



“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

Comportamiento agronómico de cuatro cultivos:  
Lechuga (*Lactuca sativa* L.), Apio (*Apium graveolens*  
L.), Hierba buena (*Mentha spicata* L.) y Cilantro  
(*Cilantro cimarron* L.), en tres sistemas acuapónicos,  
Managua, 2022

### Autores

Br. Moisés Omar Soza Morales

Br. Keylling Karelly Suazo Salgado

### Asesores

Ing. MSc. Jorge Gómez Martínez

Ing. Jolvin Mauricio Mejía Fernández

Managua, Nicaragua  
Marzo, 2023



“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

## FACULTAD DE AGRONOMÍA

### Trabajo de Tesis

Comportamiento agronómico de cuatro cultivos:  
Lechuga (*Lactuca sativa* L.), Apio (*Apium graveolens*  
L.), Hierba buena (*Mentha spicata* L.) y Cilantro  
(*Cilantro cimarron* L.), en tres sistemas acuapónicos,  
Managua, 2022

### Autores

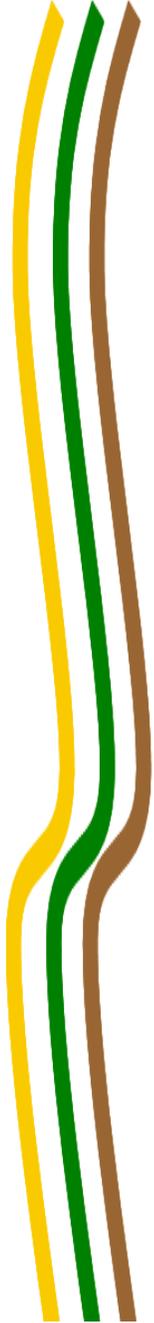
Br. Moisés Omar Soza Morales  
Br. Keylling Karelly Suazo Salgado

### Asesores

Ing. MSc. Jorge Gómez Martínez  
Ing. Jolvin Mauricio Mejía Fernández

*Presentado a la consideración del Honorable Comité  
Evaluador como requisito final para optar al grado  
de Ingeniero Agrónomo*

Managua, Nicaragua  
Marzo, 2023



## Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Comité Evaluador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

***Ingeniero Agrónomo***

---

Miembros del Comité Evaluador

---

Presidente (Grado académico y nombre)

---

Secretario (Grado académico y nombre)

---

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir, tener salud, ser mi compañía y mi calma en todo momento y permitirme culminar esta importante etapa de mi vida.

A mis padres, **Luisa del Socorro Morales Castillo** y **Leoncio Soza López**, a quien dedico cada logro de mi vida.

A mis hermanas, **Ing. Clarita Raquel Soza Morales** y **Luisa Beatriz Soza Morales**.

A mis abuelitas, **Cipriana Justina Castillo García**, **Josefa Dominga López Gonzales (q.e.p.d)** y abuelitos **Andrés Morales Medina (q.e.p.d)** y **Moises Soza Sequeira (q.e.p.d)**.

A mi novia, **Ing. Tatiana Marcela Novoa Schweighofer**, por brindarme su apoyo, comprensión y conocimientos durante todo el transcurso de mi carrera universitaria.

A todas mis amistades por siempre darme sus consejos, su apoyo incondicional para alcanzar una nueva etapa de mi vida.

**Br. Moises Omar Soza Morales**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por toda la sabiduría y fuerza dada para concluir una meta más.

Mi mayor inspiración viene de mi mejor amiga, quién me ha brindado su apoyo incondicional, me ha forjado a lo largo de estos años, la brillante mujer que me dio la vida y la posibilidad de experimentar lo maravillosa que es, **MSc. Hazel América Salgado Téllez**, mi madre siempre me aseguro de que podría lograr todo lo que yo quisiera puso gran esfuerzo en darme modelos a seguir, me guió durante este arduo camino, la persona que quiero ser es ella, eres mi guía para todo lo que haga, cada uno de mis logros son y serán para ti.

A mi hermana, Maura Karizel Montoya Salgado por ser una niña tan noble y feliz.

**Br. Keylling Karelly Suazo Salgado**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por el amor y las bendiciones de seguir adelante en todo momento.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA) por darme la oportunidad y los medios para alcanzar mi meta profesional.

A mi asesor **Ing. MSc. Jorge Gómez Martínez** por su apoyo, por creer en mí para poder realizar este trabajo de graduación.

A mi madre **Luisa del Socorro Morales Castillo** y padre **Leoncio Soza López** por el gran esfuerzo que realizaron para proporcionarme toda la ayuda en mis estudios y llegar a cumplir mis metas y siempre.

A mi novia **Ing. Tatiana Marcela Novoa Schweighofer** por siempre estar conmigo en los momentos buenos y malos, animándome y apoyándome incondicionalmente para cumplir todas mis metas.

A mis hermanas **Ing. Clarita Raquel Soza Morales** y **Luisa Beatriz Soza Morales** por ser parte de mi alegría y felicidad.

A mi compañera **Keylling Karelly Suazo Salgado** por el apoyo, ayuda y la motivación de seguir adelante y culminar una nueva etapa en mi vida, deseándole mucho éxito en todas sus metas.

Mi reconocimiento y gratitud a **Yasser Antonio Pérez Álvarez** y **Holman Javier Ortega López** por su ayuda en todo momento durante nuestra investigación.

A mis amigos y compañeros José Nicasio Velázquez Reyes (q.e.p.d), Byron Gómez (q.e.p.d), Junnior Aguilar, Santo Castro, Francisco Pineda, Abel Rojas, Derick Cáceres, José Huete, Yessnir Sequeira, Henry Jarquín quienes me brindaron su apoyo en todo momento.

**Br. Moises Omar Soza Morales**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre **MSc. Hazel América Salgado Téllez** por ser la principal fuerza de mis sueños, gracias por cada día confiar, creer en mí y en mis expectativas.

Expresar mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional Agraria por haberme brindado tantas oportunidades incomparables, al personal académico que aportaron su experiencia profesional, sus percepciones y conocimientos, me han llenado de momentos enriquecedores donde la generosidad, el esfuerzo personal y la confianza demostrada son un valor incalculable.

