

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
**Comportamiento productivo de dos variedades de pepino (*Cucumis sativus*)
en un sistema acuapónico con cultivo de tilapia (*Oreochromis spp.*)**

Estudiante

Dania Gabriela Peinado Barrientos

Lucero Sheyla Popolizio Jopique

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

Ulises Barahona, MPH

Honduras, noviembre 2024

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	7
Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Materiales y Métodos	13
Ubicación	13
Producción Acuícola	14
Manejo Acuícola	15
Componentes Acuícolas	16
Biofiltros	16
Tanque de Fibra de Vidrio	16
Sistema de Aireación	17
Reservorio	18
Variables Acuícolas	19
Ganancia Diaria de Peso (GDP)	19
Índice de Conversión Alimenticia (ICA)	19
Sobrevivencia (%)	20
API® Freshwater Master Test Kit	20
Componente Hidropónico	20
Sistema NFT	20
Manejo Hortícola	21
Variables Hortícolas	21

Diseño Experimental y Análisis Estadístico	21
Resultados y Discusión.....	22
Características Físicoquímicas del Efluente del Sistema Acuapónico.....	22
Parámetros Físicoquímicos en el Tanque de Peces	22
Parámetros Físicoquímicos en el Reservorio	23
Temperatura	23
Oxígeno Disuelto.....	23
Variables Hortícolas de Desarrollo Fenológico	24
Altura Foliar (cm)	24
Grosor (mm).....	25
Cosecha	25
Indicadores de Productividad Acuícola.....	26
Sobrevivencia (%).....	26
Ganancia Diaria de Peso	27
Índice de Conversión Alimenticia.....	27
Conclusiones	28
Recomendaciones.....	29
Referencias.....	30
Anexos.....	32

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Variables acuícolas analizadas dentro del sistema acuapónico con tilapia roja (<i>Oreochromis spp</i>).	20
Cuadro 2 Parámetros de calidad de agua en el tanque de peces, cada muestra fue tomado con API test Kit.	22
Cuadro 3 Parámetros de calidad de agua en el reservorio, cada muestra fue tomado con API® freshwater master test kit	23
Cuadro 4 Parámetros de oxígeno disuelto y temperatura en el tanque de peces, las muestras fueron tomadas diariamente durante nueve semanas	24
Cuadro 5 Altura de la planta en la producción de pepino variedad Diamante y SV5433CN dentro de un sistema	24
Cuadro 6 Grosor de tallo en la producción de pepino variedad Diamante y SV5433CN dentro de un sistema acuapónico	25
Cuadro 7 Rendimiento N° frutos/plantas; kg/planta, y rendimiento (kg/ha) de producción de pepino variedad Diamante y SV5433CN dentro de un sistema acuapónico	26
Cuadro 8 Supervivencia, pesos promedios, ganancia diaria de peso (GDP) e índice de conversión alimenticia (ICA) de tilapia roja (<i>Oreochromis spp</i>) en un sistema acuapónico con pepino (<i>Cucumis sativa</i> var. Diamante y SV5433CN) en Zamorano, Honduras.....	27

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación geográfica del sistema acuapónico donde se realizó el experimento del comportamiento productivo de dos variedades de pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	13
Figura 2 Diseño 3D, sistema de la técnica de la película nutrientes (NFT).	14
Figura 3 Diagrama del biofiltro con conexiones de entrada y salida.	16
Figura 4 Representación del tanque fibra de vidrio	17
Figura 5 Representación de la conexión del sistema de aireación	18
Figura 6 Representación del reservorio	19

Índice de Anexos

Anexo A Día cero de trasplante de pepino (<i>Cucumis sativus</i>) en sistema acuapónico en la unidad de Acuicultura, Zamorano, Honduras.	32
Anexo B Día siete después del trasplante de pepino (<i>Cucumis sativus</i>) en sistema acuapónico en la unidad de Acuicultura, Zamorano, Honduras.	33
Anexo C Día 27 después del trasplante de pepino (<i>Cucumis sativus</i>) en sistema acuapónico en la unidad de Acuicultura, Zamorano, Honduras.	34
Anexo D Comparación del tratamiento uno y dos, cinco semanas después del trasplante en sistema acuapónico en la unidad de Acuicultura, Zamorano, Honduras.....	35
Anexo E Inicio de fructificación siete semanas después del trasplante en sistema acuapónico en la unidad de Acuicultura, Zamorano, Honduras.	36
Anexo F Pesaje de tilapia roja.	37
Anexo G Muestreo de pruebas químicas (pH, amonio, nitrito y nitrato)	38
Anexo H Muestras de Temperatura y análisis de agua.....	39
Anexo I Capas de materiales utilizados en el tanque biofiltro en sistema acuapónico en la unidad de Acuicultura, Zamorano, Honduras.	40
Anexo J Análisis de agua realizado por el Laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.	41
Anexo K Tabla ATA (American Tilapia Asociation)	42

Resumen

La producción acuapónica es la integración de la acuicultura y la hidroponía. El estudio tuvo como objetivo conocer el comportamiento productivo de dos variedades de pepino (*Cucumis sativa*) con cultivo de tilapia roja (*Oreochromis* spp.). Durante el estudio se registraron parámetros de calidad de agua como: pH, temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L), amonio (mg/L) nitritos (mg/L) y nitratos (mg/L). La calidad del agua se mantuvo dentro del rango permitido para el desarrollo óptimo de los peces. También, se evaluaron los indicadores acuícolas del cultivo de tilapia (*Oreochromis* spp.), el índice de conversión alimenticia (ICA) alcanzando un valor de 1.4, el porcentaje de supervivencia fue de 86%, la ganancia diaria de peso (GDP) obtuvo 1.5 g y la ganancia total de peso 85.3 g en un periodo de 73 días. En cuanto a la producción hortícola se estudiaron dos variedades de pepino (*Cucumis sativus*): Diamante-T1 y SV5433CN-T2. Las variables evaluadas fueron: altura foliar (cm), grosor del tallo (mm), rendimiento (kg/planta) y número de fruta por planta. Al final del ciclo de cultivo, la altura promedio de la variedad Diamante-T1 fue de 83.77 cm, mientras que la variedad SV5433CN-T2 alcanzó 43.90 cm. Para el grosor del tallo, la variedad Diamante-T1 presentó un valor de 0.67 mm, mayor a SV5433CN-T2 que obtuvo 0.60 mm. En cuanto a rendimiento, la variedad Diamante-T1 mostró un valor superior, obteniendo 3.37 kg/planta, con una producción de 14.63 frutos/planta y un rendimiento extrapolado estimado de 300,185.20 kg/ha. Estos resultados muestran diferencias significativas en el comportamiento productivo entre ambas variedades de pepino estudiadas, por lo que se concluye, que la variedad Diamante bajo condiciones experimentales del sistema acuapónico es más productiva en comparación a la variedad SV5433CN-T2.

