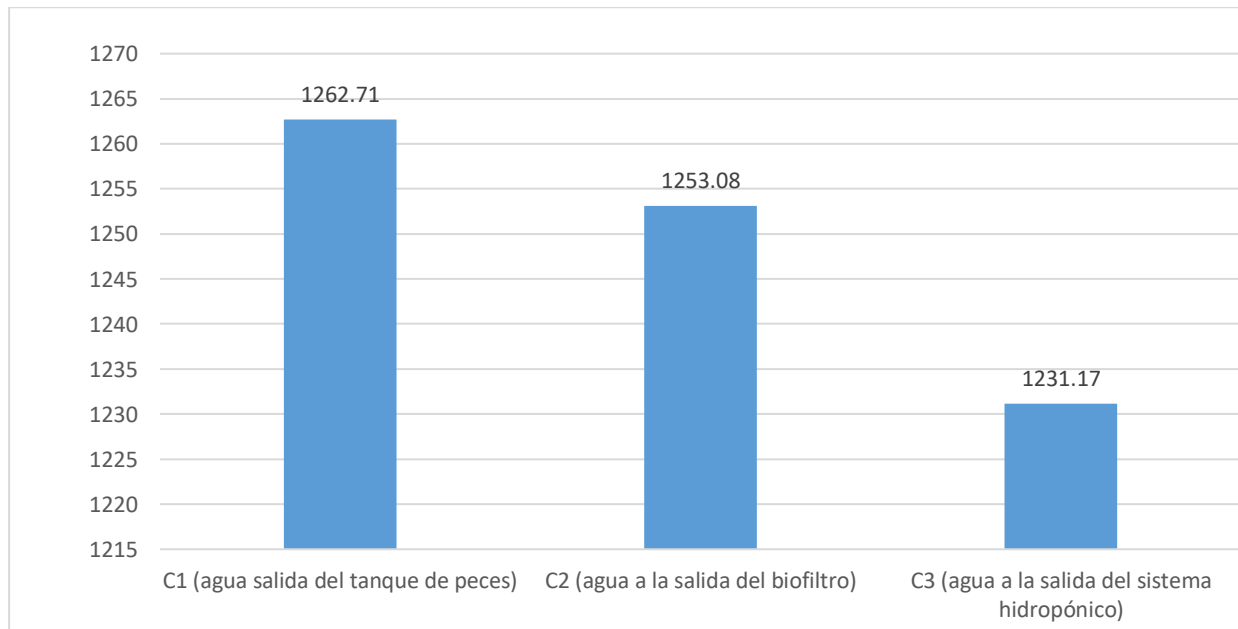
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Componente	12542,86	2	6271,43	1,58	0,2127
Error	273358,13	69	3961,71		
Total	285900,99	71			

C.V.= 5,04 %

Los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a la salida de los componentes del sistema que se presenta en la figura 18 indica que el componente C1 (agua a la salida del tanque de peces) tuvo mayor conductividad eléctrica con 1261,71 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el tratamiento C2 (agua a la salida del biofiltro) reporto conductividad eléctrica de 1253,08 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y C3 (agua a la salida del sistema hidropónico) tuvo la menor conductividad eléctrica con 1231,17 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 18

Parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) a la salida de los componentes del sistema



f. Amonio

El análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Amonio en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema (tabla 10) muestra que existe una elevada diferencia significativa entre los componentes ($p=0,01$) al menos una de ellas fue diferente en el contenido de amonio con un coeficiente de variabilidad de 17,20%.

Tabla 10

Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Amonio en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Componente	0,69	2	0,35	115,00	0,0001
Error	0,21	69	0,003		
Total	0,90	71			

C.V.= 17,20 %

La prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Amonio en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema que se muestra en la tabla 11 indica que el componente C1 (agua a la salida del tanque de peces) reportó un contenido de amonio promedio de 0,46 ppm y se diferenció con respecto a los demás componentes, entre los componentes C3 (agua a la salida del sistema hidropónico) y C2 (agua a la salida del biofiltro) que tuvieron el mismo resultado con 0,25 ppm de amonio.

Tabla 11

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Amonio en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema

N°	Componente	Promedio amonio (ppm)	Significancia
1	C1 (agua a la salida del tanque de peces)	0,46	a
2	C3 (agua a la salida del sistema hidropónico)	0,25	b
3	C2 (agua a la salida del biofiltro)	0,25	b

g. Nitritos

El análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Nitritos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema (tabla 12) muestra que existe una elevada diferencia significativa entre los componentes ($p=0,01$) al menos una de ellas fue diferente en el contenido de nitritos con un coeficiente de variabilidad de 8,51 %.

Tabla 12

Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Nitritos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Componente	7,14	2	3,57	1 501,57	0,0001
Error	0,16	69	0,0024		
Total	7,30	71			

C.V.= 8,51 %

La prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Nitritos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema indica que el componente C1 (agua a la salida del tanque de peces) reportó nitritos promedio de 1,00 ppm y se diferenció con respecto a los demás componentes, el componente C2 (agua a la salida del biofiltro) tuvo 0,47 ppm de nitritos y se diferenció con respecto al componente C3 (agua a la salida del sistema hidropónico) el cual tuvo 0,25 ppm de nitritos.

Tabla 13

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Nitritos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema

N°	Componente	Promedio de nitrito (ppm)	Significancia
1	C1 (agua a la salida del tanque de peces)	1,00	a
2	C2 (agua a la salida del biofiltro)	0,47	b
3	C3 (agua a la salida del sistema hidropónico)	0,25	c

h. Nitratos

El análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Nitratos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema (tabla 14) muestra que existe una elevada diferencia significativa entre los componentes ($p=0,01$) al menos una de ellas fue diferente en el contenido de nitrato con un coeficiente de variabilidad de 16,41 %.

Tabla 14

Análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico: Nitratos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Componente	21 100,00	2	10 550,00	95,16	0,0001
Error	7 650,00	69	110,87		
Total	28 750,00	71			

C.V.= 16,41 %

La prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Nitratos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema indica que el componente C3 (agua a la salida del sistema hidropónico) tuvo un promedio de 77,5 ppm de nitratos no se diferenció con respecto al componente C2 (agua a la salida del biofiltro) que tuvo un promedio de 75,00 ppm de nitratos, pero ambos se diferenciaron con respecto al componente C1 (agua a la salida del tanque de peces) que tuvo 40,00 ppm respectivamente.

Tabla 15

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Nitratos en el agua (ppm) a la salida de los componentes del sistema

N°	Componente	Promedio de nitratos (ppm)	Significancia
1	C3 (agua a la salida del sistema hidropónico)	77,50	a
2	C2 (agua a la salida del biofiltro)	75,00	a
3	C1 (agua a la salida del tanque de peces)	40,00	b

4.3.VALIDACIÓN DEL SISTEMA ACUAPÓNICO OBTENIDO POR MEDIO DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD OBTENIDA DE LA TILAPIA Y LECHUGA

4.3.1. Producción y análisis proximal de la tilapia

a. Producción de la tilapia

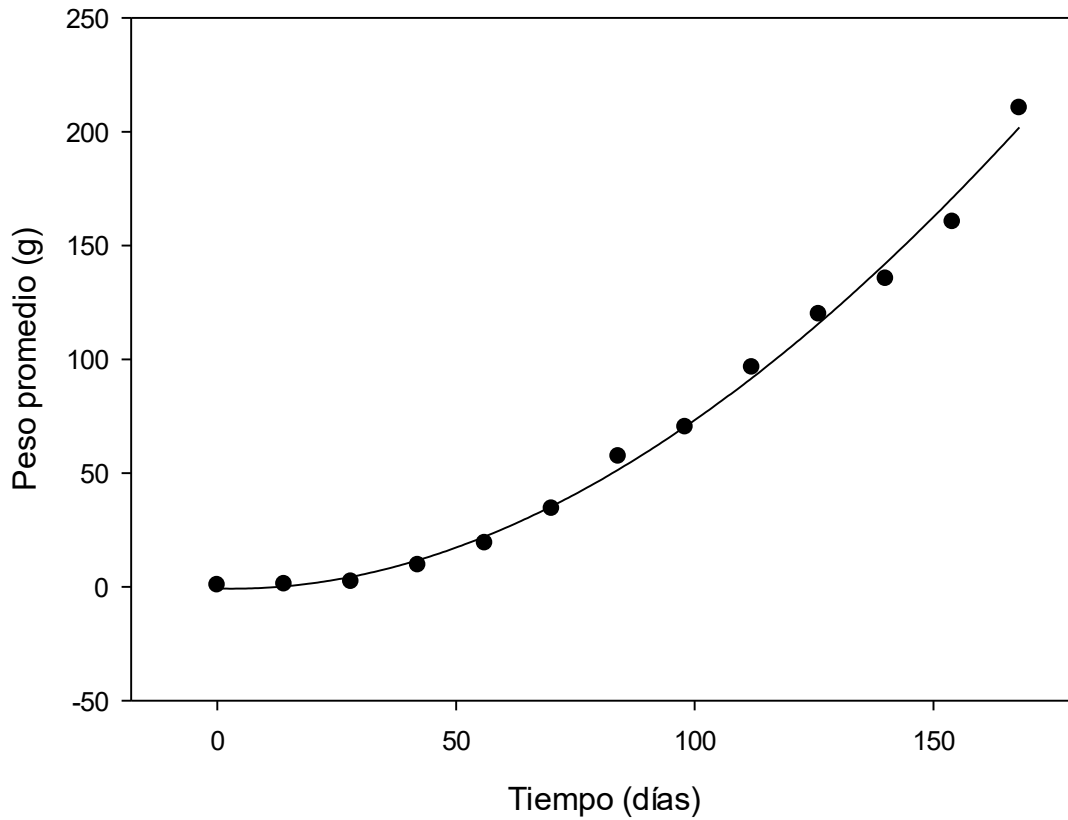
Se sembraron 50 alevines de Tilapia en el sistema acuapónico, los cuales tuvieron un peso inicial promedio de 0,73 g y longitud inicial promedio de 2,6 cm. (ver anexo 12)

En la figura 19 se muestra el tiempo (días) vs peso promedio de la tilapia (g) producida en el sistema de acuaponía. El coeficiente de determinación para la ganancia de peso durante el crecimiento de la tilapia fue de $R^2 = 0,9943$; el coeficiente ajustado $R_{ajust}=0,9925$ y el modelo matemático que más se ajusto fue una ecuación polinomial cúbica:

$$Y (\text{peso promedio, g}) = - 0,7312 - 0,0518 X + 0,0085 X^2 - 6,262 E-006 X^3$$

Figura 19

Tiempo (días) vs peso promedio de la tilapia (g) producida en acuaponía

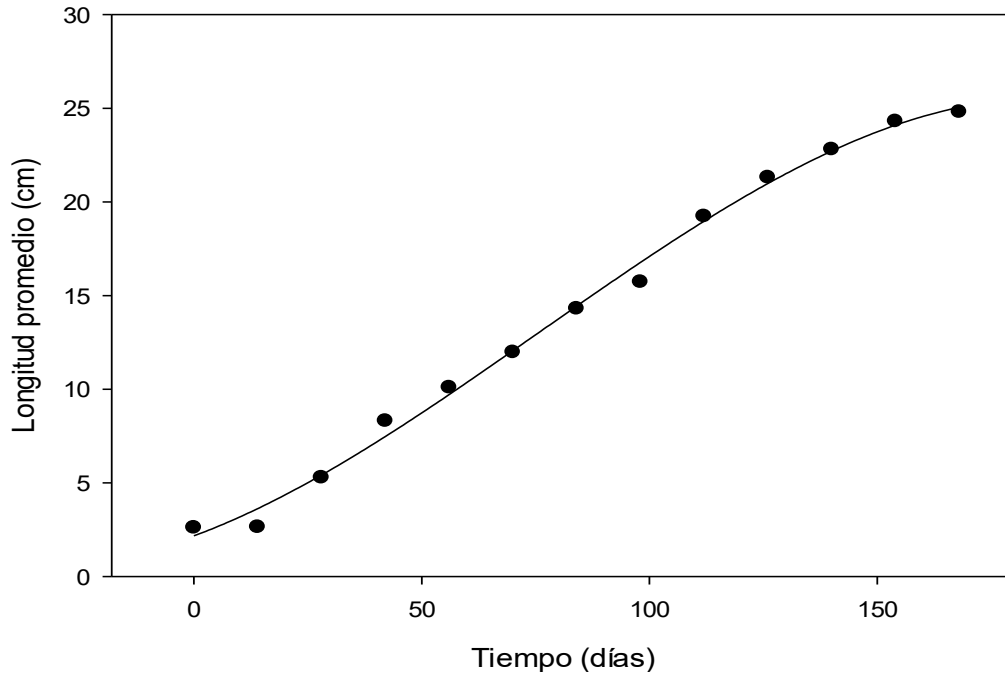


En la figura 20 se muestra el tiempo (días) vs longitud promedio de la tilapia (cm) producida en acuaponía, el coeficiente de determinación para la longitud de la tilapia durante su crecimiento fue de $R^2 = 0,9956$; el coeficiente ajustado $R_{ajust} = 0,9942$ y el modelo matemático que más se ajustó fue una ecuación polinomial cúbica:

$$Y (\text{longitud promedio, cm}) = 2,1682 + 0,0899 X + 0,0011 X^2 - 4,6735 E-006 X^3$$

Figura 20

Tiempo (días) vs longitud promedio de la tilapia (cm) producida en acuaponía



El análisis de varianza de la validación del sistema acuapónico mediante la producción de tilapia (peso) que se presenta en la tabla 16 muestra que existe una elevada diferencia significativa entre W2 (peso final de la tilapia) y W1 (peso inicial de la tilapia) con un 99 % de confianza y un coeficiente de variabilidad de 10,02 %.

Tabla 16

Análisis de varianza de la validación del sistema acuapónico mediante la producción de tilapia (peso)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Factor peso	285913,37	1	285913,37	2553,25	0,0001
Error	2687,54	24	111,98		
Total	288600,90	25			

C.V.= 10,02 %

En la tabla 17 se presenta la Prueba de rango múltiple de Tuckey ($p=0,05$): Producción de tilapia (peso) que indica que el peso final de la tilapia (W2) tuvo un peso promedio de 210,46 g y se diferenció con respecto al peso inicial de la tilapia (W1) el cual su peso promedio fue de 0,73 g.

Tabla 17

Prueba de rango múltiple de Tuckey ($p=0,05$): Producción de tilapia (peso)

N°	Peso	Promedio (g)	Significancia
1	W2 (peso final de la tilapia)	210,46	a
2	W1 (peso inicial de la tilapia)	0,73	b

El análisis de varianza de la validación del sistema acuapónico mediante la producción de tilapia (longitud) que se presenta en la tabla 18 muestra que existe una elevada diferencia significativa entre los tratamientos con un 99 % de confianza y un coeficiente de variabilidad de 5,89 %.