Agradezco a mi asesor de tesis el **Ing. MSc. Jorge Gómez Martínez** por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más que lo estudiado durante este proceso.

Mi gratitud especial a mi amigo, **Moisés Omar Soza Morales**, me ha acompañado, ayudado, animado, y sugerido mi reconocimiento hacia él.

Mi reconocimiento y gratitud a **Yasser Antonio Pérez Álvarez** y **Holman Javier Ortega López**.

**Br. Keylling Karelly Suazo Salgado**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ix</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>4</b>
3.1 Sistema de película de agua (NFT)	5
3.2 Sistema de raíz flotante (RF)	5
3.3 Sistema de sustrato (S)	6
3.4 Producción de cultivos de hojas	6
3.5 Generalidades del cultivo de Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	6
3.5.1 Importancia del cultivo de Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	7
3.6 Generalidades del cultivo de Apio ( <i>Apium graveolens</i> L.)	7
3.6.1 Importancia del cultivo de Apio ( <i>Apium graveolens</i> )	7
3.7 Generalidades del cultivo de Hierba buena ( <i>Mentha spicata</i> L.)	7
3.7.1 Importancia de cultivo de Hierba buena ( <i>Mentha spicata</i> L.)	7
3.8 Generalidades del cultivo de Culantro ( <i>Cilantro cimarron</i> L.)	8
3.8.1 Importancia del cultivo de Culantro ( <i>Cilantro cimarron</i> L.)	8
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>9</b>
4.1 Ubicación del área de estudio	9
4.2 Condiciones climáticas del área de investigación	9
4.3 Duración del estudio	10
4.3.1 Diseño metodológico	10

4.4 Descripción de los sistemas evaluados en el estudio	12
4.4.1 Sistema de sustrato solido (S)	12
4.4.2 Sistema de Película de agua (NFT)	12
4.4.3 Sistema de Raíz Flotante (RF)	12
4.5 Componentes en los sistemas acuapónicos evaluados	13
4.5.1 Filtro mecánico	13
4.5.2 Filtro biológico	13
4.5.3 Tanque para la siembra de peces	13
4.6 Manejo agronómico de los cultivos en los diferentes sistemas acuapónicos	14
4.7 Manejo y calidad del agua	14
4.8 Alimentación y manejo de peces	15
4.9 Variables evaluadas	16
4.10 Análisis estadístico	16
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>17</b>
5.1 Evaluación de la eficiencia de los sistemas en las variables de crecimiento	17
5.1.1 Altura de la planta en los sistemas acuapónicos	17
5.1.2 Diámetro de la planta	19
5.1.3 Número de hojas por planta	20
5.2 Evaluación de la eficiencia de los sistemas en las variables de rendimiento	22
5.2.1 Rendimiento (g) de los diferentes sistemas evaluados	22
5.2.2 Producción de materia seca (%)	23
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>26</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>27</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	<b>28</b>
<b>IX. ANEXOS</b>	<b>31</b>

---

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Factores evaluados en el estudio	10
2.	Distribución de los tratamientos en el estudio	11
3.	Tabla de ración alimenticia en relación del peso promedio del pez	15
4.	Altura promedio de la planta en los diferentes tratamientos evaluados	18
5.	Promedio de diámetro de la planta de los diferentes tratamientos evaluados	20
6.	Promedio de numero de hojas por planta en los tratamientos evaluados	21
7.	Rendimiento promedio de tratamientos evaluados	23
8.	Producción de biomasa en los diferentes tratamientos evaluados	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Ubicación del área de estudio	9
2.	Comportamiento de los parámetros de precipitación y temperatura correspondientes al año 2022	10
3.	Sistema de sustrato solido	12
4.	Sistema de Película de Agua (NFT)	12
5.	Sistema de Raíz Flotante	12
6.	Tanque para la siembra de peces	13
7.	Diseño completo del sistema acuapónico	13
8.	Altura promedio de los cultivos en los tratamientos evaluados	17
9.	Diámetro promedio de los cultivos en los diferentes tratamientos evaluados	19
10.	Número de hoja promedio de los tratamientos evaluados	21
11.	Rendimiento promedio de cultivos en los diferentes tratamientos evaluados	22
12.	Producción de materia seca en los diferentes tratamientos evaluados	24

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXOS</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Hoja de datos	31
2. Consumo de alimento balanceado sugerido para tilapia con base en su biomasa	32
3. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey a la variable altura de la planta, análisis de los sistemas	32
4. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey a la variable altura de la planta, análisis de los tratamientos	33
5. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey variable diámetro de la planta, análisis de los sistemas	33
6. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey variable diámetro de la planta, análisis de los tratamientos	33
7. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey a la variable Número de hojas por plantas, análisis de los sistemas	34
8. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey a la variable Número de hojas por plantas, análisis de los tratamientos	34
9. Diferentes aspectos del proceso de construcción de los sistemas acuapónicos	35
10. Evaluación de las variables	35
11. Peso y alimentación de peces	35

## RESUMEN

La acuaponía utiliza los mismos principios tecnológicos de hidroponía, reemplazando fertilizantes sintéticos con agua enriquecida con alimentos y heces de los peces. El estudio se llevó a cabo en la “granja demostrativa de cultivo de peces de la Universidad Nacional Agraria y tuvo como objetivo comparar variables crecimiento y rendimiento en cuatro cultivos de hojas en tres sistemas acuapónicos, raíz flotante (RF), película de agua (NFT) y sustrato (S). se muestrearon nueve plantas en cada sistema de cultivo. El sistema de raíz flotante estuvo conformado por caja de madera de 0.3 metros cubico a este se le anexo una lámina de poroplast de un metro cuadrado, el sistema NFT estuvo conformado por tubos PVC de tres pulgadas, las plantas se sujetaron con canastillas plásticas y esponjas como soporte. El sistema de sustrato estuvo conformado por caja de madera de 0.3 metros cúbicos y grava (piedra volcánica). Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, rendimiento en gramos, y producción de materia seca al final del ciclo productivo. Se utilizó un arreglo bifactorial en diseño completo al azar (DCA) con 12 tratamientos y nueve observaciones. Se realizo análisis estadístico ANDEVA y separación de medias a través de la prueba de Tukey al 0,05. Los resultados indicaron que el sistema raíz flotante con los cultivos hierba buena y cilantro presentaron la mayor altura de planta con 25.05 cm, y los mayores diámetros con 4.86 mm, así como los mayores números de hojas (69). En cuanto al rendimiento el sistema sustrato + apio registro el mayor peso húmedo (226 g) y los tratamientos sustrato + cilantro y NFT + hierba buena presentaron los valores superiores con 13 y 12.1% en producción de materia seca.