Palabras clave: Acuicultura, acuaponía, hortícola, rendimiento.

Abstract

Aquaponic production is the integration of aquaculture and hydroponics. The objective of the study was to determine the productive behavior of two varieties of cucumber (*Cucumis sativa*) with red tilapia (*Oreochromis* spp.) culture. During the study, water quality parameters such as pH, temperature (°C), dissolved oxygen (mg/L), ammonium (mg/L), nitrite (mg/L) and nitrate (mg/L) were recorded. Water quality remained within the range allowed for optimal fish development. The aquaculture indicators of tilapia (*Oreochromis* spp.) culture were also evaluated: the feed conversion index (FCI) reached a value of 1.4, the survival rate was 86%, daily weight gain (DWG) was 1.5 g and total weight gain was 85.3 g in a period of 73 days. Regarding horticultural production, two varieties of cucumber (*Cucumis sativus*) were studied: Diamante-T1 and SV5433CN-T2. The variables evaluated were leaf height (cm), stem thickness (mm), yield (kg/plant) ,and number of fruits per plant. At the end of the growing cycle, the average height of the Diamante-T1 variety was 83.77 cm, while the SV5433CN-T2 variety reached 43.90 cm. For stem thickness, the Diamante-T1 variety presented a value of 0.67 mm, higher than SV5433CN-T2, which obtained 0.60 mm. In terms of yield, the Diamante-T1 variety showed a higher value, obtaining 3.37 kg/plant, with a production of 14.63 fruits/plant and a yield extrapolated from SV5433CN-T2 to SV5433CN-T2.

Keywords: Aquaculture, aquaponics, horticultural, yield.

Introducción

El crecimiento de la población humana a nivel mundial y sus necesidades incrementan sin límites año con año, mientras los recursos son cada vez más limitados. Según prevé la Organización de las Naciones Unidas (FAO, 2018), el aumento de la población mundial ascenderá aproximadamente a 9,600 millones de habitantes para el año 2050, también indica que será necesario el aumento del 60% de la producción de alimentos.

En diversas regiones del mundo, los recursos naturales, responsables de sustentar la vida humana están siendo fuerte y rápidamente degradados. Por esta razón se necesita principalmente aprender a maximizar la utilización de los recursos hídricos disponibles, espacios de producción y todos aquellos materiales utilizados para la producción de alimentos, esto con la finalidad de garantizar en el tiempo, una producción sostenible y amigable con el medio ambiente y asegurar nuestra existencia, calidad de vida y la de las futuras generaciones (López Jaime, 2017).

Por otro lado, el consumo mundial en términos per cápita de pescado se espera que alcance los 21.5 kg en 2030, en comparación a un consumo de 20.3 kg en 2016. En Latinoamérica se proyecta una tasa de crecimiento de consumo per cápita del 18%. Particularmente se predice que la producción acuícola continúe expandiéndose en diferentes países, donde se espera en Latinoamérica, un crecimiento del 49% más en la producción acuícola para el 2030 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018).

La acuicultura, como cualquier otra actividad pecuaria, juega un papel importante en la producción de alimentos, sin embargo, su expansión como actividad económica enfrenta desafíos para encontrar alternativas que minimicen los efectos o alteraciones producidos por los desechos en la cadena de producción, la interacción de estos dos factores puede dar lugar a problemas ambientales. El principal efecto de la acuicultura es el enriquecimiento de cuerpos de agua con nitrógeno y fósforo a este proceso se le conoce como eutrofización. Esta carga de nutrientes se libera

al agua por medio de desechos metabólicos de organismos acuáticos, alimento no consumido y sobre aplicación de fertilizantes para el crecimiento de algas (Ovando Solís, 2013).

El amoníaco producido por los desechos de la producción acuícola obligó al desarrollo de soluciones innovadoras, y así fue como el año 1970 tomó forma la acuaponía, donde investigadores integraron y combinaron la producción de alimentos por medio de dos componentes, el componente hidropónico que se refiere al cultivo de plantas sin suelo y la acuicultura que se refiere a la cría de organismos acuáticos (Morales et al., 2023). Esta técnica de producción representa una alternativa para contribuir con la seguridad alimentaria y la sostenibilidad en la cadena de producción. La acuaponía permite el reciclaje de agua y nutrientes en un sistema completamente cerrado, esto fomenta una producción sostenible y resiliente (Vargas Martinez, 2023).

La nitrificación, es un proceso biológico natural y fundamental en la producción acuapónica, para la conversión del amonio proveniente del componente acuícola. La nitrificación está compuesta en dos fases, siendo la primera la nitrificación amoniacal, donde intervienen bacterias del género *Nitrosomonas*, estas convierten el amonio (NH_3) presente en nitritos (NO_2^-), en la segunda fase intervienen las bacterias del género *Nitrobacter*, estas utilizan el nitrito de la primera fase y lo convierten en nitratos (NO_3^-), siendo esta una fuente de nutrientes asimilable y aprovechable para las plantas (Pérez Muñoz, 2018).

El sistema de producción acuapónica está compuesto por las siguientes partes: pecera, biofiltros (espacio donde se desarrollan las bacterias nitrificantes), canales o tanques de cultivo y reservorio, a partir de este punto el agua recircula nuevamente a la pecera. Las especies más utilizadas en el componente acuícola en acuaponía son la tilapia y la trucha, por su disponibilidad y adaptación. Existen diversas especies de plantas que se adaptan a este sistema de producción, entre los factores a considerar para la elección de la especie está el manejo y el factor económico. Dentro de las especies vegetales utilizadas para la producción acuapónica se encuentra el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) (López Jaime, 2017). Por lo tanto, se planteó como objetivo, evaluar el comportamiento productivo

de dos variedades de pepino (*Cucumis sativus*) en un sistema hidropónico NFT, utilizando el efluente del cultivo de tilapia (*Oreochromis* spp).

Materiales y Métodos

Ubicación

El proyecto se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicado en el Valle de Yegüare, Francisco Morazán, Honduras, particularmente en la Unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer” (Figura 1). El comienzo de la construcción del sistema acuapónico fue en el mes de mayo, y el inicio del experimento fue el 30 de junio finalizando el 23 de agosto del 2024, la instalación del experimento se encontraba a una elevación de aproximadamente 759 msnm, con una temperatura media anual de 24 °C.