Tabla 18

Análisis de varianza de la validación del sistema acuapónico mediante la producción de tilapia (longitud)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Factor longitud	3205,68	1	3205,68	4910,99	0,0001
Error	15,67	24	0,65		
Total	3221,35	25			

C.V.= 5,89 %

En la tabla 19 se presenta la Prueba de rango múltiple de Tuckey ($p=0,05$): Producción de tilapia (longitud) que indica la longitud final de la especie (L2) que tuvo un promedio de 24,82 cm y se diferenció con respecto a la longitud inicial (L1) de la tilapia el cual fue de 2,61 cm en promedio.

Tabla 19*Prueba de rango múltiple de Tuckey (p=0,05): Producción de tilapia (longitud)*

N°	Longitud	Promedio (cm)	Significancia
1	L2 (longitud final de la tilapia)	24,82	a
2	L1 (longitud inicial de la tilapia)	2,61	b

En la tabla 20 se presenta el Análisis proximal: Tilapia (*Oreochromis niloticus*) que indica que la Humedad es 78,10 %, Cenizas es 0,45%, Proteínas Totales es 20,37% y Lípidos Totales es 1,07%.

Tabla 20*Análisis proximal: Tilapia (Oreochromis niloticus)*

N°	Parámetros	Resultados
1	Humedad %	78,10
2	Cenizas %	0,45
3	Proteínas Totales %	20,37
4	Lípidos Totales %	1,07

4.3.2. Producción y análisis proximal de la lechuga obtenida

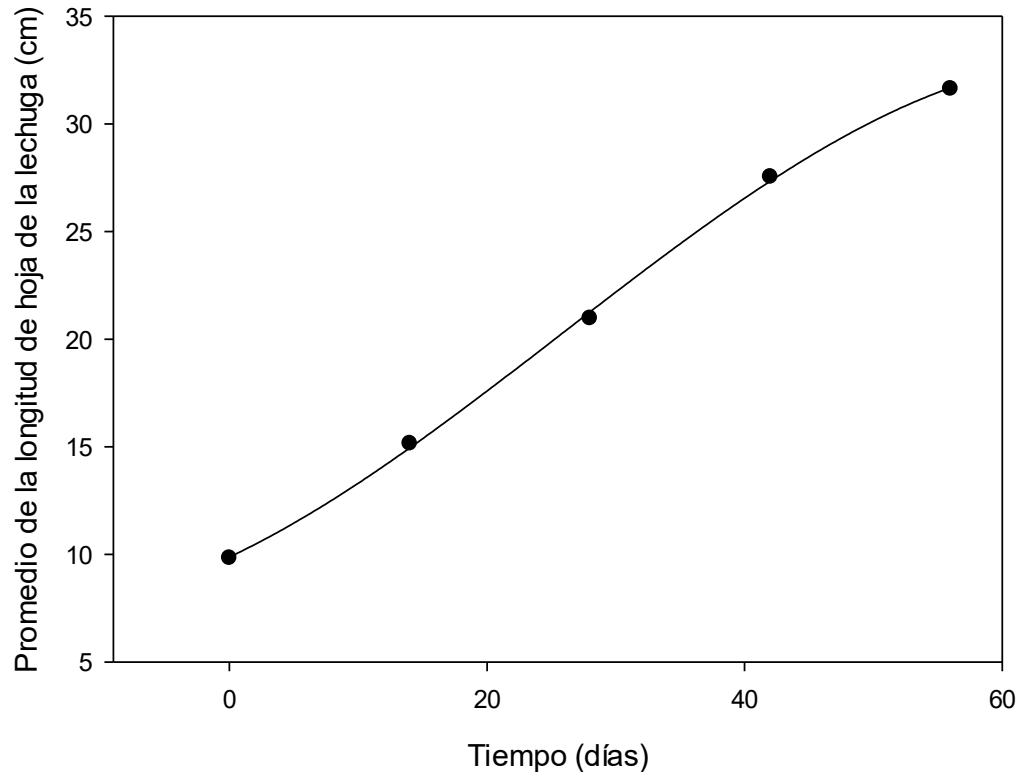
a. Producción de la lechuga

En la figura 21 se muestra el efecto del tiempo (días) sobre el promedio de la longitud de hoja de la lechuga (cm) producida en acuaponía, el coeficiente de determinación para el crecimiento de la hoja de la lechuga fue de $R^2 = 0,9995$; el coeficiente ajustado $R_{ajust} = 0,9978$ y el modelo matemático que más se ajustó fue una ecuación polinomial cúbica:

$$Y (\text{longitud de hoja, cm}) = 9,8797 + 0,2813 X + 0,0070 X^2 - 9,1108 E-005 X^3$$

Figura 21

Efecto del tiempo (días) sobre el promedio de la longitud de hoja de la lechuga (cm) producida en acuaponía

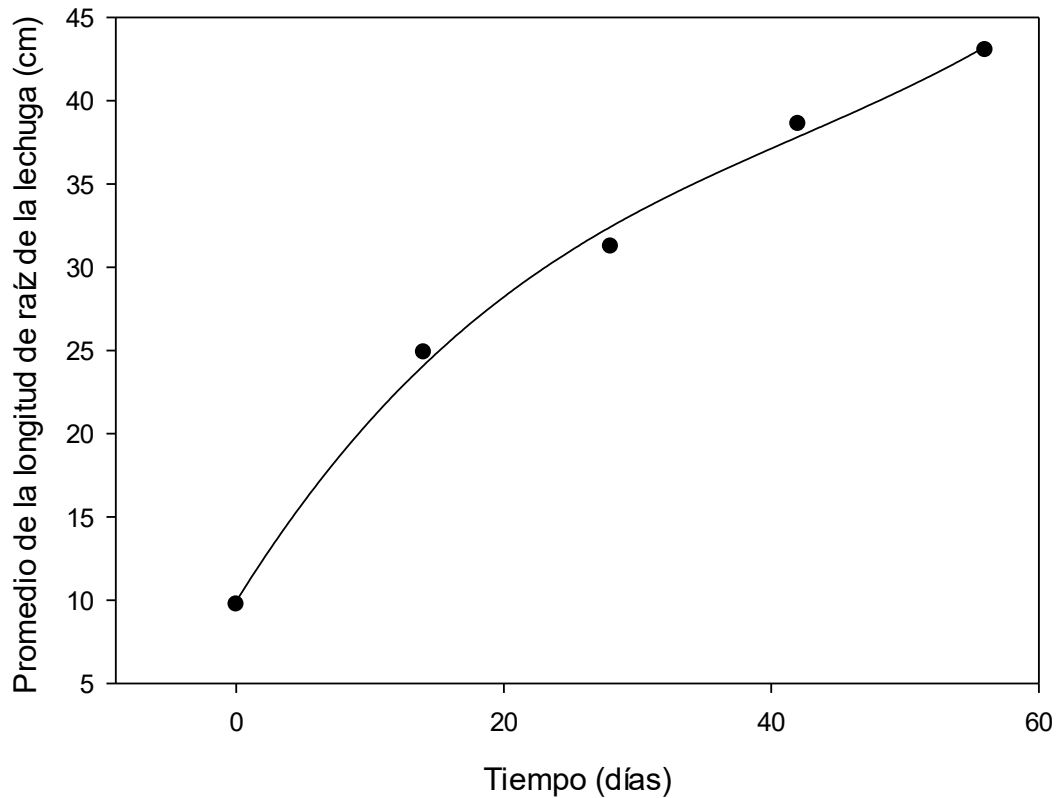


En la figura 22 se muestra el efecto del tiempo (días) sobre el promedio de la longitud de raíz de la lechuga (cm) producida en acuaponía, el coeficiente de determinación para el crecimiento de la raíz de la lechuga el cual tuvo un $R^2 = 0,9980$; el coeficiente ajustado $R_{ajust} = 0,9960$ y el modelo matemático que más se ajustó fue una ecuación polinomial cúbica:

$$Y (\text{longitud de raíz, cm}) = 9,9412 + 21,2906 X - 0,0224 X^2 + 0,0002 X^3$$

Figura 22

Efecto del tiempo (días) sobre el promedio de la longitud de raíz de la lechuga (cm) producida en acuaponía

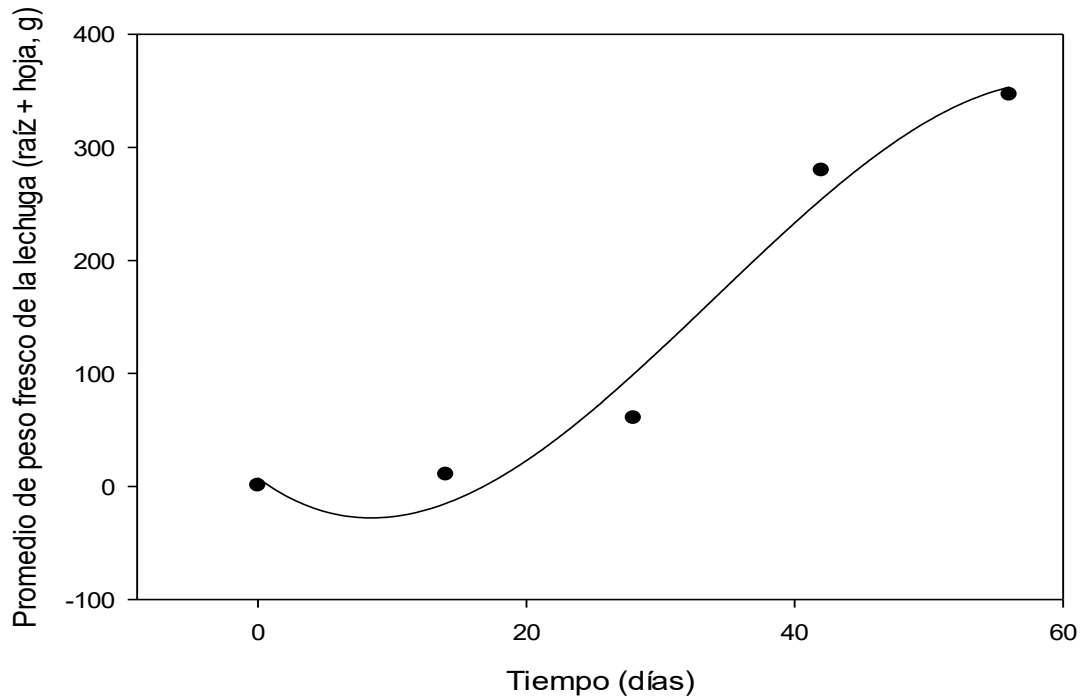


En la figura 23 se muestra el efecto del tiempo (días) sobre el promedio de peso fresco de la lechuga (raíz + hoja, g) producida en acuaponía, el coeficiente de determinación para la evolución de ganancia de peso de la lechuga el cual fue de $R^2 = 0,9860$; el coeficiente ajustado $R_{ajustado} = 0,9723$ y el modelo matemático que más se ajustó fue una ecuación polinomial cubica:

$$Y (\text{evolución del peso fresco de la lechuga, g}) = 7,4307 - 8,7778 X + 0,5943 X^2 - 0,0058 X^3$$

Figura 23

Efecto del tiempo (días) sobre el promedio de peso fresco de la lechuga (raíz + hoja, g) producida en acuaponía



En la tabla 21 se muestra el análisis de varianza de la validación del sistema acuapónico mediante la producción de lechuga (peso) la cual indica que existe una elevada diferencia significativa entre los pesos ($p=0,01$) con un coeficiente de variabilidad de 8,31 %.

Tabla 21

Análisis de varianza de la validación del sistema acuapónico mediante la producción de lechuga (peso)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Factor peso	119 618,45	1	119 618,45	572,87	0,0017
Error	417,61	2	208,80		
Total	120 036,06	3			

C.V.= 8,31 %

La prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Producción de lechuga (peso) reporta que el peso promedio final de la lechuga (W2) fue de 346,85 g y se diferenció con respecto del peso inicial (W1) que fue de 0,99 g.

Tabla 22

Prueba de rango múltiple de Tukey ($p=0,05$): Producción de lechuga (peso)

N°	Peso	Promedio (g)	Significancia
1	W2 (peso final de la lechuga)	346,85	a
2	W1 (peso inicial de la lechuga)	0,99	b

En la tabla 23 se presenta el Análisis proximal: Lechuga (*Lactuca sativa*) que indica que la humedad es 94,02 %; cenizas 1,18%; proteínas totales 1,50%; lípidos totales 0,25% y carbohidratos totales 2,68%.

Tabla 23

*Análisis proximal: Lechuga (*Lactuca sativa*)*

N°	Parámetros	Resultados
1	Humedad %	94,02
2	Cenizas %	1,18
3	Proteínas Totales %	1,50
4	Lípidos Totales %	0,25
5	Carbohidratos Totales %	2,68

CAPÍTULO V

DISCUSIONES

5.1. Diseño e implementación de un sistema acuapónico viable para zonas urbanas bajo invernadero

Todos los sistemas acuapónicos comparten algunas partes normales y fundamentales. Entre ellas se encuentran: una pecera, un filtro mecánico, un biofiltro y soportes de acuicultura. Asimismo, todos los marcos utilizan energía para hacer circular el agua a través de las líneas y las tuberías y, al mismo tiempo, hacen circular el aire a través del agua. (Bañuelos, 2017).

Tal como manifiesta (Kanchi, 2013) “los sistemas acuapónicos son viables para la producción complementaria de alimentos en espacios restringidos en zonas urbanas ya que logra producir proteína animal y hortalizas”. Conforme a lo anteriormente mencionado, el sistema acuapónico de esta investigación funcionó como se esperaba, se mantuvo en equilibrio biológico adecuado para los organismos de estudio.

5.2. Evaluación de los parámetros fisicoquímico del sistema acuapónico durante el estudio

De acuerdo a los reportes productivos de otras investigaciones: Culcos & Tucto, (2018) informan sobre el pH del agua con valores superiores a 7, cambiando en algún lugar en el rango de 7,10 y 7,40; sin embargo, los valores de pH del agua en este estudio fueron superiores (7,79-7,88) a los resultados obtenidos por Culcos & Tucto, (2018). El pH influye en la ingestión de suplementos por parte de la planta, el nivel de pH en esta investigación fue visto como en el alcance adecuado para el desarrollo de la lechuga y la tilapia.

Por otro lado, estos mismos autores manifiestan que la temperatura del agua se incrementaría en general de forma marginal a medida que avanzara la cosecha, fluctuando entre 26,4 °C y 27,8°C. Sin embargo, las temperaturas en este estudio fueron inferiores (25,50-26,38°C) dichos resultados obtenidos por Culcos & Tucto, (2018). Esto se puede deber a la estación del año, los autores desarrollaron su investigación en la estación de verano, por otro lado, la siguiente investigación se desarrolló en las estaciones de invierno-primavera.