**Palabra clave:** Acuaponía, recirculación de agua, película de agua, raíz flotante, cultivo de hojas

## ABSTRACT

Aquaponics used the same technological principles of hydroponics, replacing synthetic fertilizers with water enriched with food and fish feces. The study was carried out at the "Fish Culture Demonstration Farm of the National Agrarian University" and aimed to compare growth and yield variables in four leafy crops in three aquaponic systems: floating root (RF), water film (NFT) and substrate (S). Nine plants were sampled in each culture system. The floating root system consisted of a wooden box of 0.3 cubic meters, to which a sheet of poroplast of one square meter was attached. The NFT system consisted of three-inch PVC tubes, the plants were attached with plastic baskets and sponges as medium. The substrate system consisted of a wooden box of 0.30 cubic meters and gravel (volcanic stone). The evaluated variables were plant height, stem diameter, number of leaves, yield in grams and dry matter production at the end of the productive cycle. A bifactorial arrangement was obtained in a complete randomized design (DCA) with 12 treatments and nine observations. ANOVA statistical analysis and media separation were performed using Tukey's test at 0.05. The results indicated that the floating root system with the mint and coriander crops appeared the highest plant height with 25.05 cm, and the largest diameters with 4.86 mm as well as the highest number of leaves (69). Regarding yield, the substrate + celery system registered the highest wet weight (226 g) and the substrate + cilantro and NFT + mint treatments presented the highest values with 13 and 12.1% in dry matter production.

**Keywords:** Aquaponics, water recirculation, water film, floating root, leaf culture

## I. INTRODUCCIÓN

La acuaponía es un sistema de producción de alimentos que incorpora dos o más componentes (peces y vegetales) en un diseño basado en la recirculación de agua (Tyson *et al.*, 2004)

En términos generales se trata de generar un sistema en el cual los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático (generalmente peces) son convertidos, a través de la acción bacteriana, en nitratos, que sirven como fuente de alimento para plantas. Estas a su vez al tomar estos nitratos, limpian el agua para los peces actuando como filtro biológico (Nelson, 2007 y Van Gorder, 2000)

La disponibilidad de alimentos desempeña una función destacada en la seguridad alimentaria. El suministro de cantidad suficiente de alimentos para una determinada población es una condición indispensable, aunque insuficiente, para garantizar que la población tenga un acceso adecuado a los alimentos (FAO, 2013)

La falta de acceso a alimentos frescos crea desiertos de alimentos, que conducen a los problemas nutricionales y de salud pública. Una manera de resolver el problema de los desiertos de alimentos es promover la creación de granjas de acuaponía, un sistema agrícola que combina las prácticas de la acuicultura y la hidroponía (FAO, 2016)

Debido al crecimiento exponencial de la población que trae consigo un incremento en la demanda de alimento, actualmente se buscan métodos alternativos de producción que permitan satisfacer las necesidades de alimentos de la población con un mínimo uso potencial del suelo (Tyson R *et al.*, 2004)

Con el pasar del tiempo, la población aumenta mientras que la calidad de las tierras de cultivo y la producción de estos decae constantemente, lo que indica que es necesario llevar a cabo una renovación en las estrategias de producción de alimentos, basándose en sistemas sustentables que además protejan los recursos naturales como el suelo y los cuerpos de agua (Kanchi, 2013 citando a Ramírez, *et al.*, 2009)

La falta de acceso a alimentos frescos es un gran problema de salud para la mayoría de la población urbana. La acuaponía se puede utilizar para reducir este problema, por lo tanto, los gobiernos locales deben implementar este tipo de sistema y permitir esta forma mejorar las condiciones alimenticias de cada zona urbana de nicaragua ya que este sistema es un medio adecuado para la producción en las zonas donde la tierra agrícola es cara, el agua es escasa, y los suelos son pobres o infértiles

En el presente estudio tuvo como propósito evaluar el crecimiento y rendimiento de cuatro cultivos de hoja: Lechuga (*Lactuca Sativa*), Apio (*Apium graveolens*), Hierba buena (*Mentha spicata*), Cilantro (*Cilantro cimarrón*), en tres de sistemas acuapónicos (sistema de raíz flotante, sistema de sustrato, sistema película de agua), y que sea usada como una alternativa viable al cambio climático y una producción limpia y saludable de alimentos para la agricultura urbana.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de tres sistemas acuapónicos (película de agua, sustrato y raíz flotante) el crecimiento y rendimiento de cuatro cultivos, Lechuga (*Lactuca sativa* L.), Apio (*Apium graveolens* L.), Hierba buena (*Mentha spicata* L.) y Cilantro (*Cilantro cimarron* L.)

### **2.2 Objetivos específicos**

Comparar las variables de crecimiento en los cultivos, Lechuga (*Lactuca sativa* L.), Apio (*Apium graveolens* L.), Hierba buena (*Mentha spicata* L.) y Cilantro (*Cilantro cimarron* L.) establecidos en tres sistemas acuapónicos

Determinar componentes de rendimiento en los cultivos, Lechuga (*Lactuca sativa* L.), Apio (*Apium graveolens* L.), Hierba buena (*Mentha spicata* L.) y Cilantro (*Cilantro cimarron* L.) establecidos en tres sistemas acuapónicos

### **III. MARCO DE REFERENCIA**

La agricultura urbana desarrollada en América Latina y en Nicaragua se vienen observando desarrollos significativos, en los que se vienen haciendo uso de los recursos locales y de tecnologías propias reduciendo la cadena de eslabones fundamentales productor – consumidor, lo que ayuda a reducir los costos de las economías, como una estrategia de generación de ingresos y empleo.

El programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo (PNUD), realizo un plan para la producción de alimentos mediante la acuaponía, como una alternativa para la seguridad alimentaria y de la economía familiar, donde su principal objetivo es contribuir y aumentar la cantidad y calidad de la alimentación familiar, de esta manera influyendo en la población para generar actitudes positivas hacia la autogestión comunitaria en proyectos productivos y aprovechando pequeños espacios de la vivienda (FAO, 2016)

Los Huertos acuapónicos han sido usados en otros países de América Latina, como Chile, Guatemala, Costa Rica y Nicaragua, en sectores muy pobres en los que existen altos niveles de desempleo y subempleo, bajo nivel de escolaridad y falta de servicios básicos. Estos huertos han sido implementados, en su mayoría, por amas de casa, aunque también han participado hijos, esposos y amigos (FAO, 2013)

En la acuaponía se ha llegado a producir hortalizas sanas y frescas que complementan y mejoran la alimentación y se ha conseguido producir un ingreso económico, que, aunque pequeño no se menosprecia, obtenido de la venta del excedente producido.

Para la implementación de un cultivo de acuaponía, no es necesario disponer de mucho espacio, basta con usar un lugar que disponga de seis horas de luz solar directa al día, que tenga cerca una fuente de agua y que pueda ser protegido. (FAO, 2016)

En la Universidad Nacional Agraria se realizó un estudio donde determino el crecimiento y peso seco de cuatro especies medicinales (Orégano, Altamisa, Hoja del aire y Vitamo), en dos mezclas de sustratos inertes (50% arena y 50% de cascarilla de arroz) como primer tratamiento y (60% de arena y 40% de cascarilla de arroz) como segundo tratamiento, bajo la técnica hidropónica y suelo normal como testigo. De todas las variables estudiadas las

especies de orégano, Altamisa y Hoja del aire, obteniendo los mejores resultados, en el primer tratamiento (50% arena y 50% cascarilla de arroz), y de forma sistemática hasta el tercer tratamiento. Se presento los mejores resultados en cuanto al peso seco (g), en el tercer tratamiento, seguido del primer tratamiento y por último el segundo tratamiento (Sánchez, 2006)

### **3.1 Sistema de película de agua (NFT)**

Este método se basa en el montaje de tubos, que pueden ser de distintas longitudes y diámetros, utilizados como canaletas en las que corre una fina película de agua, con solución nutritiva, para luego volcarlas en un reservorio; de tal forma que fluyan hacia el sistema nuevamente. Dichas cañerías (generalmente plásticas), poseen ranuras donde se colocan los vegetales en algún recipiente plástico rasurado, manteniendo suspendidas sus raíces en contacto con la película de la solución circulante (Tomlinson, 2016)

El NFT es el método más popularizado en hidroponía, permitiendo gran versatilidad y practicidad a la hora de su montaje, pudiéndose inclusive, diseñar sistemas verticales que logran un aprovechamiento del espacio en lugares reducidos, obteniendo así, altos rendimientos de producción por superficie. Presenta además una ventaja, en cuanto a la buena oxigenación, al estar la película del agua en contacto con abundante aire dentro de las canaletas (Acuaponía: Producción de Plantas y Peces Intagri S.C., s. f.)

### **3.2 Sistema de raíz flotante (RF)**

Los cultivos de aguas o raíz profundas o también llamados de “balsas flotantes”, se caracterizan por el gran volumen de agua que hace las veces de reservorio del sistema, además de alojar al componente vegetal del mismo.

Otra gran ventaja de estos sistemas radica en que no necesitan el montaje de un biofiltro, porque cuando son dimensionados y balanceados correctamente, la nitrificación se logra exitosamente, al proveerse suficiente superficie generada por las balsas, y toda la estructura del componente hidropónico, incluyendo las raíces de las plantas. Combinar la biofiltración con la hidroponía es una de las mayores ventajas de la acuaponía, al eliminar el gasto que representa el biofiltro en los SRA (Técnicas de Acuaponia, s. f.).

### **3.3 Sistema de sustrato (S)**

Esta modalidad tiene similitudes con el cultivo de aguas profundas en las estructuras, excepto que aquí los lechos se encuentran enteramente llenos de algún tipo de material inerte, elemento que brindará una serie de beneficios al sistema.

La primera función que cumple el sustrato utilizado en los lechos es brindar una importante superficie de contacto para el alojamiento y colonización de las bacterias nitrificantes; destacándose como el método más eficiente con respecto al proceso de nitrificación, evitando la necesidad de instalación de un biofiltro. Dependiendo de su composición, estos sustratos pueden llegar también a proveer algunos tipos de nutrientes para el crecimiento de los vegetales. (Técnicas de Acuaponia.pdf, s. f.)

### **3.4 Producción de cultivos de hojas**

El subsector de cultivos de hojas tiene una marcada importancia para la economía de varias zonas agrícolas debido a la participación de unas 15,000 pequeñas unidades de producción, que son importantes fuentes de empleo e ingreso a través de todo el año. Las hortalizas se cultivan en extensiones pequeñas que varían desde 0.3 hectáreas a 1 hectárea, para cultivos tales como, apio, lechuga, hierbabuena, culantro, etc. (FAO, 2016)

En 2015, los diez mayores productores de acuicultura fueron China (47,6 Mt), India (5,2 Mt), Indonesia (4,3 Mt), Vietnam (3,4 Mt), Bangladesh (2,1 Mt), seguidos por Noruega, Egipto, Chile, Myanmar y Tailandia. Estos diez primeros países acuicultores contribuyeron con el 89% de la cantidad total de la producción mundial. (Revista del sector marítimo, 2018)

### **3.5 Generalidades del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.)**

La Lechuga es una planta herbácea anual que en estado vegetativo posee un tallo corto carnosos de 2 a 5 centímetros, en el cual se insertan las hojas, capaces o no de formar cabeza, teniendo forma, número, dimensiones y colores variables. Según la variedad botánica y cultivar. (Shimizu y Scott, 2014).

### **3.5.1 Importancia del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)**

La lechuga es de gran importancia económica, a nivel mundial, se cultiva por su cabeza utilizándose como verdura o ensalada cruda, cocida en curtido o industrializada. Una ventaja agronómica que tiene este cultivo es el presentar un ciclo corto vegetativo, lo que permite su producción durante todo el año. (Martínez, 2005)

La duración del cultivo suele ser de 50-60 días para las variedades tempranas y de 70-80 días para las tardías, como término medio, desde la plantación hasta la recolección. pH óptimo entre 6,7 y 7,4.