Figura 1

Ubicación geográfica del sistema acuapónico donde se realizó el experimento del comportamiento productivo de dos variedades de pepino (Cucumis sativus)



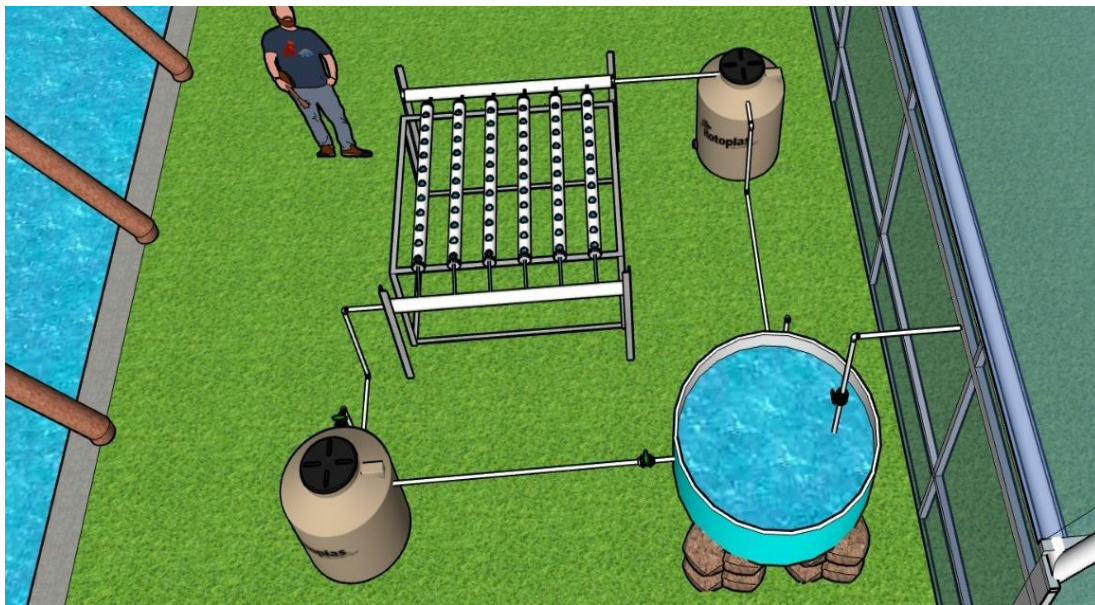
Nota. Elaboración propia, punto rojo indica ubicación del sistema.

Descripción y Diseño de Sistema Acuapónico

La acuaponía es la integración de la acuicultura e hidroponía, corresponde a un sistema de recirculación acuícola donde los desechos producidos por los organismos acuáticos se convierten en los nutrientes necesario para el crecimiento de las plantas (Alcarraz Quispe et al., 2018). Actualmente se han desarrollado diversos sistemas de producción en solución nutritiva, particularmente el más utilizado a nivel mundial es la técnica de la película nutrientes (NFT) para el cultivo de hortalizas como pepino. Por otro lado, esta técnica consiste en generar una lámina recirculante de solución nutritiva dentro de tubes PVC (Rendon Aquino, 2013).

Figura 2

Diseño 3D, sistema de la técnica de la película nutrientes (NFT).



Nota. Elaborado en SketchUp®.

Producción Acuícola

El estudio se llevó a cabo mediante el uso de un tanque de fibra de vidrio de 96 cm de diámetro × 48 cm de altura, teniendo una capacidad volumétrica de 0.42 m³. Se realizó la siembra de 22 peces, diez días antes del trasplante esto para el acondicionamiento de los peces y la deposición de materia orgánica, además de permitir la activación y colonización de bacterias nitrificadoras; estos

microorganismos abarcan espacio suficiente, para posteriormente cumplir con sus funciones en el biofiltro. El tiempo de permanencia de los peces en el tanque fue un total de 73 días.

El efluente del tanque de peces suministró agua al filtro por gravedad y fue regulado por medio de una válvula de bola de PVC. El sistema de filtración cumplía con dos funciones esenciales, la filtración mecánica y biológica. Una vez que el agua pasaba por los materiales filtrantes, era impulsada mediante una bomba sumergible, esta inyectaba el efluente hacia el sistema hidropónico a través de una tubería PVC de 1.27 cm, asegurando una distribución eficiente y continua del agua en el sistema.

Seguidamente, el agua se transportaba por gravedad hacia el reservorio, gracias a una pendiente del 2% en la infraestructura instalada. Asimismo, por medio de un sistema de bombeo sumergible se retornaba el agua al tanque de peces, garantizando así un flujo continuo y adecuado para el mantenimiento de las condiciones óptimas en el cultivo.

Manejo Acuícola

Se utilizó en el sistema acuapónico la especie *Oreochromis* spp. o comúnmente llamada tilapia roja, esta especie es el resultado del cruzamiento de tilapias hembras de Mozambique de color mutante con tilapias machos del Nilo, azul o Zanzibar, su cultivo es altamente difundido en Asia, Latinoamérica y el Caribe (Zhu et al., 2017).

Los peces fueron proporcionados por la Unidad de Acuicultura "Daniel E. Meyer", que presentaban un peso promedio de 100 g/pez al iniciar el experimento. El alimento suministrado fue de la marca comercial Alcon para tilapia con un porcentaje de 32% de proteína cruda, se realizaron dos jornadas de alimentación al día (am/pm). Finalmente, el agua utilizada para el llenado del tanque de peces se extrajo de la laguna ubicada en la Unidad de Acuicultura. El llenado se realizó 10 días antes del trasplante.