Con respecto al amonio no ionizado Ovando, (2017) manifiesta que “es extremadamente tóxico para los peces, y su cantidad depende del pH y la temperatura del agua. Valores menores a 1 mg/l, comprometen la sobrevivencia de muchas especies e incrementan el estrés en muchas otra”. Los nitritos son un elemento de transición en el ciclo de nitrificación y, al igual que el amonio no ionizado, son además venenosas a focos generalmente bajos, dependiendo de la especie a cultivar (Ovando, 2017). De acuerdo con lo que detallaron Culcos & Tucto, (2018), el nitrito pasó de 0,70 mg/L a 0,95 mg/L, mientras que el amonio pasó de 0,30 a 0,90 mg/L. En este estudio el amonio (0,25-0,46 mg/L) fue inferior y respecto a los nitritos (0,25-1 mg/L) se mantuvo entre los valores obtenidos por (Culcos & Tucto, 2018). Esto podría deberse a la multiplicación de organismos microscópicos nitrificantes responsables de cambiar el amonio en nitrito, *Nitrosomas* spp. mientras que *Nitrobacter* spp. cambia el nitrito en nitrato, estos ciclos son vitales debido a que el amonio y el nitrito son elementos profundamente venenosos para las entidades orgánicas marinas.

Fernández et al., (2014) vieron que los niveles de nitrato se mantuvieron entre el mínimo y el límite de 32 y 105 ppm. La conductividad eléctrica (CE), se mantuvo estable entre los máximos de 1000 y 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, idénticos a 600-720 ppm de TDS (sólidos disueltos totales); en este estudio respecto a los niveles de nitratos (40 -78 ppm) se mantuvieron entre los valores que señala Fernández et al., (2014); la CE (1231,17-1262,71 $\mu\text{S}/\text{cm}$) fueron superior y TDS (620,17-640,58

ppm) se mantuvo entre los valores señalados por Fernández et al., (2014). Esto puede aclararse por la presencia de una mayor evapotranspiración en las plantas, lo que provoca una acumulación de sales en el sistema hidropónico y, en consecuencia, una expansión de su conductividad eléctrica, debido a la forma en que la investigación de mejora para las condiciones del vivero.

Teniendo en cuenta a Vega et al., (2018) registraron datos promedio de oxígeno disuelto 5,4 mg/L; los valores de oxígeno disuelto en este estudio fueron 6,58-6,66 mg/L siendo superiores a los resultados obtenidos por Vega et al., (2018). Esto se puede deber a que la biomasa de las tilapias tuvo la óptima concentración de oxígeno disuelto en el agua, y las plantas absorben una menor cantidad de oxígeno por la raíz y en mayor cantidad por las hojas.

5.3. Validación del sistema acuapónico obtenido por medio de la producción y calidad obtenida de la tilapia y lechuga

Acerca de la producción y calidad obtenida de la tilapia y lechuga, en esta investigación se trabajó con una proporción 1:1, tal como recomienda Tapia, (2018).

De acuerdo a lo reportado por Trejo, (2015) obtuvo una biomasa final de 8,48 kg/m³ del cultivo de tilapia, lo logrado en este estudio fue casi similar obteniéndose 8,41 kg/m³ de biomasa final del cultivo de tilapia, pero fue inferior según lo reportado por Ovando, (2017) quien señaló 10,08 kg/m³ esto puede atribuirse a las diferencias en los pesos iniciales y la mortalidad registrada en la presente investigación.

En cuanto al sistema acuapónico diseñado, de las dos densidades trabajadas en esta investigación, se inició con 50 tilapias para el crecimiento de 50 lechugas, con una proporción de 1:1 se obtuvo 5,82 kg/m² (promedio de peso fresco de la lechuga (raíz + hoja)). Estas cantidades

fueron superiores a las reveladas por Silvia et al., (2019) que obtuvieron una rentabilidad de 2,26 kg/m², esto puede ser debido a que en esta investigación se reporta el peso total (longitud de hoja y longitud de raíz).

Por otro lado, se obtuvo un análisis proximal para tilapia y lechuga que señalan un contenido adecuado de proteínas, y moderado en grasas, considerándolo junto a las lechugas como alimento magro. Lo destacable es el valor de cenizas de la lechuga que triplica a la del pescado lo cual nos puede indicar su valor en contenido nutritivo.

CONCLUSIONES

- a. El sistema acuapónico diseñado e implementado en esta investigación terminó siendo viable para la producción complementaria de alimentos en zonas urbanas ya que logro producir proteína animal (tilapias) y hortalizas (lechugas). Teniendo de componentes; tanque de peces que albergaba a 50 tilapias, decantador para sedimentar los sólidos suspendidos, biofiltro para el proceso de nitrificación y sistema hidropónico que albergaba a 50 lechugas.
- b. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos del sistema acuapónico se mantuvieron dentro de los rangos adecuados; pH 7,79-7,88; temperatura 25,50-26,38 °C; oxígeno disuelto 6,58-6,66 mg/L; sólidos disueltos totales 620,17-640,58 ppm; conductividad eléctrica 1231,17-1262,71 $\mu\text{S}/\text{cm}$; amonio 0,25-0,46 ppm; nitritos 0,25-1 ppm y nitratos 40,00-77,50 ppm.
- c. Por otro lado, se obtuvo una biomasa final en peces de 8,42 kg, así como una producción total en lechugas de 5,82 kg/m^2 . Respecto al análisis proximal de la tilapia presento humedad (%) 78,10; cenizas (%) 0,45; proteínas totales (%) 20,37; lípidos totales (%) 1,07 y de la lechuga fueron, humedad (%) 94,02; cenizas (%) 1,18; proteínas totales (%) 1,50; lípidos totales (%) 0,25 y carbohidratos totales (%) 2,68.

Se concluye que el sistema acuapónico urbano bajo invernadero implementado en esta investigación resulto ser una alternativa viable para la producción de hortalizas y peces, siendo eficiente y sustentable.

RECOMENDACIONES

- a. Evaluar otros planes acuapónicos como el sistema NFT (Nutrient Film Technique) y el sistema de Lechos de Sustratos para conocer los beneficios y perjuicios de estos sistemas y averiguar con respecto a su actividad.
- b. Realizar investigaciones sobre sistemas acuapónicos que incorporen diferentes hortalizas, frutas y hierbas aromáticas que se adapten a las condiciones climáticas de la zona en la que se desarrolló la investigación.
- c. Presentar proyectos tecnológicos basados en sistemas acuapónicos al agricultor para que la gente en el futuro logre una agricultura inventiva apta para cambiar las propensiones habituales.
- d. Evaluar aspectos de viabilidad económica y análisis de balance de masas para implementar sistemas acuapónicos a escala comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpízar, L. (2004). Hidroponía: Cultivo sin tierra : Elementos básicos para desarrollar la técnica simple de cultivar plantas sin tierra en pequeños espacios. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- <https://books.google.com.pe/books?id=xvuGzvNxR9UC&pg=PA5&lpg=PA5&dq=Hidropon%C3%ADa+cultivo+sin+tierra,+t%C3%A9cnica+simple.+Editorial+Tecnol%C3%B3gica+de+Costa+Rica&source=bl&ots=MdHiLa1P2X&sig=ACfU3U0JFZLC5O9z7OqQ5lqAZsoAF-AkBg&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjg1MWwyMTjAhVE2FkKHeg6AecQ6AEwDXoECAgQAQ#v=onepage&q=Hidropon%C3%ADa%20cultivo%20sin%20tierra%2C%20t%C3%A9cnica%20simple.%20Editorial%20Tecnol%C3%B3gica%20de%20Costa%20Rica&f=false>
- Bañuelos, J. (2017). ACUAPONIA: PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO.
- <https://1library.co/document/yd2mk9lq-acuaponia-parametros-basicos-de-diseno.html>
- Barrera, D. L., & Arías, K. A. (2018). Propuesta para la estandarización de procesos productivos en la empresa Acuaponía Casanare SAS. 138.
- Calvo, I., & Rey, L. (2015). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE DE UN SISTEMA DE CULTIVOS ACUAPÓNICOS EN LA ISLA DE PROVIDENCIA Y STA. CATALINA – SAN ANDRÉS COLOMBIA. 212.
- Campos-Pulido, R., Alonso-López, A., Asiain-Hoyos, A., Reta-Mendiola, J. L., & Avalos-De la Cruz, D. A. (2015). La acuaponía, diversificación productiva sustentable. Agroproductividad, 8(3), 66-70.
- Candarle, P. (2014). Técnicas de Acuaponia. 47.

Cásseres, E. (1980). Producción de hortalizas (TERCERA). Bib. Orton IICA / CATIE.

<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=thsPAQAAIAAJ&oi=fnd&pg=PR17&dq=manual+de+producci%C3%B3n+construcci%C3%B3n+de+invernaderos+de+bajo+costo&ots=JUBASqySSJ&sig=HK6TBjcaSEWfaYTbEKmrvRh6jnQ#v=onepage&q&f=false>

Colagrosso, A. (2015). Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala. Youcanprint.

https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=t_1_CgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=cultivo+de+tilapia+%22peque%C3%B1a+escala%22&ots=arxOj0IXCp&sig=OFO4fymEhm4sQhO_FPFI_ftJXiQ#v=onepage&q=cultivo%20de%20tilapia%20%22peque%C3%B1a%20escala%22&f=false

Culcos, F., & Tucto, L. (2018). Producción de *Oreochromis niloticus* var. Chitralada “Tilapia gris” y *Lactuca sativa* “Lechuga” en un Sistema Acuapónico con diferentes densidades de peces. 72.

Delaide, B., Goddek, S., Gott, J., Soyeurt, H., & Jijakli, M. H. (2016). Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Sucrine) growth performance in complemented aquaponic solution outperforms hydroponics. *Water (Switzerland)*, 8(10), 1–11. <https://doi.org/10.3390/w8100467>

Dekovic, N. (2015). ESTUDIO TÉCNICO-FINANCIERO DE LA PUESTA EN MARCHA DE UN CULTIVO INTEGRADO DE TRUCHA ARCOÍRIS Y LECHUGAS HIDROPÓNICAS EN LA REGIÓN DE TARAPACÁ [PhD Thesis, UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE].

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45410808/Tesis_acuiponia.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEstudio_economico_financiero_de_la_puest.pdf

&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190720%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190720T195558Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=6a123e77246d5b7375061a8505bf2776607a7734d25945b6e2cb20951af6c594

Duran Pinzon, M. (2019). SISTEMA ACUAPÓNICO PARA LA PRODUCCION TECNIFICADA PECES Y HORTALIZAS EN HUERTAS URBANAS [PhD Thesis, FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA].

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2242/1/32040.pdf>

FAO. (2014). EL PAPEL DE LA AGRICULTURA EN EL DESARROLLO DE LOS PAÍSES MA Y SU INTEGRACIÓN EN LA ECONOMÍA MUNDIAL. Recuperado 28 de agosto de 2019, de <http://www.fao.org/3/Y0491s/y0491s02.htm>

FAO. (2019). Cada gota cuenta. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1113809/>

Fernández, V. M., Lobillo, J. R., & Carmona, E. (2014). Manejo básico y resultados preliminares de crecimiento y supervivencia de tencas (*Tinca tinca* L.) y lechugas (*Lactuca sativa* L.) en un prototipo acuapónico. ITEA, información técnica económica agraria: revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA), 110(2), 142-159.

- Gutiérrez, D. A. (2018). Sistema de control de cultivos hidropónicos y Acuapónicos [B.S. thesis, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas].
http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/36869/1/TESIS_DIEGO_pdf_1.pdf
- Hernández Sampieri, R., Baptista Lucio, P., & Fernández Collado, C. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Iñón, N. (s. f.). CICLO DEL NITROGENO. 74.
- Kanchi, D. A. (2013). Implementación de un sistema acuapónico urbano bajo invernadero en la ciudad de Xalapa, Ver. 40.
- Lucas Herguedas, A. I. de. (2012). Biomasa, combustibles y sostenibilidad. ITAGRA.
<http://sostenible.palencia.uva.es/system/files/publicaciones/Biomasa%2C%20Biocombustibles%20y%20Sostenibilidad.pdf>
- Mateo-Sagasta, J.; Marjani Zadeh, S. Turrall, H. (2018). More more food , worse worse water? Water? A global (FAO, Ed.).
- Nelson, R. L., & Pade, J. S. (2008). Aquaponic food production: Growing fish and vegetables for food and profit. <http://online.fliphtml5.com/tthk/fpwx/#p=3>
- Ovando, M. A. (2017). Evaluación de un sistema acuapónico de cama con sustrato sólido [PhD Thesis, Facultad de Ingeniería-Ingeniería Ambiental-UNICACH].
<https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20.500.12114/1311/1/ICA%20631.585%20092%202017.pdf>
- Pattillo, D. A. (2017). An Overview of Aquaponic Systems: Hydroponic Components. 2017, 11.

- Rakocy, J. E. (2012). Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture. En J. H. Tidwell (Ed.), *Aquaculture Production Systems* (pp. 344-386). Wiley-Blackwell.
<https://doi.org/10.1002/9781118250105.ch14>
- Ramirez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., & Giraldo, H. H. (2017). La acuaponía: Una alternativa orientada al desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 4(1-2), 32-51.
- Rebecca L. (2008). Aquaponics food Production. Raising fish and plants for food and profit.
<http://online.fliphtml5.com/tthk/fpwx/>
- Rojas, O., Vaca, J. Z., & Vaca Lozano, Y. A. (2017). Diseño e implementación de un sistema automatizado para invernadero hidropónico. 2017-02-13, 138.
- Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P., & Sepúlveda, P. (2017). Manual de producción de lechuga. <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>
- Sánchez, G. (2017). Cultivo Hidropónico. 50.
- Silvia, A., Gerardo, D. V., & Gabriela, V. (2019). Evaluación de un modelo de Acuaponía en la producción de biomasa de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y lechuga (*Lactuca sativa*) en El Salvador. [PhD Thesis, Universidad de El Salvador]. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19029>
- Simon, M., & Wuillan, E. (2014). Sistema acuaponico del crecimiento de lactuca sativa “lechuga” con efluentes de cultivo de tilapia. 56.
- Somerville. (2008). Small-scale Aquaponic Food Production.
<http://online.fliphtml5.com/tthk/inla/#p=24>
- Somerville, C. (2014). Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming (Vol. 1-p. 288). <http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>

- Sundar, L. S., & Chen, G. S. (2020). Study on the growth performance of lettuce (*Lactuca sativa*) and pak choi (*Brassica chinensis*) in different aquaponic growing systems. *Horticulturae*, 6(4), 1-11. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040069>
- Tapia, C. (2018). REDISEÑO DE REACTORES ACUAPÓNICOS UNIFAMILIARES PARA EL AUTOCONSUMO [PhD Thesis, UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK]. <http://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3090/1/TESIS%20Final%20corregida%20%20ACUAPONIA%20TAPIA%202018.pdf>
- Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. (2006). Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. *Boletín electrónico*, 2, 1-13.
- Trejo, L. I. (2015). CRECIMIENTO DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus* L.) Y TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO ABIERTO. *Agroproductividad*, 8(3), 38.
- Trejo, M. A. M. (2013). MODELADO Y DISEÑO DE UN SISTEMA TÉRMICO PARA CULTIVO DE TILAPIA. 62.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(50), 20260–20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- Van Patten, G. F. (2004). *Hydroponic basics*. Van Patten Pub. <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=L87bl7EiYkkC&oi=fnd&pg=PP44&dq=hydroponics+basics+by+Van+patten&ots=STi05Pj180&sig=33yFeebzge5u9VoJCSZC0GRu3NM#v=onepage&q=hydroponics%20basics%20by%20Van%20patten&f=false>

Vega, F., Zúñiga, L. M., BASTO, M. E. R., NOLASCO, H., Jaime, B., & Galindo, J. (2018). Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala?` alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? 11(N° 4), 15.