### **3.6 Generalidades del cultivo de Apio (*Apium graveolens* L.)**

El Apio, es una planta procedente de la cuenca Mediterránea, su uso como hortaliza se desarrolló en la Edad Media y actualmente es consumido tanto en Europa como en América del Norte, se consume tanto fresca como hervida. Apreciada por su valor nutritivo y sus conocida propiedades diuréticas y depuradoras de la sangre (INFOAGRO, 2012)

#### **3.6.1 Importancia de cultivo de Apio (*Apium graveolens* L.)**

El apio es un cultivo de gran importancia económica, ya que gozan de gran aceptación en el mercado y son producidos en condiciones organopónicos asociados con otras especies como lechuga (Cun *et al.*, 2007)

El ciclo del cultivo suele ser de 60-75 días. La cosecha se realiza desde que las plantas tienen 700 g de peso y se corta la planta sin la raíz. Este cultivo se desarrolla bien en pH entre 5.5 y 6.5.

### **3.7 Generalidades del cultivo de Hierba buena (*Mentha spicata* L.)**

La hierba buena es una planta que prefiere climas húmedos y templados para su desarrollo normal. Requiere espacios bien iluminados. La planta es muy sensible al frío y se congela fácilmente debido a que está dotada de raíces superficiales (Japón, s/f).

#### **3.7.1 Importancia de cultivo de Hierba buena (*Mentha spicata* L.)**

La hierbabuena, (*Mentha spicata*), es una planta cuyo cultivo es poco producido ya que sólo se cultiva en pequeños huertos. En los campos se puede encontrar en forma silvestre sobre todo en zonas húmedas con bastante humedad. Es una planta herbácea, y con raíces y estolones muy superficiales. (Quintero, 2006).

La hierba buena es una planta perenne, sus raíces producen estructuras vegetativas con capacidad de generar brotes nuevos en todas direcciones estas funcionan como medio de propagación. Con un pH óptimo de entre 6.0-7.5.

### **3.8 Generalidades del cultivo de Cilantro (*Cilantro cimarron L.*)**

Tradicionalmente, en los países en desarrollo, las hierbas para condimento y medicinales se han producido a nivel casero, siendo rara vez cultivadas a gran escala. Sin embargo, en las últimas tres décadas, la fuerte migración de asiáticos, africanos, latinoamericanos y caribeños de origen no hispánico hacia Europa, Estados Unidos y Canadá, ha creado en esos países una creciente demanda de productos típicos de la dieta de estos inmigrantes, incluyendo hierbas para condimento. Al mismo tiempo los europeos y norteamericanos han asimilado en cierta medida, el uso de algunos de estos productos (Morales, 1995).

#### **3.8.1 Importancia de cultivo de Cilantro (*Cilantro cimarron L.*)**

La superficie mundial cultivada anualmente, está estimada en un área de 550.000 ha y la producción de frutos de culantro está en 600.000 toneladas aproximadamente a un precio que se calcula a US\$ 6.000 millones en el mercado mundial y que el sector está creciendo entre un 5 y 6 % por año. Los rendimientos medios varían desde 442 kg de semilla/h<sup>-1</sup> en la India hasta los 1500 kg/ h<sup>-1</sup> en Rusia (Villalobos et al. 2002).

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en la “Granja demostrativa de cultivo de peces UNA” ubicada en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, situada en el kilómetro 12½ carretera norte, en el departamento de Managua. Las coordenadas geográficas de la zona son: 12° 08' 36'' latitud norte y 86° 09' 49'' longitud oeste, con una elevación de 56 msnm. El suelo presenta un pH de 7.5 a 8.5, con pendiente entre 0 y 2 % (Martínez *et al.*, 2011).

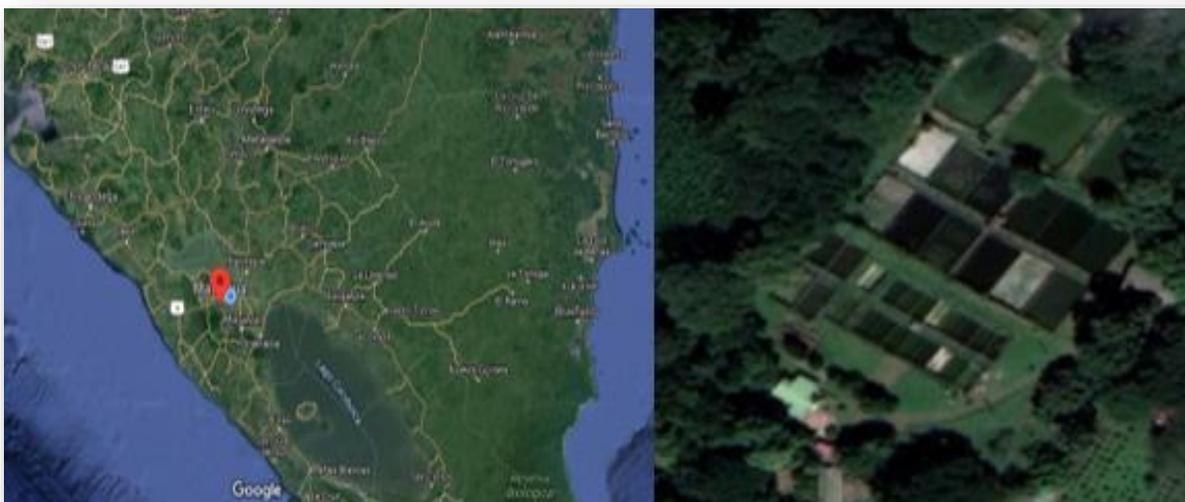


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Fuente: Google Earth

### 4.2 Condiciones climáticas del área de investigación

Según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) durante el año 2022, el área presentó una temperatura media de 27.15 °C, con registro de temperaturas mínimas en los meses de enero (17 °C), febrero (17.5 °C), diciembre (19 °C) y temperaturas máximas en marzo (37.8 °C), abril (39 °C) y mayo (36.4 °C) con respecto a la época seca y una humedad relativa de 73.5 %.