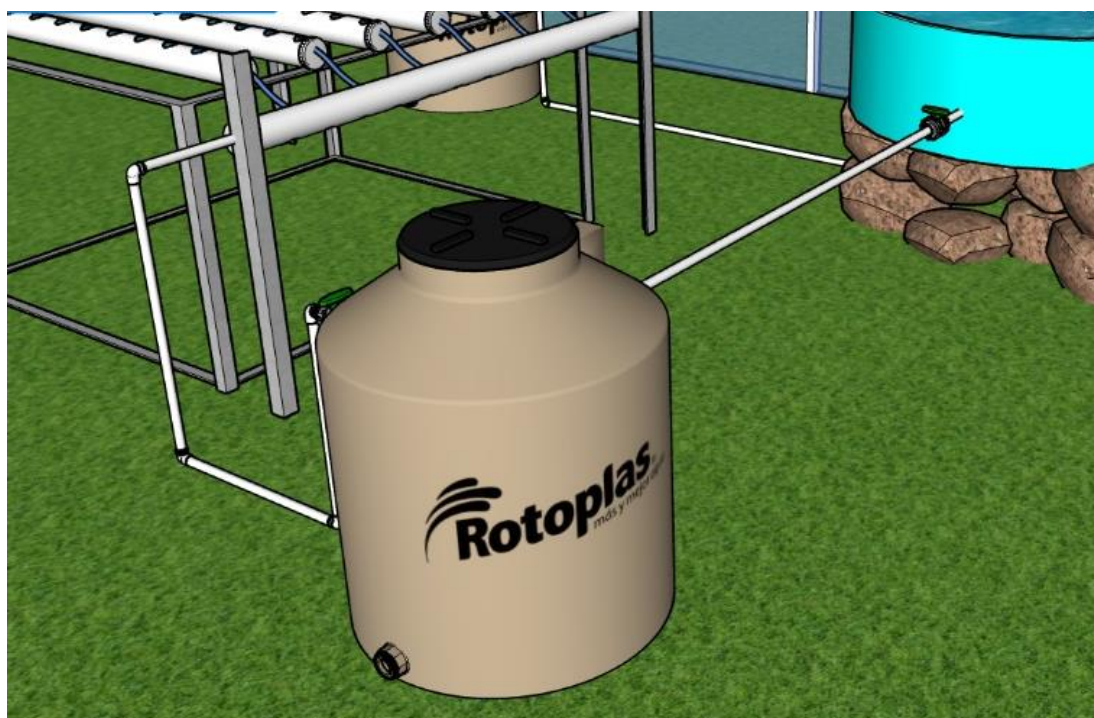
Componentes Acuícolas

Biofiltros

El sistema contó con un biofiltro (Figura 3) con capacidad de 1000 L, integrando simultáneamente un filtro mecánico y biológico. Para el componente mecánico, se utilizaron dos materiales: grava y teja, los cuales favorecieron la retención de partículas sólidas. A su vez, estos materiales proporcionaron una superficie adecuada para el crecimiento de bacterias nitrificantes, como *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*, responsables del proceso de nitrificación, con la finalidad de mejorar la calidad del agua. Además, el biofiltro contenía una bomba sumergible de la marca Little Giant 1440 L/h, encargada de enviar el agua mediante tuberías PVC a la mesa del sistema hidropónico.

Figura 3

Diagrama del biofiltro con conexiones de entrada y salida.



Tanque de Fibra de Vidrio

En el sistema, se usó un tanque de fibra de vidrio (Figura 4) con un diámetro de 96 cm × 48 cm de altura, obteniendo una capacidad volumétrica de 0.42 m³. En el tanque se cultivó 20 peces con un peso promedio de 100 g/pez.

Figura 4

Representación del tanque fibra de vidrio



Sistema de Aireación

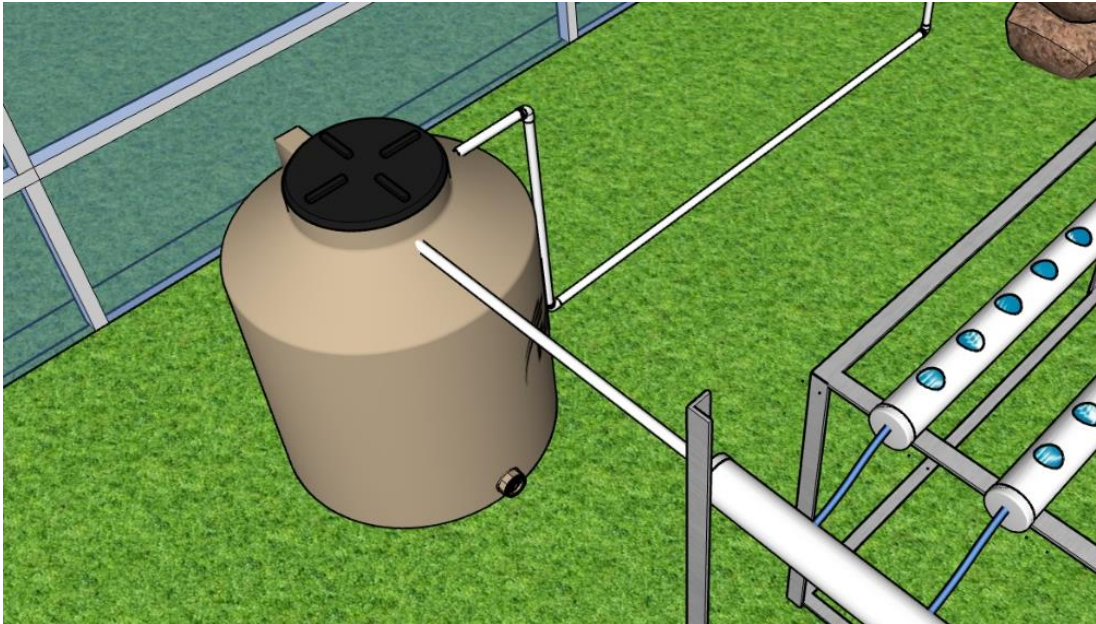
La aireación del tanque se tomó a partir de la extensión del sistema de aireación de la Unidad de la Acuicultura "Daniel E. Meyer" (Figura 5). Se transportó a través de una tubería PVC de 1.27 cm. Esta fue regulada por una válvula PVC y distribuida por una manguera difusora, al tanque de peces, este sistema abastecía de oxigenación las 24 horas del día, durante el periodo de permanencia de los peces dentro tanque de fibra.

Figura 5

Representación de la conexión del sistema de aireación

**Reservorio**

El tanque reservorio (Figura 6) con una capacidad de 1000 L, cumplió con la función de recolectar el flujo de agua proveniente de la mesa de cultivo y suministraba un flujo constante de agua al tanque de peces, por medio de una bomba sumergible con capacidad de 1440 L/h y una potencia de $\frac{1}{2}$ Hp de fuerza.