Vráblová, M., Koutník, I., Smutná, K., Marková, D., & Veverková, N. (2021). Combined spri sensor for simultaneous detection of nitrate and ammonium in wastewater. *Sensors (Switzerland)*, 21(3), 1–12. <https://doi.org/10.3390/s21030725>

Wenzel, L. C., Strauch, S. M., Eding, E., Presas-basalo, F. X., Wasenitz, B., & Palm, H. W. (2021). *Effects of Dissolved Potassium on Growth Performance , Body Composition , and Welfare of Juvenile African Catfish*. 1–13.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: “Diseño e implementación de un sistema acuapónico urbano bajo invernadero en la región, Tacna 2019”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Interrogante general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable 1			
¿Será viable diseñar e implementar un sistema acuapónico urbano para la producción de hortalizas y peces de calidad nutritiva bajo invernadero en la Región Tacna?	Implementar un sistema acuapónico para la producción de hortalizas y peces de calidad nutritiva en zonas urbanas bajo invernadero en la Región Tacna.	El sistema acuapónico es viable para la producción de hortalizas y peces de calidad nutritiva para autoconsumo familiar en las zonas urbanas de la Región Tacna.	Parámetros físico-químicos del sistema acuapónico bajo el invernadero de naturaleza constante.			
Interrogantes específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	Variable 2	Parámetros químicos	Amonio	ppm
					Nitratos	ppm
					Nitritos	ppm
					Oxígeno disuelto	mg/l
					pH	Grado de acidez
				Parámetros físicos	Temperatura	°C
					Sólidos disueltos totales (TDS)	ppm
					Conductividad eléctrica	µS/cm
				Físicos	Volumen	m ³
					Área	m ²
					Altura	m
					Largo	m
				Bióticos	Análisis de crecimiento (sobrevivencia, tasa de crecimiento y factor de crecimiento porcentual)	Número final de organismos acuáticos,
1. ¿Se podrá diseñar un sistema acuapónico viable para zonas urbanas bajo invernadero en la Región Tacna?	1. Diseñar un sistema acuapónico viable para zonas urbanas bajo invernadero en la Región Tacna.	1. Es viable diseñar un sistema acuapónico para zonas urbanas en la Región Tacna.	Sistema acuapónico urbano en la Región Tacna.			
2. ¿Cuáles serán los parámetros físico-químico para el sistema	2. Evaluar los parámetros físico-químico para el	2. Es posible evaluar los parámetros físicoquímicos para el sistema				

acuapónico en la Región Tacna?	sistema acuapónico en la Región Tacna	acuapónico en la Región Tacna.				incremento de peso y peso final.
3. ¿Cuál será la producción y calidad nutritiva a obtener en el sistema acuapónico?	3. Validar el sistema acuapónico obtenido por medio de su producción y calidad nutritiva.	3. Se puede validar el sistema acuapónico por medio de su producción y calidad nutritiva..		Parámetros químicos	Amonio	ppm
					Nitratos	ppm
					Nitritos	ppm
					Oxígeno disuelto	mg/l
					pH	Grado de acidez
				Parámetros físicos	Temperatura	°C
					Solidos disueltos totales (TDS)	ppm
					Conductividad eléctrica	μS/cm
					Volumen	m ³
				Componente hidropónico (lechugas)	Cantidad de plantas	Unidad/m ²
					Análisis de tasa de crecimiento	cm/día
					Tasa específico de crecimiento	%/día
					Factor de crecimiento porcentual	Incremento de peso
Organismos acuático (peces)	Análisis de crecimiento (sobrevivencia, tasa de crecimiento y factor de crecimiento porcentual)	Número final de organismos acuáticos, incremento de peso y peso final.				
Calidad física	Cantidad de producción	Unidad/volumen				
Calidad química	Análisis proximal	% proteína, % humedad, % Carbohidratos, % ceniza, % grasa				

Anexo 2: Determinación de humedad

La determinación de humedad se realiza utilizando el Analizador de humedad.

Los analizadores para humedad determinan la sustancia seca que queda tras un proceso de secado con energía infrarroja de la sustancia total previamente pesada y calcula así la humedad de la masa pesada húmeda. Durante el proceso de secado se puede ver en la pantalla la disminución del contenido de humedad. Los analizadores para humedad son aparatos ideales para determinar con precisión la humedad, la sustancia seca o la consistencia de materiales y sustancias volátiles y fijas. Este analizador de humedad se utiliza hasta que el peso de la muestra sea constante.

Para sacar el porcentaje de humedad se utiliza la siguiente fórmula:

- P0 = Peso inicial de la muestra
- Pf = Peso final de la muestra
- CH = Contenido de humedad

Anexo 3: Determinación de proteínas

Método

Micro Kjeldahl

Materiales

- Equipo Digestor HACH - Digesdahl
- Fiola
- Pipeta 10 ml
- Equipo de destilación
- Bureta
- Vaso precipitado 50 ml
- Agua destilada
- Peróxido (H₂O₂)
- Ácido Sulfúrico Concentrado (H₂SO₄)
- Indicador mixto de rojo y azul de metileno
- Ácido bórico (H₃BO₃) 4%
- Hidróxido de Sodio (NaOH) 50%
- Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) 0.1 N

Procedimiento

- Si la muestra es líquida se toma 4 ml, pero si es sólida se pesa 0.25g.
- Se vierte 4 ml de muestra con 4 ml ácido sulfúrico concentrado dentro de
- una fiola, seguidamente está se introduce en el equipo digestor HACH
- que se encuentra a una temperatura de 440°C constante.
- Cuando la muestra se torna de color negro, se procede a verter 10 ml de
- peróxido gota a gota; terminado los 10 ml, la muestra tomara un color
- transparente y se retira del digestor.
- Seguidamente el digesto se vierte dentro de una bomba, a la que se
- agrega también 12.5ml de NaOH 50% y 50 ml de agua destilada.
- La bomba se acopla al equipo de destilación y se procede a calentar la
- muestra.
- El destilado se recibe en un vaso precipitado que contiene 12.5 ml de

- H3BO3 (4%) con gotas de indicador mixto de azul y rojo de metileno. Este
- inicialmente tendrá un color morado (ácido) pero al momento de recibir el
- destilado virara a color verde (básico).
- Se destila hasta obtener 40 ml de muestra final.
- Esta muestra final se titula con H2SO4 0.1 N, hasta que el color vire
- nuevamente a morado. Obteniéndose el gasto, este es necesario para
- realizar la determinación de nitrógeno total y seguidamente determinar el
- porcentaje de proteína total.

Para determinar el nitrógeno total se utiliza la siguiente Formula:

$$N_T = \frac{H_2SO_4 (X)N * F_c * N_{m-e} * 100}{C_m}$$

- N_T = Nitrógeno total
- $H_2SO_4 (X)N$ = Normalidad de H_2SO_4
- F_c = Factor de corrección
- N_{m-e} = Mili-Equivalentes de nitrógeno (g)
- C_m = Cantidad de muestra (ml)

Para determinar el % de proteína total se utiliza la siguiente formula

$$\% P = N_T * K$$

- %P = Porcentaje de proteína
- N_T = Nitrógeno total
- K = Factor de conversión de proteínas.

Anexo 4: Determinación de cenizas

La determinación de cenizas se realizó tomando 3 g de viruta de cuero, esta prueba se realizó por triplicado, utilizando la mufla y llevándola a una temperatura constante de 550°C durante 3 horas.

Método

Método gravimétrico de incineración en mufla.

Materiales

- Crisol
- Pinzas de cápsula
- Balanza analítica
- Mufla

Procedimiento

- Pesar el crisol vacío.
- Pesar 3 – 10 g de muestra.
- Poner la muestra pesada en el crisol.
- Colocar el crisol + la muestra dentro de la mufla, llevarla 550 °C y dejarla
- durante un tiempo de 3 horas.
- Dejar que enfrié el crisol.

Pesar el crisol + la muestra calcinada. Para determinar el porcentaje de cenizas se utiliza la siguiente formula:

$$\%C = \frac{P_0 - P}{P_f - P} \times 100$$

%C = Porcentaje de ceniza

P = Peso de crisol

P₀ = Peso de crisol + la muestra

P_f = Peso de crisol + la muestra calcinada

Anexo 5: Determinación de grasa

EQUIPOS Y MATERIALES	MÉTODO	PROCEDIMIENTO	
Balanza analítica. Pipeta volumétrica de 25 mL. Equipo de extracción de grasa Golfish. Vasos de precipitación.	Gravimétrico extracción continúa.	Pesar 2g de muestra seca y coloque en el dedal, cubra la muestra con algodón desengrasado y registrar la masa como m. Coloque el dedal dentro del porta dedal, añada 25 mL de hexano (también se puede usar éter de petróleo). Coloque el vaso previamente pesado en el aparato con la ayuda de la rosca, anotar su peso como P ₁ . Levante las parrillas hasta tocar el vaso y encienda el equipo, asegurándose la circulación de agua en el refrigerante. Abra la válvula de seguridad y si es necesario añada más solvente. Proceder a la extracción durante 4h. Al término del tiempo, baje la parrilla, zafe el anillo de la rosca y retire el vaso que contiene el hexano más las sustancias extraídas.	
<p style="text-align: center;">REACTIVOS</p>			
Hexano.			Retire el porta dedal y el dedal coloque a desecar en la estufa, enfríe en desecador. Coloque el tubo recuperador en el porta dedal y vuelva a colocar el vaso con la ayuda de la rosca. Levante la parrilla y caliente nuevamente para destilar el solvente casi en su totalidad. Baje la parrilla y retire el vaso que contiene grasa bruta o cruda. Coloque el vaso en la estufa durante 30 minutos. Retire de la estufa, coloque en desecador hasta que se enfríe. Proceder a pesar y registrar como P ₂ . $\%G (\%Ex.E) = \{(P_1 - P_2) / m\} \times 100$

FUENTE: Mario Fabián Jordán Núñez

Anexo 6: Componentes del sistema acuapónico urbano



Foto 01: Tanque para peces



Foto 02: Biofiltro



Foto 6: Construcción del sistema hidropónico. a) caja hidropónica de tableros de arcilla. b) construcción del sistema hidropónico. c) Caja hidropónica cubierto con plástico. d) Tecnopor con agujeros.



Foto 7: Instalaciones de tuberías.

Anexo 7: Proceso de crecimiento de las lechugas

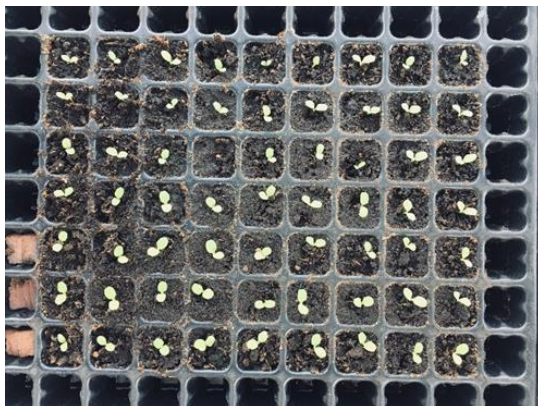


Foto 1: Plántulas de lechugas.



Foto 2: Plántulas de lechugas listas para la siembra.



Foto 3: Plántulas de lechuga, primer día.

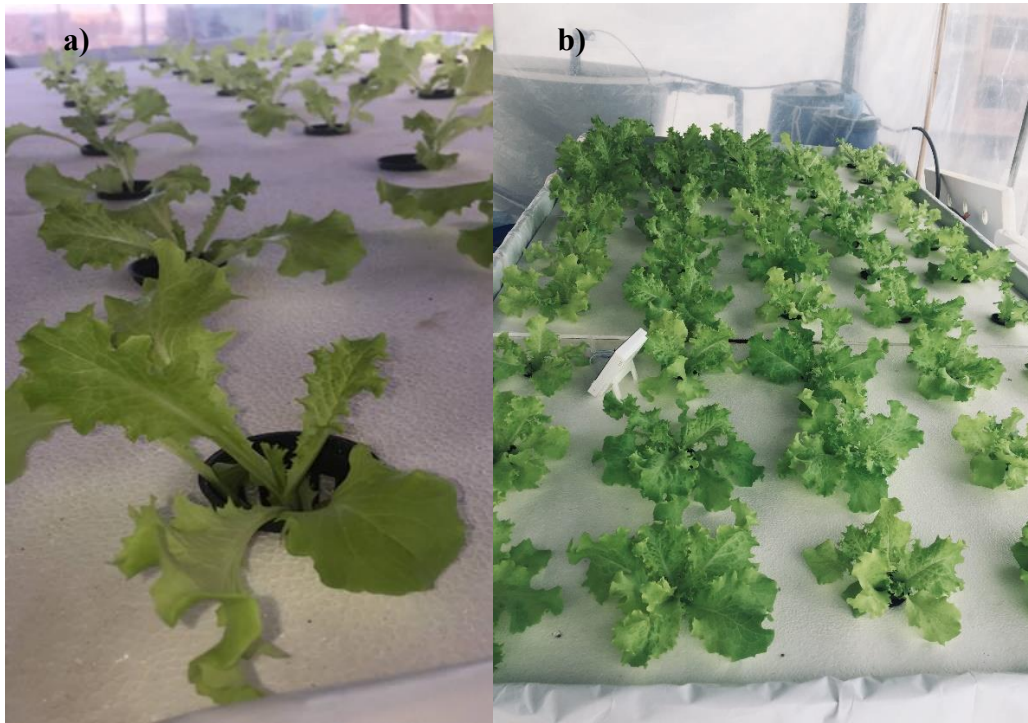


Foto 4: Plántulas de lechuga. a) Plántulas de lechuga luego de 15 días. b) Plántulas de lechuga luego de 30 días.