En cuanto a las precipitaciones se mostró una época lluviosa irregular en el transcurso de la investigación, siendo de 854 mm, distribuidos en los meses de junio (360 mm), julio (120 mm), agosto (190 mm) y septiembre (184 mm) influenciado por la presencia de ondas tropicales.

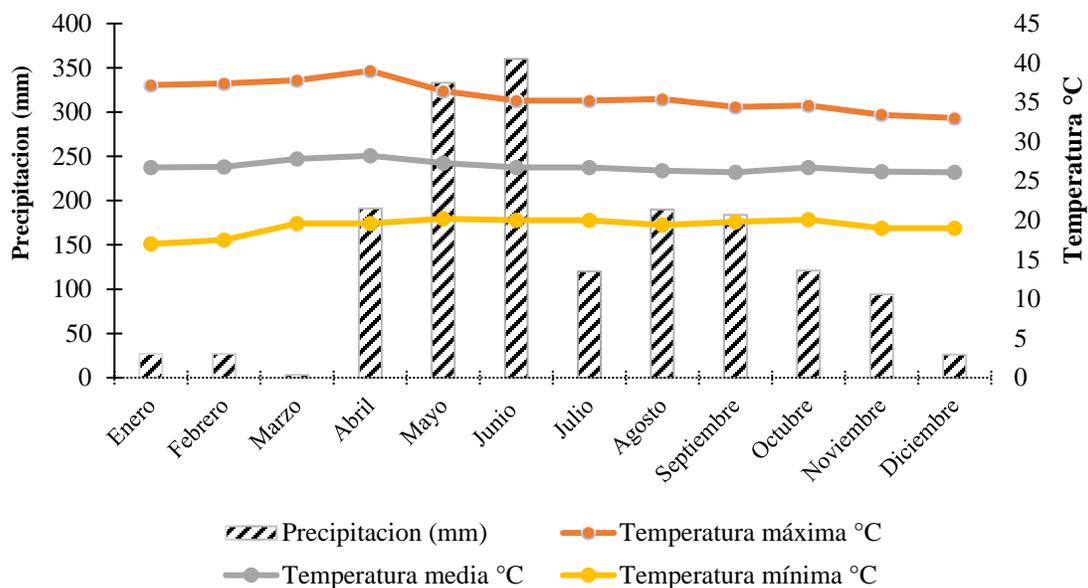


Figura 2. Comportamiento de los parámetros de precipitación y temperatura correspondientes al año 2022 reportado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER 2022).

### 4.3 Duración del estudio

El estudio tuvo una duración de 114 días iniciando del día de trasplante hasta el día de la cosecha, estableciendo al inicio 108 plantas y finalizando el estudio con 93 plantas.

#### 4.3.1 Diseño metodológico

El experimento se estableció con un Diseño Completamente Aleatorio (DCA) con dos factores; Factor A: Sistemas acuapónicos, y Factor B: cultivos.

Cuadro 1. Factores evaluados en el estudio

Factor A	Factor B
Sistema de Sustrato (S)	Cultivos (Lechuga, Apio, Hierba buena, Cilantro)
Sistema de Película de agua (NFT)	
Sistema de Raíz flotante (RF)	

Cuadro 2. Distribución de los tratamientos en el estudio

<b>Tratamientos</b>
Sistema de sustrato (S) + lechuga
Sistema de sustrato (S) + Apio
Sistema de sustrato (S) + Hierba buena
a <sub>1</sub> b <sub>4</sub> : Sistema de sustrato (S) + Cilantro
Sistema de Película de Agua (NFT) + lechuga
Sistema de Película de Agua (NFT) + Apio
Sistema de Película de Agua (NFT) + Hierba buena
Sistema de Película de Agua (NFT) + Cilantro
Sistema de Raíz Flotante (RF) + lechuga
Sistema de Raíz Flotante (RF) + Apio
Sistema de Raíz Flotante (RF) + Hierba buena
Sistema de Raíz Flotante (RF) + Cilantro

La combinación de los factores resultó en un total de 12 tratamientos. En cada tratamiento se establecieron 9 observaciones.

El modelo aditivo lineal del DCA es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Representa cada una de las observaciones.

$\mu$  = Promedio general del experimento.

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A.

$\gamma_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\gamma)_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B.

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental o aleatorio.

#### 4.4 Descripción de los sistemas evaluados en el estudio

##### 4.4.1 Sistema de sustrato (S)

El sistema de sustrato fue elaborado con un compartimiento a base madera con longitudes de 1 m de largo por 1 m de ancho, con una profundidad de 30 cm desde la base hasta la superficie, se colocó plástico en el interior para evitar fugas de agua y posteriormente la graba elegida para el estudio (piedra volcánica), en una de sus esquinas se instaló un tubo PVC de 6 pulgadas con orificios en la parte inferior en conjunto con un tubo de 3 pulgadas el cual se utilizó para establecer el nivel del agua deseada en sistema.



Figura 3. Sistema de sustrato.

##### 4.4.2 Sistema de Película de agua (NFT)

El sistema de película de agua fue fabricado a base de tubos PVC de 2.15 m de largo y un ancho de 3 pulgadas, con agujeros en la parte superior de los tubos, cuenta con dos filtros (filtro biológico y filtro mecánico), elaborados con baldes plásticos de 20 litros, estos tienen la función de atrapar los residuos provenientes del agua del tanque de los peces.



Figura 4. Sistema de Película de Agua.

##### 4.4.3 Sistema de Raíz Flotante (RF)

Se construyó un compartimiento a base de madera con las longitudes de 1 metro de largo por 1 metro de ancho y una profundidad de 30 cm, en el interior se colocó un plástico con el objetivo de evitar filtraciones, en la parte media de la base se instaló un tubo PVC de 1.5 pulgadas para establecer el nivel del agua y de misma forma llevarla nuevamente al tanque de peces, el sistema en general contenía dos filtros (filtro biológico y filtro mecánico), elaborados con baldes plásticos de 20 litros, estos con la función de atrapar cualquier residuo proveniente del agua del tanque de los peces, se utilizó una lámina de poroplast de 1 m<sup>2</sup> con 36 agujero en los que se colocaron los cultivos en vasos descartables de poroplast con capacidad de 236 mililitros y esponja en su interior para sujetar las plantas.