Figura 6*Representación del reservorio***Variables Acuícolas*****Ganancia Diaria de Peso (GDP)***

En el cultivo de tilapia, se midieron los parámetros tales como ganancia diaria de peso (GDP), índice de conversión alimenticia (ICA) y tasa de sobrevivencia. La ganancia diaria de peso es un indicador que determina el peso parcial o final de un organismo (Tapia Fierro y Díaz Díaz, 2016). Para el cálculo de este indicador se aplicó siguiendo la fórmula 1.

$$GDP = \frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Edad (días)}} \quad [1]$$

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

El índice de conversión alimenticia (ICA) es la medida convencional de la eficiencia de la producción animal: el peso del alimento ingerido y dividido por el peso ganado por el animal. Los valores de ICA más bajos indican una mayor eficiencia 1.0 a 2.4 para peces. Los organismos acuáticos presentan índices de conversión alimenticia (ICA) más bajos en comparación con los organismos terrestres debido a dos factores clave: su capacidad de flotación y su naturaleza ectotérmica (de

sangre fría). Al ser organismos boyantes, requieren menos energía para mantenerse a flote, y al ser de sangre fría, no gastan energía en regular su temperatura corporal, lo que optimiza su eficiencia energética (Fry et al., 2018). El ICA se calculó por medio de la fórmula 2.

$$ICA = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado (g)}}{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}} \quad [2]$$

Sobrevivencia (%)

Se realiza el cálculo de la sobrevivencia para evaluar la mortalidad de los peces a lo largo del experimento, permite conocer las pérdidas que dentro de un tiempo determinado (Pérez M et al., 2015), para el cálculo de este indicador se aplicó la fórmula 3.

$$S = \frac{\text{Peces cosechados}}{\text{Peces sembrado}} \times 100 \quad [3]$$

Cuadro 1

Variables acuícolas analizadas dentro del sistema acuapónico con tilapia roja (Oreochromis spp).

Variable	Unidad
Peso	g
Crecimiento diario	g/día
ICA	g/g
Sobrevivencia	%

Nota. g=gramo; g/día= gramo por día; ICA= Índice de Conversión Alimenticia; %= Porcentaje.

API® Freshwater Master Test Kit

Se extrajo cuatro muestras de 5 mL de agua de forma individual en un tubo de ensayo del tanque de peces y del tanque reservorio. Posteriormente siguiendo las instrucciones del manual API test kit, se realizaron las siguientes pruebas químicas: pH, concentración de amonio (mg/mL), nitritos (mg/mL) y nitratos (mg/mL).

Componente Hidropónico

Sistema NFT

El componente hidropónico constó de una estructura metálica de 2.25 m de largo × 2.10 m de ancho × 1.15 m de altura. Sobre la estructura metálica se colocaron seis tubos PVC a una distancia de 30 cm, cada tubo contenía ocho perforaciones a una distancia de 25 cm, teniendo un total de espacios

para 48 plantas. Dentro de cada postura se colocó una canastilla hidropónica para el soporte de las raíces.

Manejo Hortícola

Las plantas utilizadas dentro del experimento fueron proporcionadas por el módulo de propagación de plantas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Se utilizaron dos tipos de variedades de pepino (*Cucumis sativus*) como cultivos, las variedades empleadas fueron Diamante y SV5433CN. Las plántulas (48 plántulas) fueron trasladadas al sistema acuapónico 12 días posterior a su germinación, la cosecha se inició a los 47 días después del trasplante. Cabe mencionar que el manejo se realizó libre de incorporación de fertilizantes químicos y pesticidas, la producción inició y concluyó con la fuente de nutrientes provenientes de las excretas de los peces.

Variables Hortícolas

De manera semanal se midieron las siguientes variables: altura foliar (cm) y diámetro (mm) de las dos variedades de pepino: Diamante y SV5433C. La recolección de datos se realizó en toda la población del experimento (24 plantas por tratamiento). Se utilizó una cinta métrica para medir el crecimiento de altura foliar y un vernier para medir el crecimiento en diámetro de las plantas. La variable producción se midió al finalizar el ciclo del cultivo, 47 días después del trasplante se inició con la recolección de frutos con características comerciales tales como el largo (mínimo de 18 cm). Posteriormente se registró el peso en kg con ayuda de una balanza.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, con dos tratamientos y 24 repeticiones, dando como resultado 48 unidades experimentales, y evaluando las siguientes variables de respuesta: altura y diámetro de plantas (cm), rendimiento (kg) y ganancia de peso diario de peces (g), índice de conversión alimenticia (ICA) y sobrevivencia de peces (%). En el análisis estadístico de datos, se utilizó la prueba t de Student que examina dos muestras con fundamentos de homogeneidad en sus varianzas, muestras independientes y con una distribución normal (Sánchez y Turcios, 2015).

Resultados y Discusión

Características Físicoquímicas del Efluente del Sistema Acuapónico

Se registraron cuatro parámetros de calidad de agua medidos en el tanque de fibra de vidrio con capacidad de 0.42 m³ de igual forma se midió en el tanque biofiltro con capacidad de 1 m³ (Cuadro 2).

Parámetros Físicoquímicos en el Tanque de Peces

Cuadro 2

Parámetros de calidad de agua en el tanque de peces, cada muestra fue tomado con API test Kit.

Parámetros	Promedio Tanque de peces	Rango	
		Mínimo (mg/L)	Máximo (mg/L)
Amonio (NH ₄ ⁺) (mg/L)	2.33	1	4
Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	5.56	5	10
Nitrito (NO ₂ ⁻) (mg/L)	1.56	0.5	2
pH	7.4	7	7.6

Los parámetros analizados indican que el tanque de peces presenta condiciones generalmente adecuadas para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis spp*). Los valores promedio de amonio variaron de 1 a 4 mg/L con una media de 2.33 mg/L. Por otro lado, el nitrato presenta una fluctuación entre 5 y 10 mg/L y un promedio de 5.56 mg/L dentro del rango aceptable para la producción de tilapia, así como lo mencionan (Bautista Covarrubias y Ruiz Velazco, Javier Marcial de Jesús, 2011), los niveles de nitrato entre 0 y 40 mg/L son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 80 mg/L puede ser tóxico. Por otro lado, se debe prestar atención al máximo permitido del nitrito, ya que en la investigación se observó un valor de 2 mg/L, aunque el promedio se encuentra dentro del límite seguro, el nitrito es altamente tóxico incluso en bajas concentraciones, coincidiendo con el estudio realizado por Kubitzka (1998). Por último, el pH presentó variaciones entre 7 a 7.6 mg/L con un promedio de 7.4 los rangos son favorable para el crecimiento y la salud de los peces, ya que valores extremos pueden causar estrés y afectar la actividad alimentaria y el metabolismo.