Anexo 8: Proceso de crecimiento de las tilapias

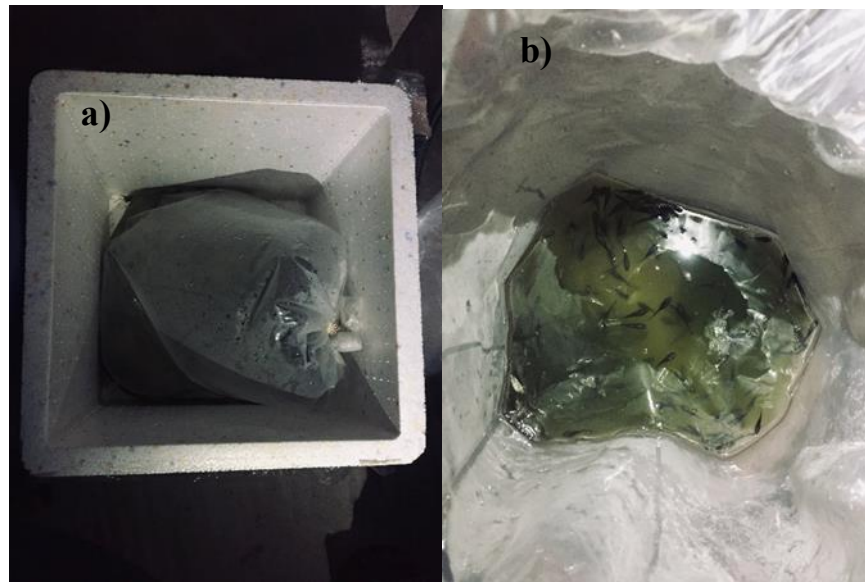


Foto 1: Alevines de tilapia. a) Vista exterior. b) Vista interior

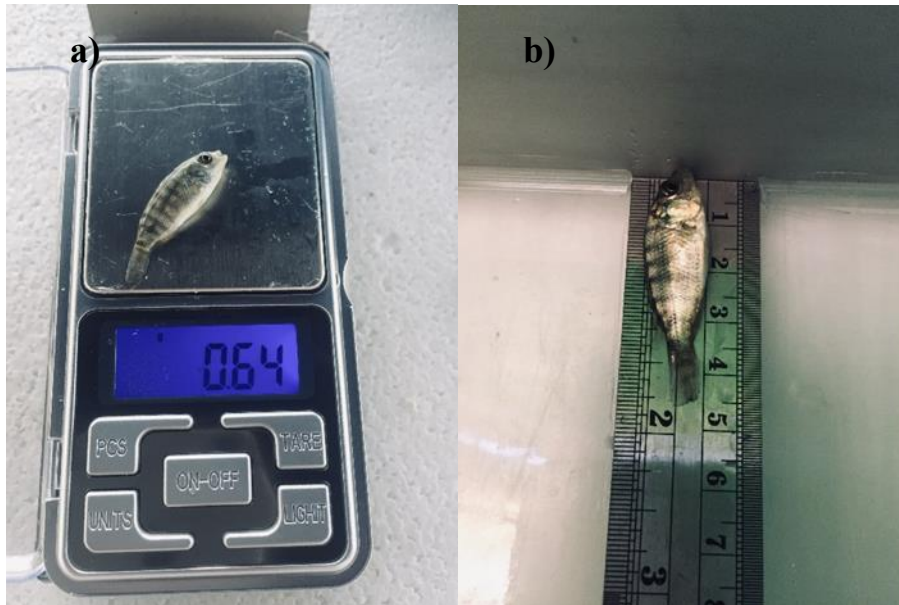


Foto 2: Alevines de tilapia. a) Peso referencial de los alevines de tilapia. b) Longitud referencial de los alevines de tilapia.

Anexo 9: Características nutricionales alimento balanceado marca AQUATECH TILAPIA

Tabla 24

Características nutricionales AQUATECH TILAPIA

Nutriente (%)	Tilapia 45	Tilapia 40	Tilapia 35	Tilapia 32	Tilapia 28
Proteína (MIN)	45	40	35	32	28
Grasa (MIN)	12	5	4	4	4
Fibra (MAX)	2.5	4	5	6	8
Calcio (MIN)	1.6	1.2	1.2	1.2	1.2
Fosforo (MIN)	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8
Ceniza (MAX)	12	12	12	12	12
Humedad (MAX)	12	12	12	12	12
ED (Mcal/Kg) MIN	3600	3100	3000	2900	2800

Fuente: Catalogo Aquatech Tilapia (2021)

Tabla 25

Programa de alimentación Aquatech Tilapia

AQUATECH	Calibre (mm)	Peso del Pez (g)	Temperatura del Agua (°C)						FRECUENCIA DE ALIMENTACIÓN DIARIA (veces)
			22	24	26	28	30	32	
			Tasa de alimentación (% de biomasa diaria)						
Tilapia 45	0.3 a 1.0	0.1 a 0.5	10.50	10.50	11.50	12.50	13.50	14.50	Ad libitum
Tilapia45	1.5 x 2.0	0.5 a 5	7.70	8.70	9.20	9.70	10.20	10.70	6
Tilapia 40	2.0 x 2.0	5 a 10	6.50	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	6
		10 a 20	5.80	6.70	7.10	7.60	8.00	8.50	4
		20 a 30	5.10	5.70	6.20	6.50	3.90	7.50	4
Tilapia 35	3.0 x3.0	30 a 50	4.30	4.60	4.90	5.50	5.70	6.50	3
		50 a 80	3.30	3.60	3.90	4.00	4.30	5.00	3
Tilapia 32	4.0 x4.0	80 a 120	3.10	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	3
		120 a 180	2.50	2.60	2.65	2.80	2.90	3.00	2
Tilapia 28	6.0 x 6.0	180 a 250	2.20	2.30	2.40	2.60	2.60	2.70	2
		250 a 350	2.10	2.20	2.40	2.40	2.45	2.50	2
Tilapia 28	8.0 x 8.0	350 a 500	1.80	1.90	2.00	2.05	2.10	2.10	2
		500 a 700	1.50	1.60	1.60	1.65	1.80	1.80	2
		> 700.0	1.40	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2

Fuente: Catalogo Aquatech Tilapia (2021)

Anexo 10: Fotografías de registro de parámetros fisicoquímicos del agua



Foto 1: Medición de los parámetros de amonio, nitrito y nitratos.



Foto 2: Lectura del color obtenido.



Foto 3: Lectura de parámetros físicos y registro de lectura.

Anexo 11: Identificación de las muestras de lechugas

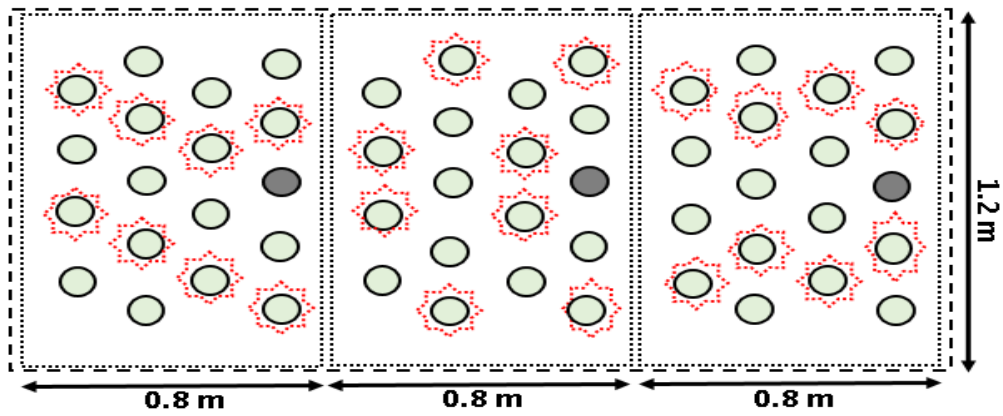


Figura 24

Ubicación de muestras de lechuga para la toma de datos en el Sistema hidropónico




Foto 1: Biometría de la raíz de lechuga



Foto 2: Biometría de tilapia.

Anexo 12: Registro de longitud inicial y peso inicial de la tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Nombre del Proyecto		"Diseño e implementación de un sistema acuapónico urbano bajo invernadero en la región, Tacna 2019"			
TESISTA: BACH. WILFREDO CAMA CONDORI					UNJBG-ESIP-20 N° de Ficha: 001 Mes: Setiembre
Detalle		Registro de biometría de peces			OBSERVACIONES
Fecha DD /MM/AA	Hora	N°	Longitud (centímetros)	Peso (gramos)	
13/09/2020		1	2.15	0.60	
		2	2.5	0.55	
		3	2.55	0.60	
		4	2.5	0.50	
		5	2.55	0.57	
		6	2.75	0.56	
		7	2.4	0.57	
		8	2.4	0.62	
		9	2.85	0.80	
		10	2.8	0.91	
		11	2.5	0.78	
		12	2.4	0.68	
		13	2.45	0.61	
		14	2.5	0.56	
		15	2.5	0.98	
		16	2.8	0.64	
		17	2.3	0.68	
		18	2.75	0.59	
		19	2.65	0.67	
		20	2.65	0.64	
		21	2.8	0.60	
		22	2.5	0.61	
		23	2.35	0.62	
		24	2.55	0.59	
		25	2.65	0.89	
		26	2.3	0.83	
		27	2.65	0.81	
		28	2.5	0.79	
		29	2.5	0.69	
		30	2.6	0.79	
		31	2.65	0.69	
		32	2.8	0.92	
		33	2.85	0.93	
		34	2.6	0.67	
		35	3.25	0.87	
		36	2.8	0.91	
		37	2.5	0.92	
		38	2.65	0.74	
		39	2.8	0.76	
		40	2.6	0.95	
		41	2.5	0.91	
		42	2.75	0.74	
		43	2.8	0.68	
		44	3	0.92	
		45	2.5	0.82	
		46	2.7	0.72	
		47	2.55	0.70	
		48	2.45	0.82	
		49	2.85	0.86	
		50	2.65	0.81	
PROMEDIO			2.61	0.73	
Detallar condiciones y/o recomendaciones (si aplica)					
Nombres y Apellidos del responsable: <u>Bach. Wilfredo Cama Condori</u>				Firma: 	

Anexo 13: Registros de los parámetros físico químicos del tanque de los peces

SEMANA	pH	Temperatura (°C): Tanque de peces	Oxígeno disuelto (mg/L)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)	Conductividad Eléctrica (μS/cm)
1	7.72	26.72	6.71	485	966
2	7.79	26.72	6.68	585	1221
3	7.89	26.72	7.01	590	1202
4	7.98	26.66	6.55	630	1255
5	7.76	26.59	6.37	642	1284
6	7.77	26	6.51	659	1286
7	7.75	25.59	5.89	658	1286
8	7.75	25.09	5.82	658	1303
9	8.00	25.59	6.78	635	1282
10	8.06	25.96	6.88	646	1303
11	7.96	26.36	7.42	661	1337
12	7.89	25.38	6.84	643	1289
13	8.02	27.07	6.35	644	1292
14	7.89	26.77	7.05	648	1284
15	7.82	26.62	6.55	636	1264
16	7.77	26.51	6.51	635	1244
17	7.78	26.43	6.49	633	1243
18	7.89	26.72	7.01	643	1315
19	7.96	26.5	6.89	620	1278
20	7.84	26.67	6.47	626	1237
21	7.88	25.53	6.85	643	1290
22	7.97	25.57	6.92	636	1281
23	7.94	26.51	6.64	644	1277
24	7.94	26.2	6.71	640	1286

Anexo 14: Registros de los parámetros físico químicos del biofiltro

SEMANA	pH	Temperatura (°C): Tanque de peces	Oxígeno disuelto (mg/L)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
1	7.9	26.92	6.4	499	974
2	7.89	27.02	6.82	565	1202
3	7.99	27.14	7.21	615	1252
4	7.86	26.46	6.12	640	1302
5	7.7	26.6	5.97	652	1294
6	7.84	27	6.52	669	1280
7	7.53	25.89	6.39	668	1243
8	7.55	25.19	6.73	659	1313
9	7.82	25.97	6.32	630	1271
10	7.98	26.24	6.49	641	1296
11	7.82	25.97	6.32	630	1271
12	7.99	25.48	6.54	620	1309
13	7.82	27.17	6.45	634	1242
14	7.69	27.27	6.65	633	1249
15	7.92	26.82	6.75	670	1184
16	7.65	26.31	6.72	605	1269
17	7.71	26.53	6.36	598	1216
18	7.81	26.82	7.21	610	1329
19	7.78	25.97	6.32	630	1271
20	7.63	26.17	6.77	596	1287
21	7.79	25.73	6.35	613	1310
22	7.77	25.77	7.02	616	1231
23	7.84	26.61	6.84	601	1243
24	7.63	26.4	6.61	590	1236

Anexo 15: Registros de los parámetros físico químicos de la raíz flotante

SEMANA	pH	Temperatura (°C): Tanque de peces	Oxígeno disuelto (mg/L)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
1	7.58	25.09	6.71	603	1137
2	7.7	25.09	6.41	609	1147
3	7.78	25.66	6.48	627	1174
4	7.85	25.63	6.58	632	1179
5	7.88	25.65	6.48	629	1186
6	7.78	25.85	6.98	653	1203
7	7.69	24.9	6.87	646	1200
8	7.89	25.58	6.73	656	1274
9	7.89	25.51	6.71	641	1237
10	7.79	25.13	6.33	635	1269
11	7.85	25.42	6.71	640	1236
12	7.82	25.35	6.61	663	1286
13	7.81	25.4	6.68	669	1299
14	7.83	25.37	6.22	632	1212
15	7.71	25.49	6.49	615	1229
16	7.93	25.61	6.7	642	1238
17	7.81	25.4	6.64	669	1299
18	7.8	25.38	6.82	647	1233
19	7.82	25.36	6.37	642	1258
20	7.71	25.72	6.62	649	1279
21	7.74	25.85	6.35	627	1208
22	7.84	26.38	6.13	676	1246
23	7.7	25.64	7.04	636	1286
24	7.82	25.52	6.56	636	1233

Anexo 16: Certificado de Análisis proximal de tilapia (Oreochromis niloticus)



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA PESQUERA



**CERTIFICADO DE ANALISIS
ANALISIS PROXIMAL**

Certificado N° 04-2021-LTP- ESIP

SOLICITANTE : Wilfredo Cama Condori
Proyecto : " Diseño é Implementación de un Sistema Acuapónico Urbano Bajo Invernadero En la Región , Tacna 2019 "

MUESTRA: Tilapia Gris (*Oreochromis niloticus*)
FECHA DEL ANÁLISIS: 06 de abril del 2021
METODOLOGÍA : Según Normas de la AOAC 2017

PARAMETROS	RESULTADOS
Humedad %	78,10
Cenizas %	0,45
Proteínas Totales%	20,37
Lípidos Totales %	1,07

Nota : Resultados promedio de análisis por triplicado




c.Quim.Reyna Calcino Angulo
Encargada del Laboratorio

Anexo 17: Certificado de Análisis proximal de lechuga (Lactuca sativa)



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA PESQUERA



**CERTIFICADO DE ANALISIS
ANALISIS PROXIMAL**


Certificado N° 03-2021- LTP-ESIP

SOLICITANTE : Wilfredo Cama Condori
Proyecto : “ Diseño é Implementación de un Sistema Acuapónico Urbano Bajo Invernadero En la Región , Tacna 2019 ”
MUESTRA: Lechuga cresspa (*Lactuca sativa*)
FECHA DEL ANÁLISIS: 07 de abril del 2021
METODOLOGÍA : Según Normas de la AOAC 2017

PARAMETROS	RESULTADOS
Humedad %	94,02
Cenizas %	1,18
Proteinas Totales%	1,50
Lípidos Totales %	0,25
Carbohidratos Totales %	2,68

Nota : Resultados promedio de análisis por triplicado.