Figura 5. Sistema de Raíz Flotante.

## 4.5 Componentes en los sistemas acuapónicos evaluados

### 4.5.1 Filtro mecánico

Tiene la función de realizar la separación y remoción de los desechos sólidos suspendidos en el estanque de los peces (residuos de alimentos y heces) actuando como un sedimentador.

### 4.5.2 Filtro biológico

Se colocaron tapones y botellas plásticas cortadas con la función de incrementar la superficie de crecimiento bacteriano donde se desarrollaban bacterias *nitrossomas* y *nitrobacter* que cumple la función de la descomposición del amoníaco (tóxico en bajas condiciones) procedentes de excreciones de los peces a nitrito y nitratos siendo la forma disponible para la absorción de las plantas a través de las raíces.

### 4.5.3 Tanque para la siembra de peces

El tanque donde cultivaron los peces fue de 1.20 metros de largo y 1.025 metros de ancho con una capacidad albergar 1000 litros de agua.



Figura 6. Tanque para la siembra de peces.

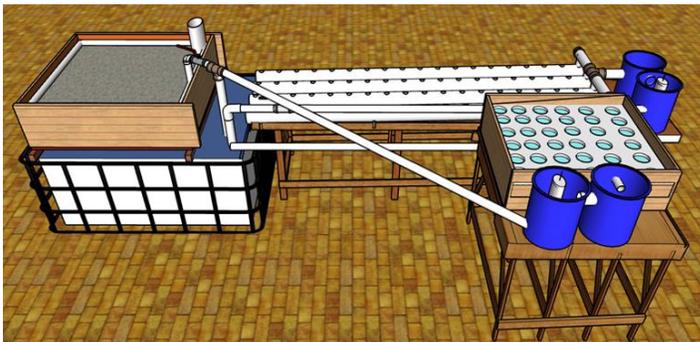


Figura 7. Diseño completo del sistema acuapónico.

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.6 Manejo agronómico de los cultivos en los diferentes sistemas acuapónicos**

Para el control de las plagas de insectos perjudiciales como mosca blanca, los trips, pulgones, minadores de hoja se utilizó Jabón potásico (Oleato vegetal potásico SC al 70%) de manera foliar utilizando 5cc del producto diluido en 500 ml de agua destilada, aplicándolo 1 vez por semana.

#### **4.7 Manejo y calidad del agua**

Para el manejo del agua se realizó semanalmente un sifonado del sistema, el cual consistió en extraer el exceso de residuos sólidos del sedimentador y clarificador, (filtro mecánico y filtro biológico). Los excesos de residuos sólidos se extraían con manguera de polietileno para evitar que se impregnaran residuos en las raíces, supervisando diariamente todos los estanques desde el momento de la alimentación con el objetivo de evitar mortalidades de peces y plantas.

Se midió los niveles de turbidez con el objetivo de determinar la cantidad de algas en el tanque de los peces y comprobar la eficiencia del filtro mecánico y biológico. Para medir estos niveles se utilizó un disco Secchi de 20cm de diámetro, el cual se introdujo en el tanque a una profundidad de 20 a 30 cm.

En los sistemas que se presentaron pérdidas de agua (por fugas, evaporación y por sifonado) estos se rellenaban semanalmente con agua de las pilas de la granja o agua de lluvia siendo las óptimas para mantener el nivel del pH.

El monitoreo del pH se realizó dos veces por semana con un Peachímetro digital, cada vez que se media el pH en cada sistema se lavaba con agua destilada con el objetivo de obtener un resultado exacto y evitar problemas de salinidad.

#### 4.8 Alimentación y manejo de peces

La alimentación de los peces se trabajó con una tabla de alimentación propuesta por Saavedra 2006 (cuadro 3) esta tabla es una estrategia de alimentación implementada en el cultivo de tilapia en tanques, recomendado para cada etapa de cultivo de los peces, los porcentajes varían desde el 45% de proteína en la etapa inicial de cultivo de peces 38% en el pre-engorde y 32% o 28% en la etapa final de engorde. Estos porcentajes de régimen alimenticio se distribuirá de la siguiente manera: 50% de ración diaria por la mañana (10am) y 50% por la tarde (3pm),

Para determinar la cantidad de alimento se tomaron muestras de 10 a 15 peces cada 15 días, los peces se pesaron con ayuda de una balanza electrónica (KERN EMB  $\pm$  0.01 gr con capacidad máxima de 2000 gr.) para obtener el peso promedio de cada pez, de igual manera se llevó un control de la mortalidad y de la existencia actual de peces en el tanque, con estos datos primarios (alimentación y número de peces) se estimó la biomasa (peso vivo existente), según tabla alimenticia se calculó la ración diaria a suministrar (RD) según la tabla propuesta por Saavedra (2006). Obteniendo como peso inicial de 72.78 g y finalizando con un peso total de 81 g.

La ración diaria se ajustaba cada 15 días utilizando la formula:  $RD = Bx \%A/100$ . Donde **B** representa la biomasa total y **%A** el porcentaje de la ración en la tabla de alimentación establecido.

Cuadro 3. Tabla de ración alimenticia en relación del peso promedio del pez.

<b>Peso promedio del pez (g)</b>	<b>Relación alimenticia %</b>
< 10	5
25	4.5
50	3.7
75	3.4
100	3.2
150	3
200	2.8
250	2.5
300	2.3
400	2
500	1.7

Fuente: Saavedra (2006)

#### **4.9 Variables evaluadas**

**Altura de la planta (cm):** Se utilizó una regla metálica de 30 cm, donde se midió la altura de la planta desde el nivel de la superficie del sustrato hasta la parte superior máxima de la hoja.

**Diámetro del tallo (mm):** Se realizó una medición del diámetro del tallo por cada cultivo, escogiendo 9 plantas con el uso de un vernier.

**Número de hojas por planta:** Se seleccionaron 9 plantas por cada repetición de los sistemas acuapónicos para identificar el número de hojas verdaderas.

**Rendimiento (g):** Esta variable se realizó al momento de la cosecha y se determinó pesando todas las muestras (plantas) de cada uno de los sistemas evaluados.