Parámetros Fisicoquímicos en el Reservorio

Cuadro 3

Parámetros de calidad de agua en el reservorio, cada muestra fue tomado con API® freshwater master test kit

Parámetros	Promedio Reservorio	Rango	
		Mínimo (mg/L)	Máximo (mg/L)
Amonio (NH ₄ ⁺) (mg/L)	0.75	0.25	2
Nitrato (NO ₃ ⁻) (mg/L)	1.67	0	5
Nitrito (NO ₂ ⁻) (mg/L)	0.78	0	2
pH	7	6.8	7.2

Los parámetros analizados indican que las condiciones del reservorio son adecuadas para el cultivo de pepinos. Según los resultados se puede afirmar que el amonio está en 0.75 mg/L, dentro de un rango aceptable, pero su toxicidad podría aumentar en concentraciones mayores, afectando el crecimiento. El nitrato, a 1.67 mg/L, es bajo en comparación con lo recomendado para cultivos de pepino, que debe ser mayor para un desarrollo óptimo idealmente entre 5-15 mg/L. El nitrito, con 0.78 mg/L, está cercano al límite superior, lo que podría causar estrés a las plantas si se acumula. Finalmente, el pH en 7 es ligeramente alcalino, por lo que sería recomendable ajustarlo hacia un valor más ácido, entre 5.5 y 6.5, para optimizar la absorción de nutrientes como hierro y manganeso.

Temperatura

El rango promedio presentado en el tanque fibra de vidrio fue de 24.31 °C, con temperatura mínima de 22 °C y una máxima de 31.8 °C (Cuadro 4). Estos valores se encuentran dentro del intervalo aceptable, ya que los rangos óptimos de temperatura oscilan entre 20-30 °C, la tilapia puede soportar temperaturas bajas. Sin embargo, a temperaturas menores de 15 °C no crecen (Saavedra Martinez, 2006)

Oxígeno Disuelto

El promedio obtenido en el tanque de peces fue de 5.78 mg/L, determinado con una mínima de 3.2 mg/L y un máximo de 8 mg/L (Cuadro 4). Rangos que según (González, 2019) recomienda la

existencia de más de 3 mg/L. En sistemas intensivos debe ser más de 5 mg/L que es el punto ideal de saturación.

Cuadro 4

Parámetros de oxígeno disuelto y temperatura en el tanque de peces, las muestras fueron tomadas diariamente durante nueve semanas

Parámetros	Promedio Tanque de peces	Rango	
		Mínimo	Máximo
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5.78	3.2	8
Temperatura (°C)	24.31	22	31.2

Variables Hortícolas de Desarrollo Fenológico

Altura Foliar (cm)

Los resultados del análisis de promedios de la variable altura muestran que, a partir de la tercera semana del experimento, hubo diferencias entre los dos tratamientos variedad Diamante (T1) y variedad SV5433CN (T2) ($P = 0.0025$). Al finalizar las nueve semanas del cultivo, las variedades Diamante y la SV5433CN alcanzaron una altura foliar de 83.76 cm y 43.9 cm, respectivamente ($P = 0.0001$). A diferencias de otros estudios, como el realizado por Aguilar Ramírez (2022) donde se alcanzó una altura de 125 cm al finalizar el ciclo productivo de pepino.

Cuadro 5

Altura de la planta en la producción de pepino variedad Diamante y SV5433CN dentro de un sistema acuapónico

Tratamiento	Semanas (Altura cm)								
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Diamante	10.64	15.05	19.90	34.42	48.33	61.03	73.75	83.54	83.77
SV5433CN	10.50	15.01	17.93	26.38	32.93	34.71	38.38	41.14	43.90
EE±	0.145	0.299	0.615	1.153	1.114	2.084	2.73	2.80	2.95
Valor P	0.334	0.879	0.003	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. Valores con medias significativas ($P \leq 0.05$); EE±= Error estándar

Grosor (mm)

Los valores promedios obtenidos, indican que a partir de la sexta semana del experimento se identificaron diferencias ($P = 0.0473$) entre los dos tratamientos, con diámetros de 0.58 mm (Diamante) y 0.53 mm (SV5433CN), respectivamente. A lo largo de las semanas posteriores, el grosor alcanzado fue de 0.67 mm y 0.59 mm para Diamante y SV5433CN, respectivamente ($P = 0.0047$).

Cuadro 6

Grosor de tallo en la producción de pepino variedad Diamante y SV5433CN dentro de un sistema acuapónico

Tratamiento	Semanas (Grosor mm)								
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
Diamante	0.21	0.34	0.39	0.50	0.53	0.58	0.63	0.67	0.67
SV5433CN	0.21	0.28	0.28	0.43	0.46	0.53	0.55	0.58	0.60
EE±	0.4877	0.5261	0.017	0.114	0.020	0.022	0.022	0.024	0.024
Valor P	0.006	0.095	<.0001	0.526	0.0026	0.0472	0.0016	0.0004	0.0047

Nota. Valores con medias significativas ($P \leq 0.05$); EE±= Error estándar

Cosecha

Los resultados obtenidos muestran diferencias en el número de frutos/planta, peso en kg/planta y rendimiento por hectárea (Cuadro 7). El promedio del No. de frutos/planta fue de 14.63 (var. Diamante) y 2.57 (var. SV5433CN), respectivamente. Esta diferencia de 12.06 frutos indica un rendimiento notablemente superior de la variedad Diamante. Comparando estos resultados con otros estudios, donde se reportó un promedio de 19 frutos por planta en condiciones similares (Vivanco y Byron, 2022) se obtuvo un número de frutos inferior.

En términos de peso, la variedad Diamante mostró un promedio de 3.37 kg/planta en comparación con 0.20 kg/planta para el híbrido SV5433CN. Al comparar estos resultados con los reportados por (M. García-Ulloa et al., 2005) en el año 2005 donde se produjeron 5 kg de pepino, se observa que el rendimiento de Diamante, aunque superior al de SV5433CN, obtuvo una menor productividad en comparación a estudios previos con condiciones experimentales similares.

En el caso de la variable, rendimiento en kilogramos por hectárea (kg/ha), presentó diferencias ($P = 0.0001$). El promedio de rendimiento de la variedad Diamante es notablemente superior al de la variedad SV5433CN, siendo su rendimiento de 300,185.20 kg/ha y 16,055.43 kg/ha, respectivamente. En otros estudios realizados se reporta un rendimiento de 225,000 kg/ha en condiciones acuapónicas similares, presentando así la variedad Diamante un rendimiento superior a lo reportado por Cervantes et al. (2015).