Lic. Quim. Reyna Calcino Angulo
Encargada del Laboratorio

Anexo 18: Fotografías generales de la ejecución del proyecto



Foto 1: Infraestructura del invernadero



Foto 2: Invernadero



Foto 3: Plántulas de lechuga



Foto 4: Plántulas de lechugas con buen desarrollo de raíz



Foto 5: Plántulas de lechuga listas para la siembra al sistema hidropónico

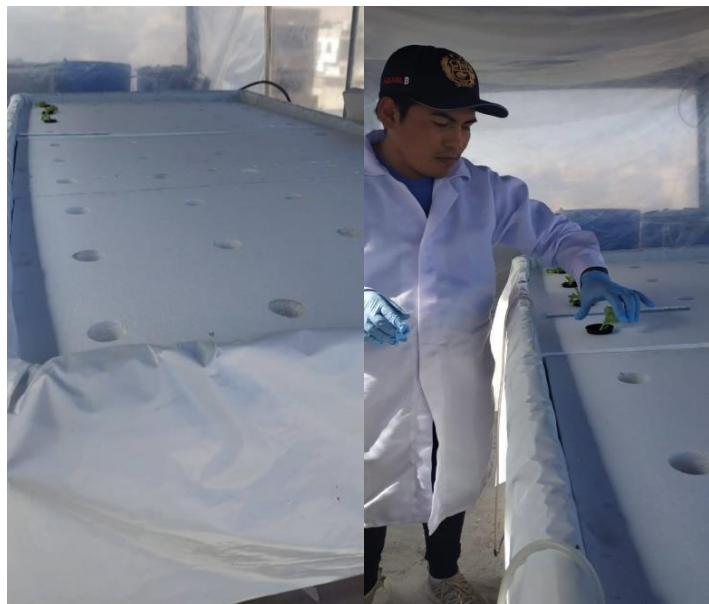


Foto 6: Trasplante de lechugas



Foto 7: Evidencia del crecimiento óptimo de las lechugas



Foto 8: Peso de la lechuga



Foto 9: Vista general de la lechuga



Foto 10: Vista general de la raíz de la lechuga



Foto 11: Vista general de las lechugas



Foto 12: Registro de parámetros CE y TDS



Foto 13: Registro de parámetros fisicoquímicos en el tanque de peces



Foto 14: Registro de parámetros fisicoquímicos en el biofiltro



Foto 15: Registro de parámetros fisicoquímicos en el sistema hidropónico

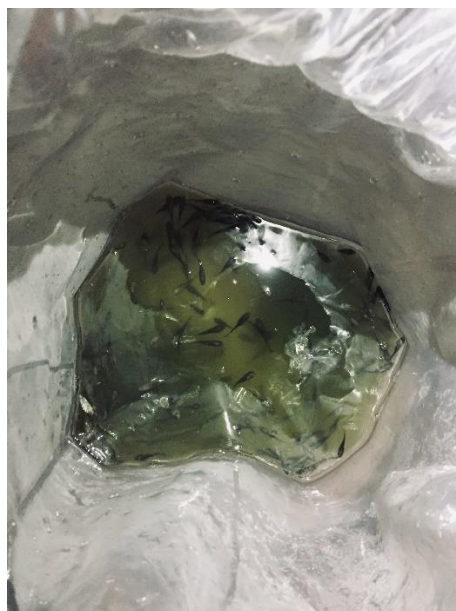


Foto 16: Alevines de tilapia



Foto 16: Peso de alevines de tilapia

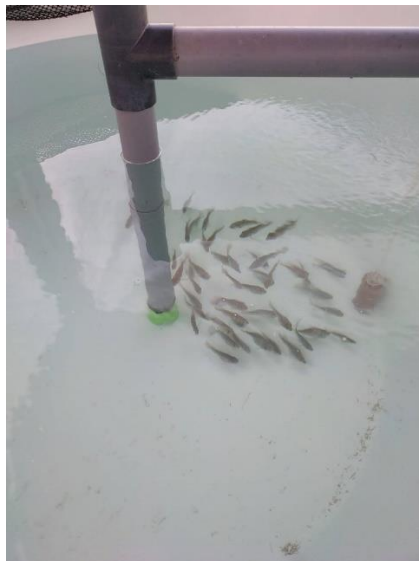


Foto 17: Tilapia en el tanque de peces



Foto 18: Longitud de la tilapia al término de la investigación



Foto 19: Peso referencial de la tilapia al término de la investigación



Foto 20: Visita de público en general



Foto 21: Visita de estudiantes universitarios



Foto 22: Visita de estudiantes universitarios

Anexo 19: Imágenes 3D del sistema acuapónico

Figura 25

Vista lateral del sistema acuapónico

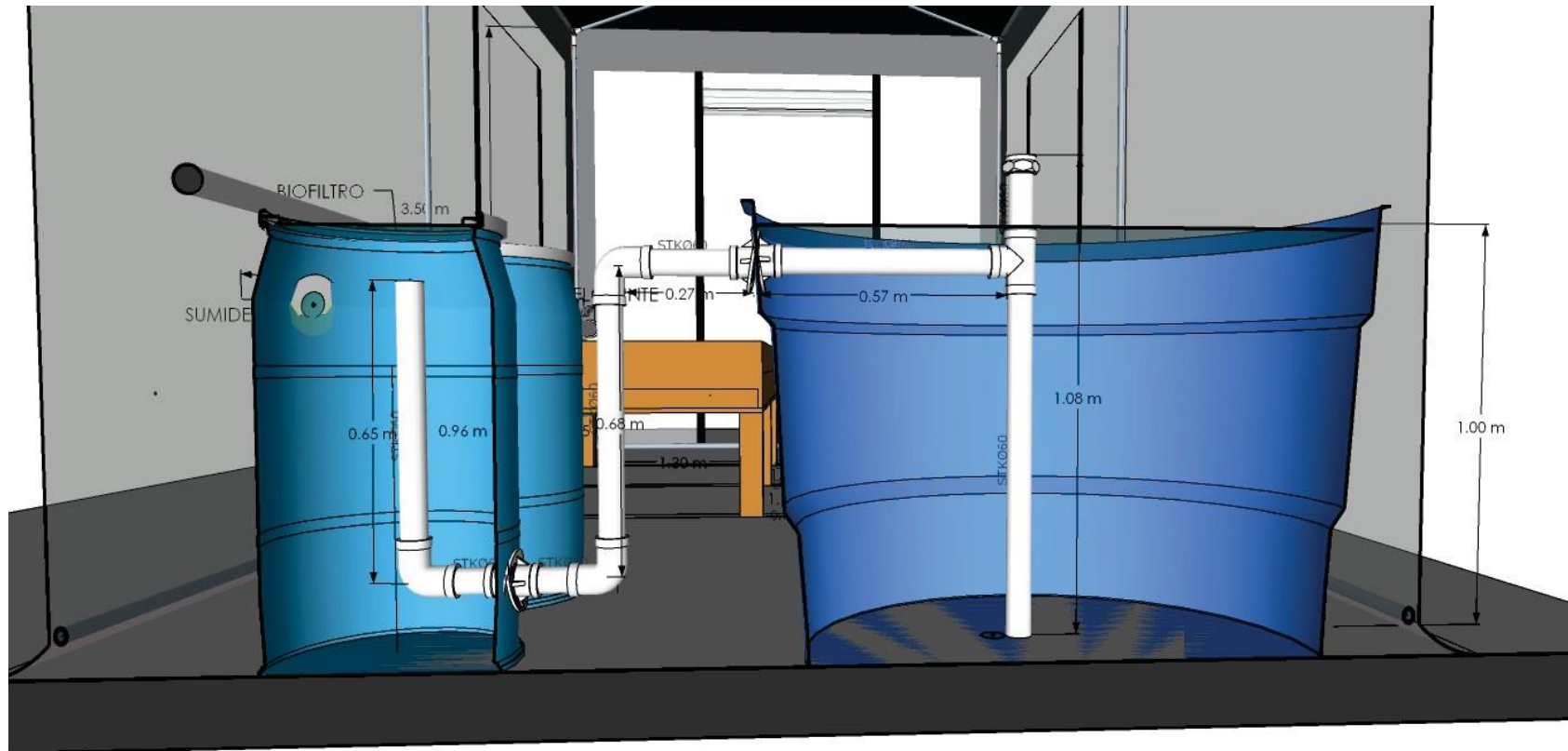


Figura 26

Vista lateral de los componentes del sistema acuapónico

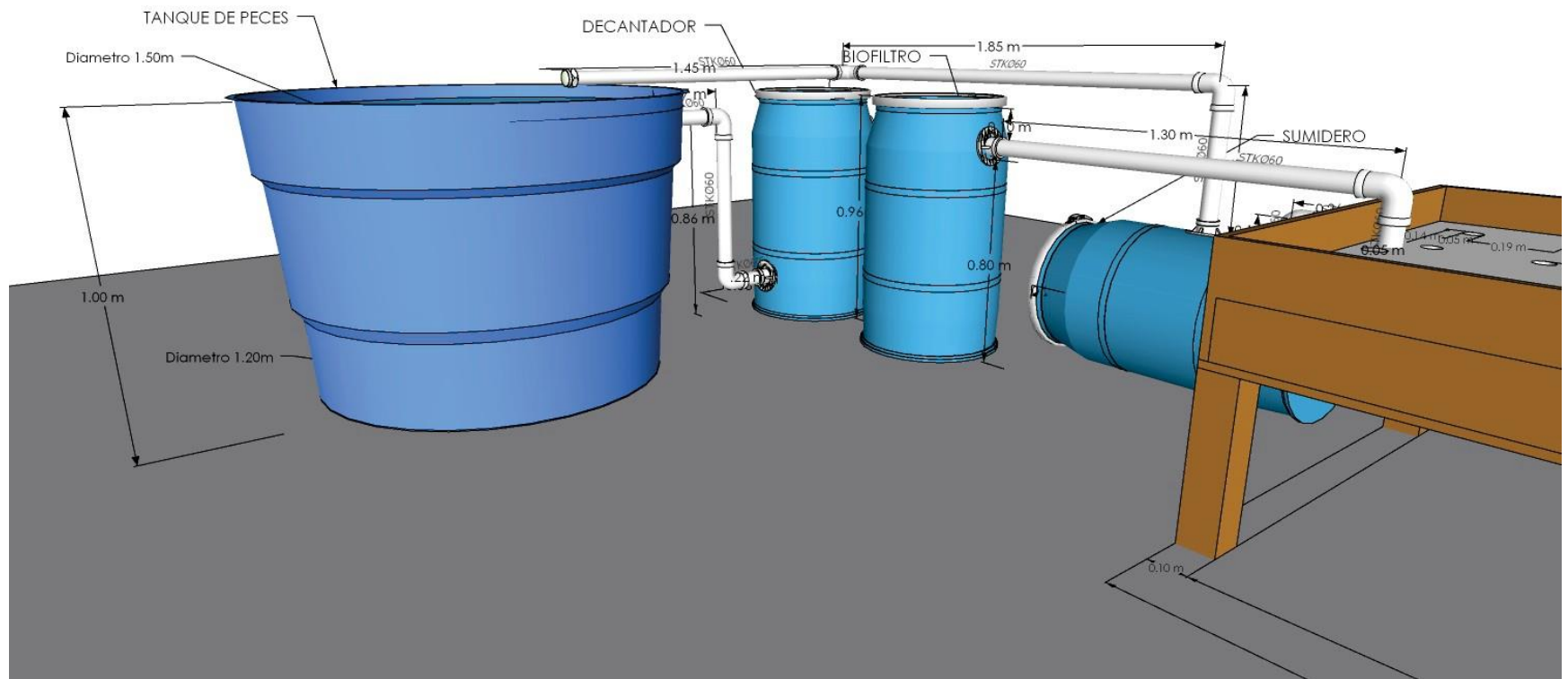


Figura 27

Vista lateral del sumidero, biofiltro y decantador

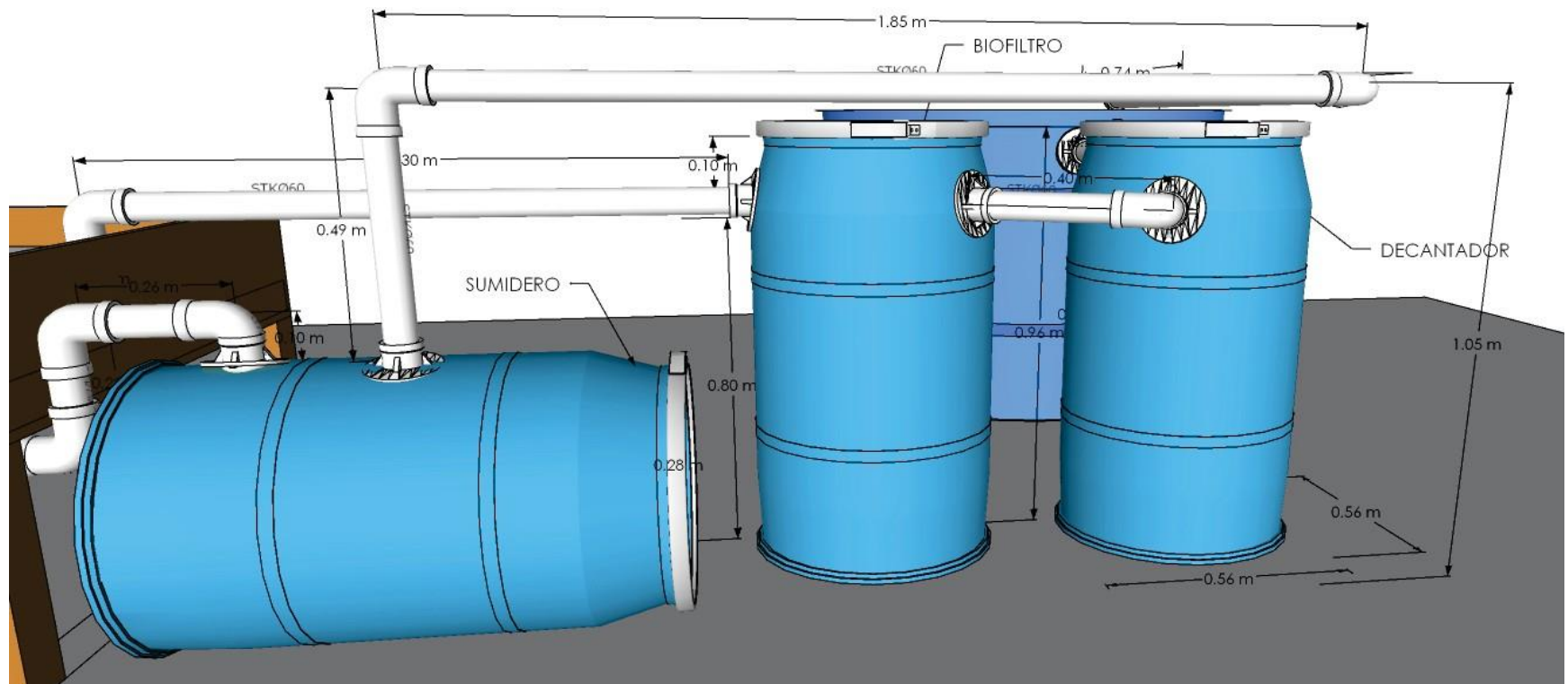


Figura 28

Vista lateral del componente hidropónico

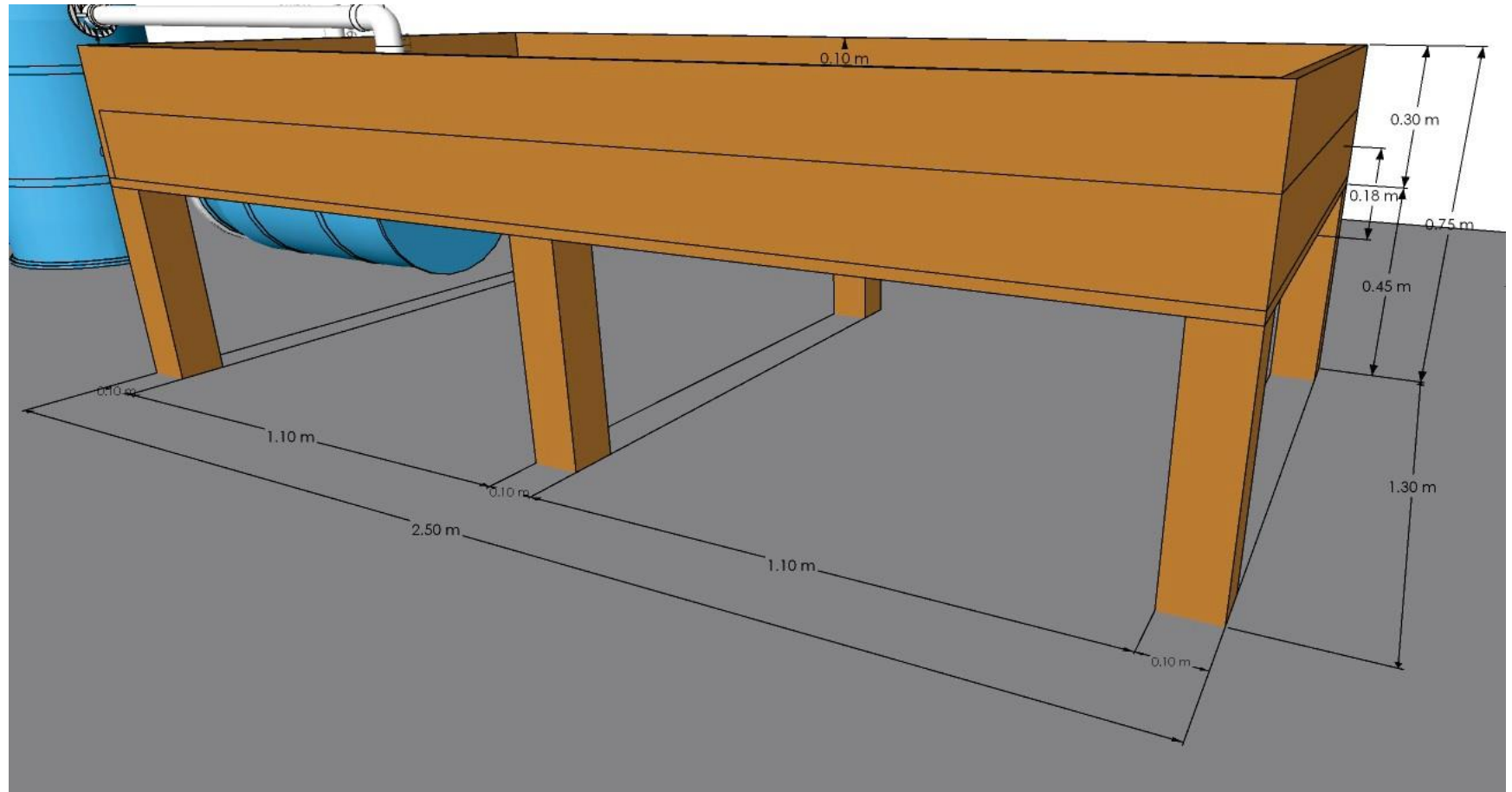


Figura 29

Vista superior del componente hidropónico

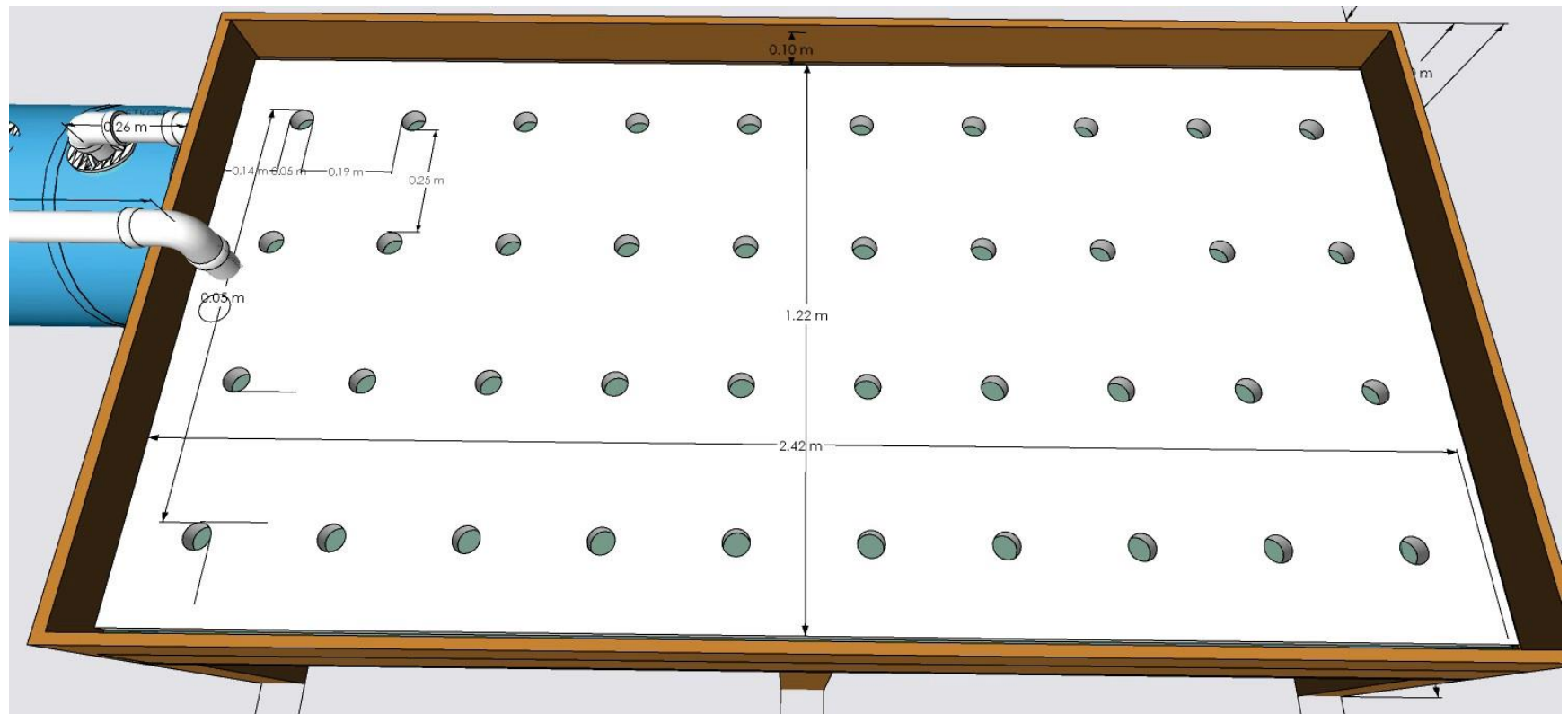


Figura 30

Vista 3D del sistema acuapónico