Cuadro 7

Rendimiento N° frutos/plantas; kg/planta, y rendimiento (kg/ha) de producción de pepino variedad Diamante y SV5433CN dentro de un sistema acuapónico

Tratamiento	N° Frutos/planta	kg/planta	kg/ha
Diamante	14.63	3.37	300185.20
SV5433CN	2.57	0.20	16055.43
EE±	0.636	0.096	7783
Valor P	<.0001	<.0001	0.0001

Nota. Valores con medias significativas ($P \leq 0.05$); EE±= Error estándar; kg/ha es un dato extrapolado

Indicadores de Productividad Acuícola

Los parámetros de productividad acuícola iniciaron con la medición del pesaje inicial de peces, al comenzar el experimento y al finalizar el proyecto tomando el peso final a los 73 días.

Sobrevivencia (%)

El porcentaje de sobrevivencia fue de 86% durante los 73 días que se mantuvieron los peces en el tanque del sistema acuapónico (Cuadro 8). Estudios previos realizados en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano han registrado un porcentaje de sobrevivencia del 74% para la zona (Criollo Vinuesaeria, 2015). El promedio de sobrevivencia obtenido en el experimento se ubica 12% arriba de los valores reportados dentro de la zona.

Cuadro 8

Sobrevivencia, pesos promedios, ganancia diaria de peso (GDP) e índice de conversión alimenticia (ICA) de tilapia roja (Oreochromis spp) en un sistema acuapónico con pepino (Cucumis sativa var. Diamante y SV5433CN) en Zamorano, Honduras

N° Final de peces	Sobrevivencia (%)	Peso promedio (g)		GDP (g)	ICA
		Inicial	Final		
19	86	102.2	185.3	1.4	1.5

Nota. GDP: ganancia diaria de peso, ICA: índice de conversión alimenticia

Ganancia Diaria de Peso

La ganancia diaria de peso (GDP) fue 1.4 g/pez (Cuadro 8). Según la American Tilapia Association (ATA, 2004) este parámetro está dentro del valor normal de productividad de tilapia. Al finalizar el periodo experimental de nueve semanas, los peces ganaron un peso de 83.1 g, esta ganancia de peso es superior a lo reportado por García-Ulloa et al. (2005), quien indica una ganancia de peso de 25 g en un periodo de 10 semanas.

Índice de Conversión Alimenticia

El índice de conversión alimenticia al finalizar los 73 días de duración del ensayo fue de 1.5 (Cuadro 8). Este resultado se encuentra en el rango aceptable para la especie tilapia, que oscila entre un 1.4-1.8. El ICA indica cuantos kilogramos de alimento se necesita para obtener un kilogramo de peso corporal (Somerville et al., 2022).

Conclusiones

La variedad Diamante mostró un crecimiento superior en altura de follaje y diámetro de tallo en comparación con SV5433CN a lo largo del ciclo de cultivo en el sistema acuapónico con tilapia.

El rendimiento por planta de la variedad Diamante fue mayor en comparación con la variedad SV5433CN, indicando así que la variedad Diamante bajo las condiciones experimentales del sistema acuapónico es más productiva que la variedad SV5433CN.

Recomendaciones

Realizar investigaciones en distintas etapas de crecimiento de la tilapia para evaluar su aporte nutricional y su efecto en el rendimiento del cultivo de pepino.

Se sugiere investigaciones incluyendo biofertilizantes.

Realizar un análisis económico sobre la rentabilidad de este proyecto acuapónico.

Referencias

- Alcarraz Quispe, E. W., Bustamante Pezoa, A., Escalona Contreras, V. H., Gonzales, W., Tapia Figura, M. L. y Tapia Laguna, O. (2018). Evaluación de la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en los sistemas acuapónico e hidropónico. *Anales Científicos*, 79, Artículo 1. https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1145/pdf_76
- Bautista Covarrubias, J. C. y Ruiz Velazco, Javier Marcial de Jesús (2011). Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente*(8). <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>
- Criollo Vinuesaeria, V. M. (2015). *Tiempo óptimo de cosecha de la tilapia gris (Oreochromis niloticus) en Zamorano, Honduras* [Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras]. [bdigital.zamorano.edu. https://bdigital.zamorano.edu/items/f563c937-9751-4d2f-ab98-d09f9750e6a1](https://bdigital.zamorano.edu/items/f563c937-9751-4d2f-ab98-d09f9750e6a1)
- González, F. (2019). *Indicadores de Producción - Parámetros Físicos y Químicos del agua para Tilapias*. <https://www.pisciculturaglobal.com/indicadores-de-produccion-parametros-fisicos-y-quimicos-del-agua-para-tilapias/>
- López Jaime, J. A. (2017). *Cultivo acuapónico: Guía especializada*. <https://cifalmalaga.org/wp-content/uploads/2020/04/2019.11.07-LIBRO-ACUAPONIA.pdf>
- M. García-Ulloa, C. León, F. Hernández y R. Chavéz (2005). Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 9(1), Universidad de Colima. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83709105>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2018). *El consumo de pescado en América Latina y el Caribe crecerá un 33% para 2030*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <https://www.fao.org/honduras/noticias/detail-events/es/c/1144773/>
- Ovando Solís, M. (2013). La Acuicultura y sus efectos en el medio ambiente. *Revista Espacio I+D Innovación Más Desarrollo*, 2(3), 61–80. <https://doi.org/10.31644/IMASD.3.2013.a04>
- Pérez M, M., Sáenz R., M. y Martínez G., E. (2015). Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi - intensivos. *Universitas (León). Revista Científica de la UNAN-León. Vicerrectoría de Investigación, Postgrados y Proyección Social*, 6(1), 66–70. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.232908>
- Pérez Muñoz, J. A. (2018). *Evaluación del proceso de nitrificación en un sistema de fangos activados mediante técnicas respirométricas y su relación con bioindicadores y variables de proceso* [Tesis de posgrado]. Universidad Politécnica de Valencia, España. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/179037/Perez%20-%20Evaluacion%20del%20proceso%20de%20nitrificacion%20en%20un%20sistema%20de%20fangos%20activos%20mediante%20tecnicas...pdf>
- Rendon Aquino, Y. (2013). *Sistema Aeroponicos en agricultura protegida* [Especialización en Química Aplicada]. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/420/1/Yesica%20Rendon%20Aquino.pdf>

- Saavedra Martínez, m. A. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*.
<https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. y Lovatelli, A. (2022). *Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas* (589^a ed.). FAO.
<https://cifalmalaga.org/wp-content/uploads/2020/04/2019.11.07-LIBRO-ACUAPONIA.pdf>
<https://doi.org/10.4060/i4021es>
- Tapia Fierro, G. R. y Díaz Díaz, M. G. (2016). *Ganancia diaria de peso y evaluación del desarrollo del aparato reproductor en vaquillas comparando Nutriplex® y Fós Reprodução® como sales minerales* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/a71c4fe2-5306-4d91-b235-203916e9d80f/content>
- Vargas Martínez, L. R. (2023). *La acuaponía como estrategia de seguridad alimentaria en zonas rurales: un análisis bibliométrico* [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás, Colombia].
repository.usta.edu.co. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/52746>
- Vivanco, V. y Byron, W. (2022). *Efecto del biofertilizante a base de espirulina (Arthrospira platensis) sobre la productividad de pepino (Cucumis sativus) en un sistema acuapónico con tilapia roja (Oreochromis sp.)* [Tesis de pregrado]. Universidad de las fuerzas armadas, Ecuador.
<https://repositoriobe.espe.edu.ec/server/api/core/bitstreams/0ff03c5b-3eda-4330-8a25-b90a8ec303eb/content>

Anexos**Anexo A**

Día cero de trasplante de pepino (Cucumis sativus) en sistema acuapónico en la unidad de Acuacultura, Zamorano, Honduras.



Anexo B

Día siete después del trasplante de pepino (Cucumis sativus) en sistema acuapónico en la unidad de Acuacultura, Zamorano, Honduras.



Anexo C

Día 27 después del trasplante de pepino (Cucumis sativus) en sistema acuapónico en la unidad de Acuacultura, Zamorano, Honduras.



Anexo D

Comparación del tratamiento uno y dos, cinco semanas después del trasplante en sistema acuapónico en la unidad de Acuacultura, Zamorano, Honduras



Nota. Tratamiento uno y dos primera y segunda imagen respectivamente

Anexo E

Inicio de fructificación siete semanas después del trasplante en sistema acuapónico en la unidad de Acuacultura, Zamorano, Honduras.



Anexo F

Pesaje de tilapia roja.



Anexo G

Muestreo de pruebas químicas (pH, amonio, nitrito y nitrato)



Anexo H

Muestras de Temperatura y análisis de agua.



Anexo I

Capas de materiales utilizados en el tanque biofiltro en sistema acuapónico en la unidad de Acuacultura, Zamorano, Honduras.



Anexo J

Análisis de agua realizado por el Laboratorio de suelos de la Escuela Agrícola Panamericana,
Zamorano.



ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA LABORATORIO DE SUELOS ZAMORANO			
LSZ-MC-F31 INFORME DE RESULTADOS	ANÁLISIS DE AGUAS	Versión	2

Sistema de Gestión de Calidad ISO/IEC 17025

Solicitante	Fecha Ingreso Muestra	Fecha Envío Informe	Página
Tesis Lucero	2024-09-02	2024-10-10	1 de 1
Dirección del cliente	N° Lote de Análisis	Informe N°	Procedencia de la muestra
EAP Zamorano	2024-24	2024-226.b	EAP Zamorano

Este informe sustituye cualquier versión anterior


Código Interno Lab.	Muestra	mg/L												
		Cationes					Aniones				Micronutrientes			
		Ca	Mg	K	Na	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	Cu	Fe	Mn	Zn
24-AR-2832	Tesis Lucero	12.54	3.43	19.50	16.74	0.31	11.40	ND	34.16	18.24	0.02	0.11	ND	0.01

ND: NO DETECTADO

Interpretación de Resultados	
pH	7.14 ligeramente alcalino
C.E.	232.66 µS/cm no hay problema de salinización
SAR	1.080 sin riesgo de alcalinización
Normas Riverside, Blasco y de la Rubia	C1 S1. Baja salinidad, se pueden regar todos los cultivos y suelos salvo los de mal drenaje. Aguas con bajo contenido en sodio, su uso no presenta problemas, solo en algunos frutales muy sensibles.
Fitotoxicidad por cloro	No hay problema
Fitotoxicidad por sodio	Sin problemas en riego por aspersión.
Dureza (CaCO ₃ mg/L)	45.48 agua levemente dura

Métodos: K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn: determinados por Absorción atómica. CO₃²⁻ y HCO₃⁻: Volumetría. Cl⁻: Volumetría con AgNO₃. Dureza: Espectrometría de Absorción Atómica.

El laboratorio no se hace responsable por el estado de la muestra al ingresar a nuestras instalaciones. Los resultados se relacionan solo con las muestras recibidas. El laboratorio se exonera de responsabilidad por reproducción parcial o total del informe, o el uso que pueda darsele. El lote de análisis remite la fecha de ejecución de análisis.

Vo. Bo. 
Dr. Ricardo Peña Venegas
Director Unidad de Suelos


Ing. Eunice Aguilera Núñez
Responsable del análisis



E-mail: laboratoriosuelos@zamorano.edu, Tel: (504) 2287-2000 ext. 2316 Fax: (504) 2287-6242 Cel: +5049969-6846
Laboratorio de Suelos, Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria Apartado Postal # 93 Tegucigalpa-Honduras. Km 30 Carret. Danlí

Anexo K

Tabla ATA (American Tilapia Association)

Peso (g)	SGR	FCR	%BWD	Peso (g)	SGR	FCR	%BWD
0.5		1.04	14.8	309	1.4	1.7	2.3
1		1.05	14.6	337	1.2	1.73	2.1
3	13.5	1.07	14.4	365	1.1	1.73	2
5	8.5	1.12	9.5	393	1.1	1.73	1.9
7	6	1.17	7	422	1	1.73	1.8
10	5.4	1.21	6.5	451	0.9	1.73	1.6
13	5.1	1.21	6.2	480	0.9	1.74	1.5
17	4.7	1.21	5.7	509	0.8	1.74	1.5
22	4.8	1.21	5.8	538	0.8	1.75	1.4
29	4.5	1.25	5.6	567	0.7	1.85	1.4
37	3.9	1.28	5	596	0.7	1.87	1.3
46	3.6	1.3	4.7	625	0.7	1.89	1.3
56	3.5	1.32	4.6	654	0.6	1.89	1.2
69	3.3	1.38	4.6	683	0.6	1.95	1.2
83	3.2	1.39	4.4	712	0.6	2	1.2
100	3.1	1.4	4.4	741	0.6	2.05	1.2
120	2.6	1.46	3.8	770	0.5	2.1	1.1
140	2.4	1.51	3.6	799	0.5	2.15	1.1
162	2.1	1.65	3.4	828	0.5	2.2	1.1
184	1.9	1.65	3.1	857	0.5	2.25	1.1
207	1.8	1.66	2.9	886	0.5	2.3	1.1
231	1.6	1.68	2.7	915	0.5	2.35	1.1
256	1.5	1.68	2.6	944	0.4	2.4	1.1
282	1.4	1.68	2.4	973	0.4	2.45	1.1