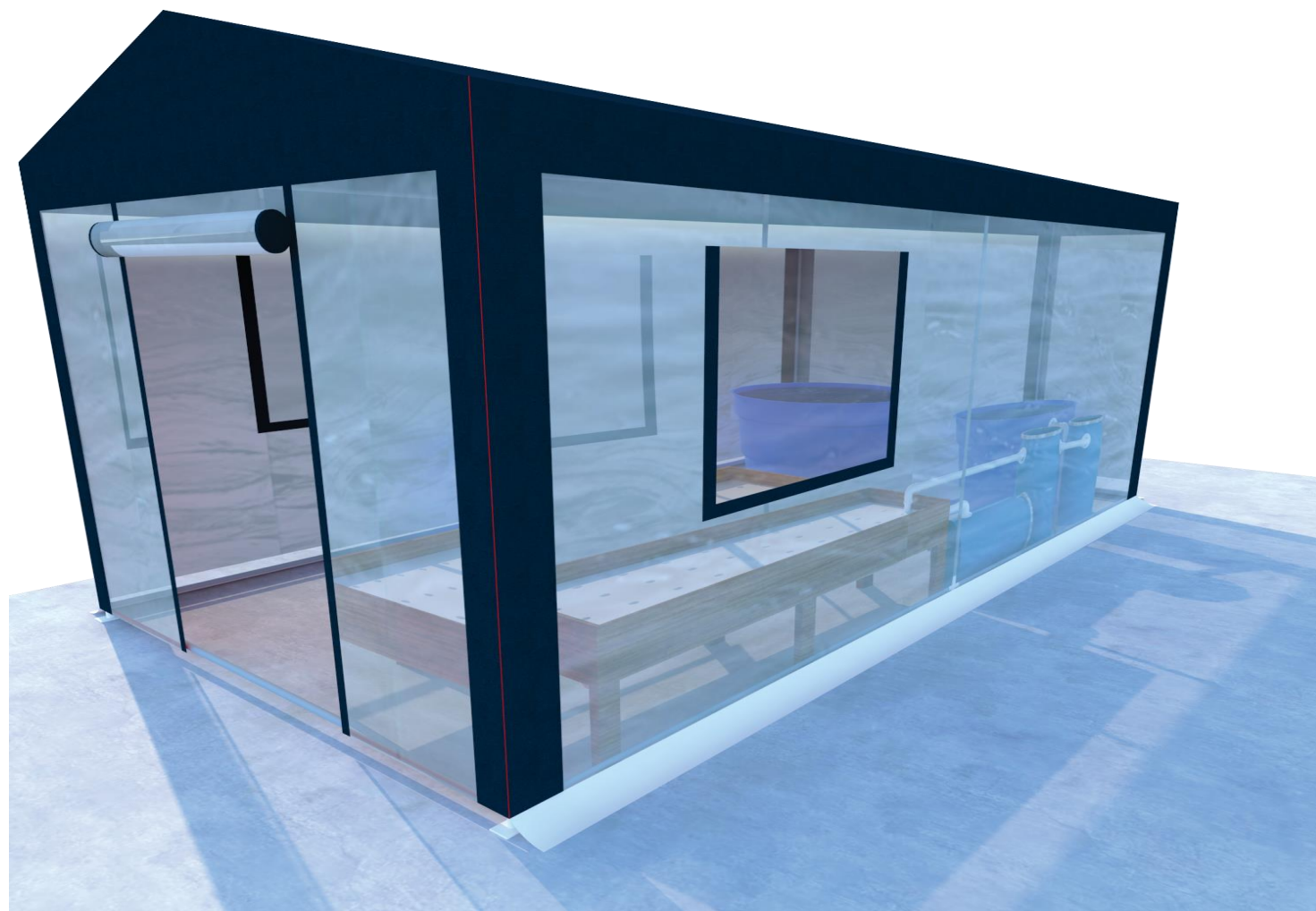


Figura 31

Vista 3D de los componentes del sistema acuapónico

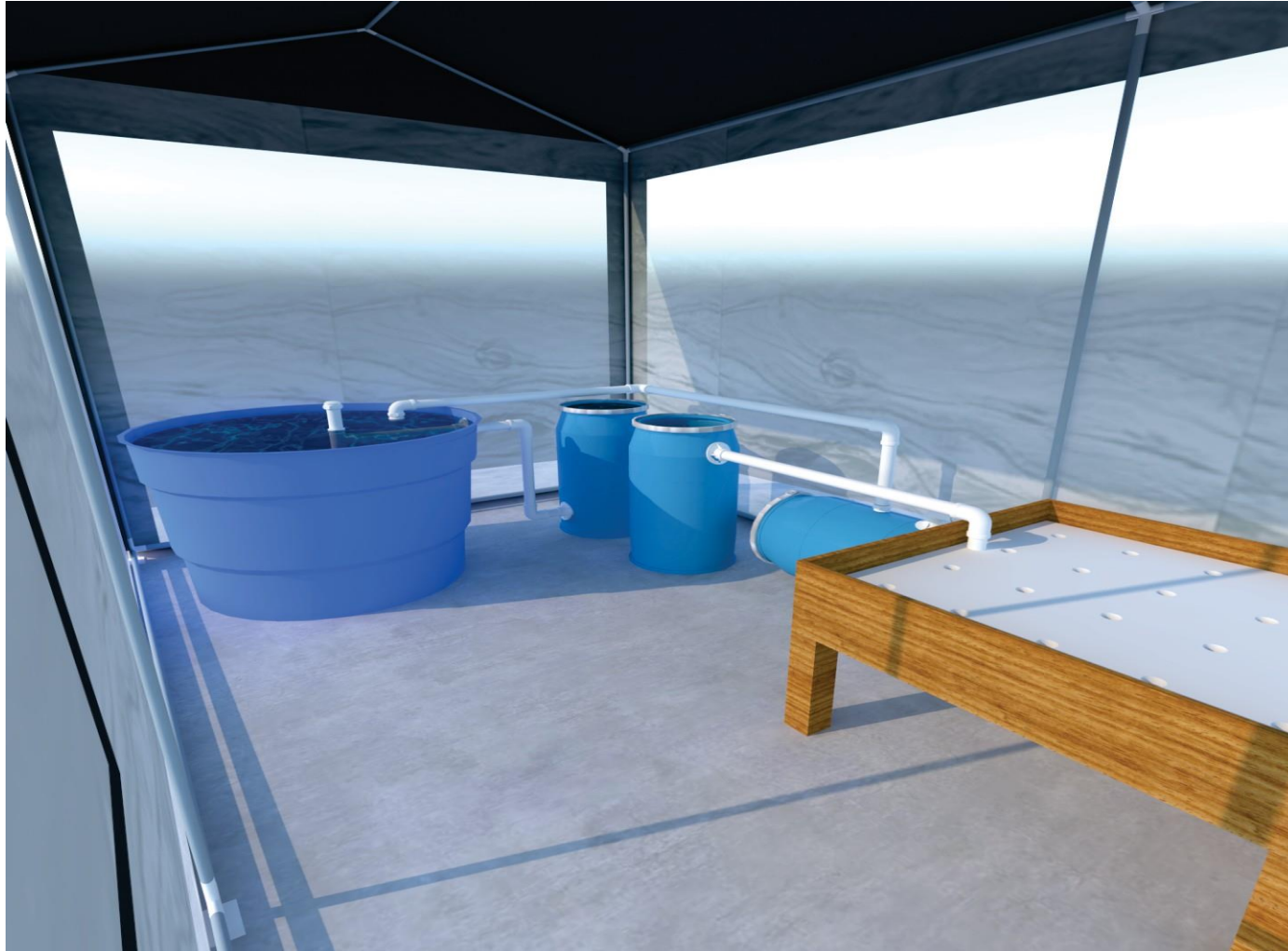


Figura 32

Vista 3D de las conexiones del sistema acuapónico

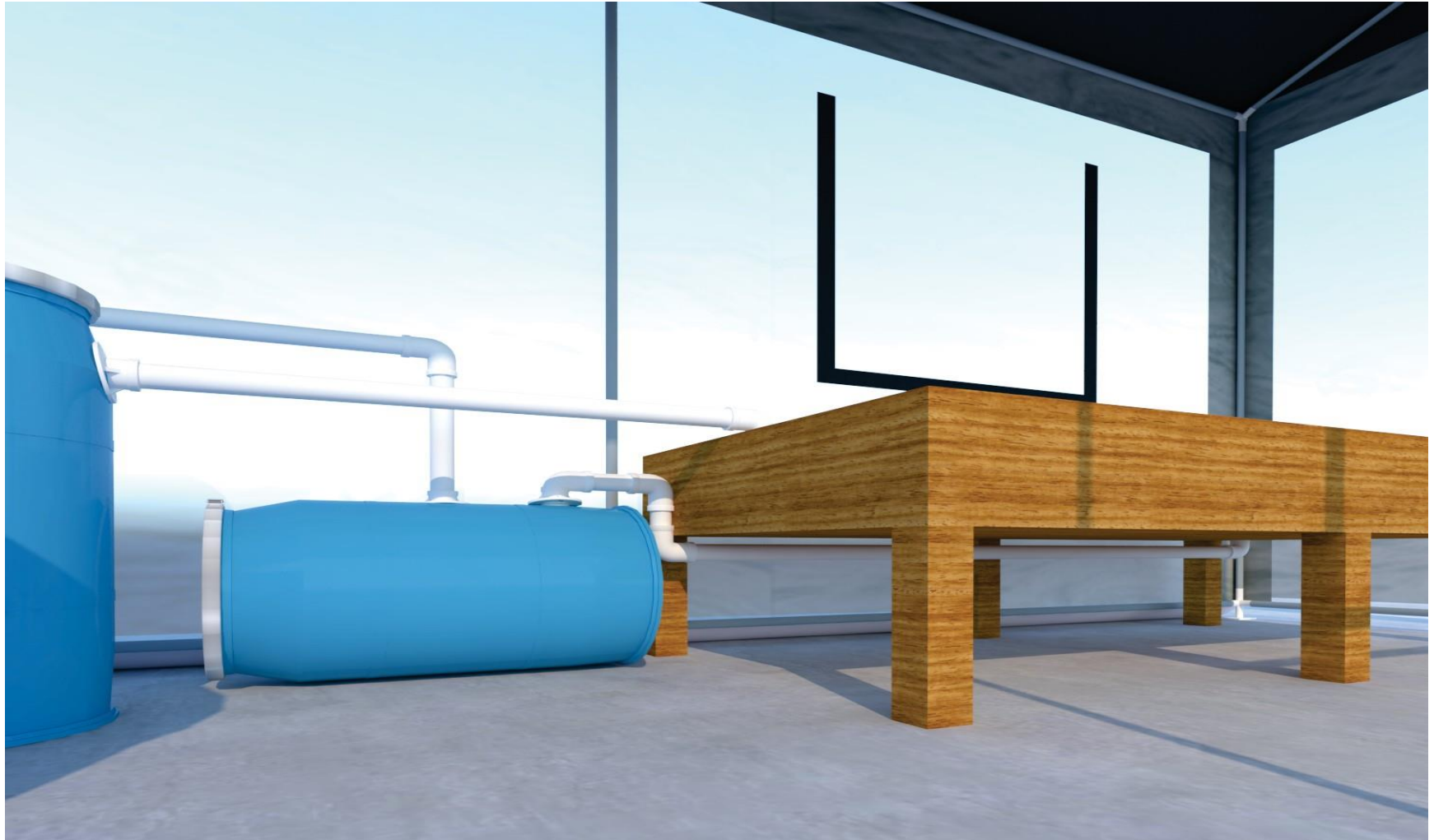


Figura 33

Vista superior 3D del sistema acuapónico



Anexo 20: Cálculo de producción de hortalizas en el sistema acuapónico implementado

SEMANAS POR ETAPA

24 semanas ÷ 2 etapas = 12 semanas

PRODUCCIÓN POR ETAPA

Si quiero tener 2 Kg por semana

Entonces: 12 semanas x 2 Kg = 24 Kg por Etapa

CANTIDAD DE PECES POR ETAPA

Si quiero peces de 0.240 kilos

Entonces: 24 Kg ÷ 0.24 Kg = 100 peces

BIOMASA MÁXIMA

Etapa Peso Máximo x Cantidad = Biomasa

1 0.240 x 100 = 24 Kg

2 0.240 x 100 = 24 Kg

TOTAL = 48 Kg

RACIÓN ALIMENTARIA

Etapa-Biomasa x % Ración = Ración Alimentaria

1 24 Kg x 2.4 % = 0.576 Kg

2 24 Kg x 2.4 % = 0.576 Kg

TOTAL = 1.152 Kg

PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN AQUATECH TILAPIA

AQUATECH	Calibre (mm)	Peso del Pez (g)	Temperatura del Agua (°C)						FRECUENCIA DE ALIMENTACIÓN DIARIA (veces)
			22	24	26	28	30	32	
			Tasa de alimentación (% de biomasa diaria)						
Tilapia 45	0.3 a 1.0	0.1 a 0.5	10.50	10.50	11.50	12.50	13.50	14.50	Ad libitum
Tilapia 45	1.5 x 2.0	0.5 a 5	7.70	8.70	9.20	9.70	10.20	10.70	6
Tilapia 40	2.0 x 2.0	5 a 10	6.50	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	6
		10 a 20	5.80	6.70	7.10	7.60	8.00	8.50	4
		20 a 30	5.10	5.70	6.20	6.50	6.90	7.50	4
Tilapia 35	3.0 x 3.0	30 a 50	4.30	4.60	4.90	5.50	5.70	6.50	3
		50 a 80	3.30	3.60	3.90	4.00	4.30	5.00	3
Tilapia 32	4.0 x 4.0	80 a 120	3.10	3.40	3.60	3.80	4.00	4.30	3
		120 a 180	2.50	2.60	2.65	2.80	2.90	3.00	2
Tilapia 28	6.0 x 6.0	180 a 250	2.20	2.30	2.40	2.60	2.60	2.70	2
		250 a 350	2.10	2.20	2.40	2.40	2.45	2.50	2
Tilapia 28	8.0 x 8.0	350 a 500	1.80	1.90	2.00	2.05	2.10	2.10	2
		500 a 700	1.50	1.60	1.60	1.65	1.80	1.80	2
		> 700.0	1.40	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2

Fuente: Catalogo Aquatech Tilapia (2021)

PRODUCCIÓN DE NÍTRÓGENO AMONICAL

Por cada **Kilogramo de Alimento** se producen:

0.02576 Kg de Nitrógeno Amoniacal, con alimento al 28% proteína



CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES AQUATECH TILAPIA

Nutriente (%)	TILAPIA 45 (Pre Inicio 1 y 2)	TILAPIA 40 (Inicio)	TILAPIA 35 (Crecimiento)	TILAPIA 32 (Crecimiento 2)	TILAPIA 28 (Engorde)
Proteína (MIN)	45	40	35	32	28
Grasa (MIN)	12	5	4	4	4
Fibra (MAX)	2.5	4	5	6	8
Calcio (MIN)	1.6	1.2	1.2	1.2	1.2
Fosforo (MIN)	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8
Ceniza (MAX)	12	12	12	12	12
Humedad (MAX)	12	12	12	12	12
ED (Mcal/Kg) MIN	3,600	3,100	3,000	2,900	2,800

TABLA DE CONSUMO AQUATECH TILAPIA

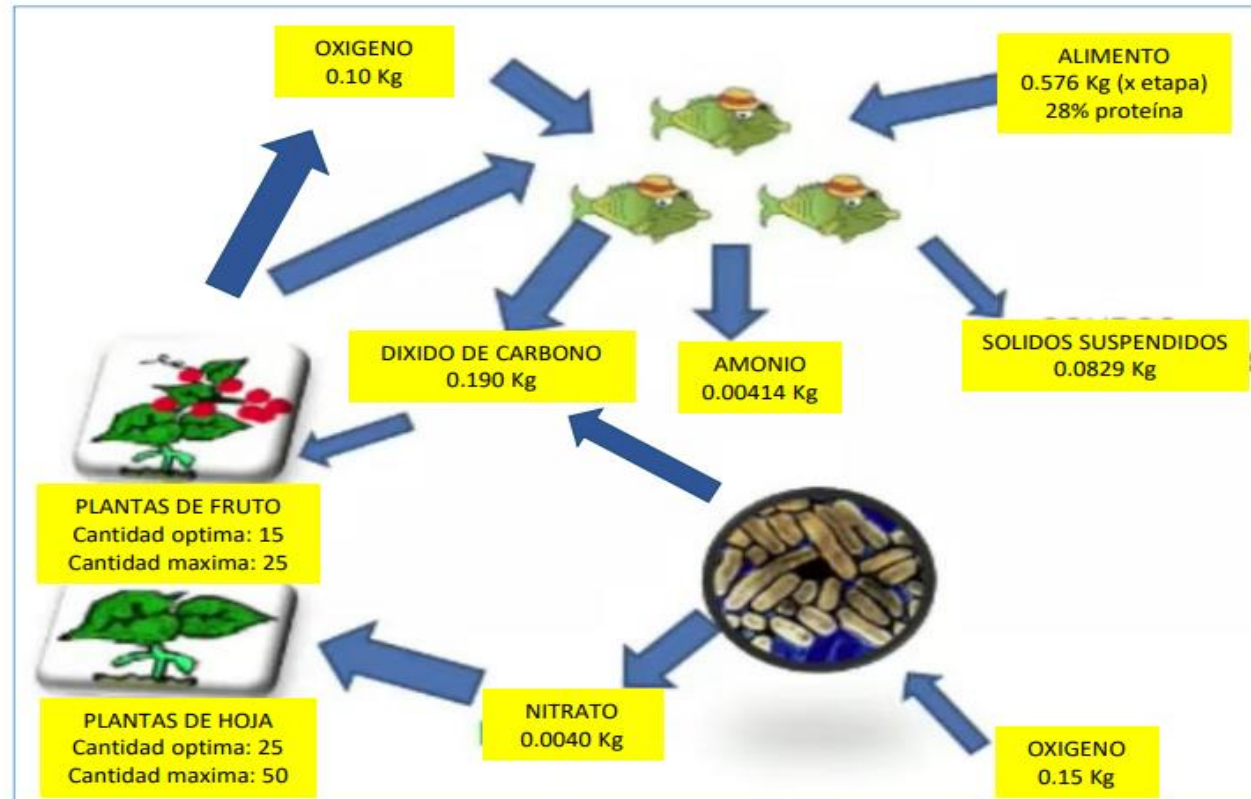
AQUATECH	Nombre	Calibre (mm)	Peso del pez (g)	Etapa de crianza
Tilapia 45	Pre Inicio I y II	0.3 x 1.0 / 1.5 x 2.0	Hasta 5	Post larva/Alevin I
Tilapia 40	Inicio	2.0 x 2.0	5 a 30	Alevin II
Tilapia 35	Crecimiento I	3.0 x 3.0	30 a 80	Juvenil I
Tilapia 32	Crecimiento II	4.0 x 4.0	80 a 180	Juvenil II
Tilapia 28	Engorde	6.0 x 6.0	180 a 350	Comercial I
Tilapia 28	Engorde	8.0 x 8.0	Mayor a 350	Comercial II

Fuente: Catalogo Aquatech Tilapia (2021)

Por lo tanto, **% proteína en alimento x 0.02576 = Cantidad de Nitrogeno Amoniacal**
Si los sólidos permanecen en el estanque entonces incrementa un 14.4%

Activar Windo
Ve a Configuración

BALANCE DE MATERIA GENERAL



Etapa-Biomasa x % Proteína = Cantidad Proteína

1	$0.567 \times 28\% = 0.161 \text{ Kg}$
2	$0.567 \times 28\% = 0.161 \text{ Kg}$

Alimento total $0.322 \div 1.152 = 0.28$

28%

PRODUCCIÓN DE AMONIA POR KILOGRAMO DE ALIMENTO

Porcentaje de Proteína x Constante de Producción de Amonia = Producción de Amonia por kilogramos de Alimento

$28\% \times 0.0257 = 0.00719 \text{ Kg}$

Si por cada Kg de alimento se producen 0.00719 Kg de Amonia, y según la ración diaria es de 0.576 Kg

Entonces: $0.576 \times 0.00719 = 0.00414 \text{ Kg/día}$