#### **Producción de materia seca (g)**

Se determinó al final de la recolección en los tres tipos de sistemas acuapónicos, las muestras se enviaron al laboratorio de fisiología vegetal de la facultad de agronomía. Se determinó el peso húmedo de la muestra de cada sistema para ello utilizó una balanza digital marca OHAUS de 600 g de capacidad y posteriormente se sometieron a un secado en horno marca JP SELECTA SA a una temperatura de 65 °C por 72 horas, una vez pasado este tiempo se procedió a tomar el peso seco de las muestras en una balanza analítica marca Gram FS de alta precisión.

Donde:  $K = (\text{Peso seco de la muestra} / \text{Peso fresco de la muestra}) \times 100$

Este resultado se multiplicó por cada uno de los valores de peso fresco por parcela obtenido en campo, así se obtendrá el peso seco de la materia seca producido en cada sistema.

#### **4.10 Análisis estadístico**

Los datos se sometieron a un análisis de varianza ANDEVA y separación de medias a través de la prueba de Tukey al 0,05. Utilizando el programa estadístico Infostat® versión 2022.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Evaluación de la eficiencia de los sistemas en las variables de crecimiento

#### 5.1.1 Altura de la planta en los sistemas acuapónico

Somarriba (1998) menciona que, la altura de la planta es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Los resultados obtenidos de la variable altura promedio de los cultivos en los sistemas acuapónicos se logró observar que el sistema de Raíz flotante + hierba buena, presento la mayor altura promedio con 25.05 cm, con respecto al sistema de sustrato + hierba buena el cual obtuvo un promedio de 20.88 cm y el sistema de película de agua (NFT) + apio presento el menor promedio de altura con 12.95 cm (Figura 8).

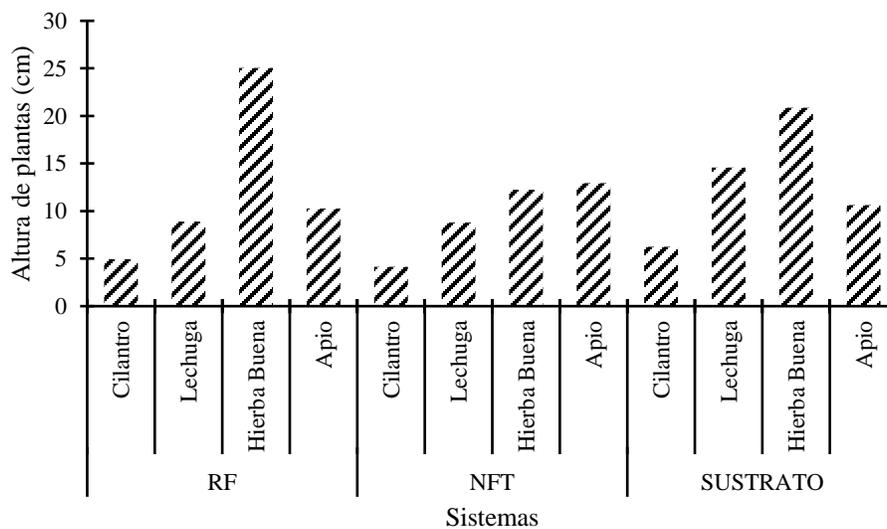


Figura 8. Altura promedio de cultivos en los tratamientos evaluados.

De acuerdo con el análisis realizado mediante la prueba de Tukey determinó que el sistema de Raíz flotante + hierba buena mostro diferencias significativa, con respecto a los demás sistemas de cultivo, seguido del sistema sustrato + hierba buena. El sistema que presento los menores promedios de altura fue sistema de película de agua (NFT) + cilantro (Cuadro 4).

Cuadro 4. Altura promedio de planta (cm) en los diferentes tratamientos evaluados

Sistemas	tratamiento	Medias
RF	Hb	25.05 a
S	Hb	20.88 a
NFT	Apio	14.58 b
S	Lechuga	12.95 bc
NFT	Hb	12.23 bc
RF	Apio	10.64 bc
NFT	Lechuga	10.27 bcd
S	Apio	8.9 cde
RF	Lechuga	8.77 cde
S	Cilantro	6.24 de
RF	Cilantro	4.94 e
NFT	Cilantro	4.14 e
R <sup>2</sup>		0.79
CV		28.13
P (<0.05)		0.001

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

De acuerdo con Ramírez et al. (2008), sugiere que los cultivos hierba buena y oregano (*Origanum vulgare* L.) pueden ser muy explotados y promisorios en los sistemas acuapónicos, dada su alta producción, conservación del agua y al poco espacio que ocupan, como el acuapónico.

Cuthberg (2008), afirma que el cultivo de hierba buena pose un buen potencial si las condiciones climáticas de la zona son favorables para su crecimiento y desarrollo, ya que la explotación de sus características puede resultar en una actividad económica importante.

En un estudio realizado por Tapia en el 2018, en el que comparo sistema hidropónico y acuapónico obtuvo que la altura en plantas de lechuga fue superior en el sistema acuapónico con 31,91 cm en comparación al sistema hidropónico con 26,56 cm. Los resultados de esta investigación concluyeron que el sistema acuapónico es viable para producir proteínas tanto vegetal y animal. Los resultados de este presente estudio coinciden con los resultados obtenidos por este autor ya que el sistema sustrato registro las mayores alturas en comparación al sistema NFT.

Asumimos que el sistema de raíz flotante presento el mejor promedio de altura debido a la mayor concentración de nutrientes proveniente de la descomposición de las heces de los

peces y el sistema de bombeo recirculante permitió una mejor oxigenación de las raíces ayudando a su desarrollo y crecimiento.

### 5.1.2 Diámetro de la planta

(CIAT, 1985) menciona que el diámetro puede ser identificado como el eje central de la planta el cual está formado por una sucesión de nudos y entrenudos.

Los resultados obtenidos para la variable de diámetro de la planta, se determinó que en el sistema de raíz flotante + cilantro presento el mayor diámetro con 4.86 mm, y el sistema de sustrato + cilantro obtuvo un promedio de 4.81 mm, con respecto al sistema de película de agua. El sistema NFT + Hierba buena presento los menores promedios de diámetro con 2.39 mm (figura 9).

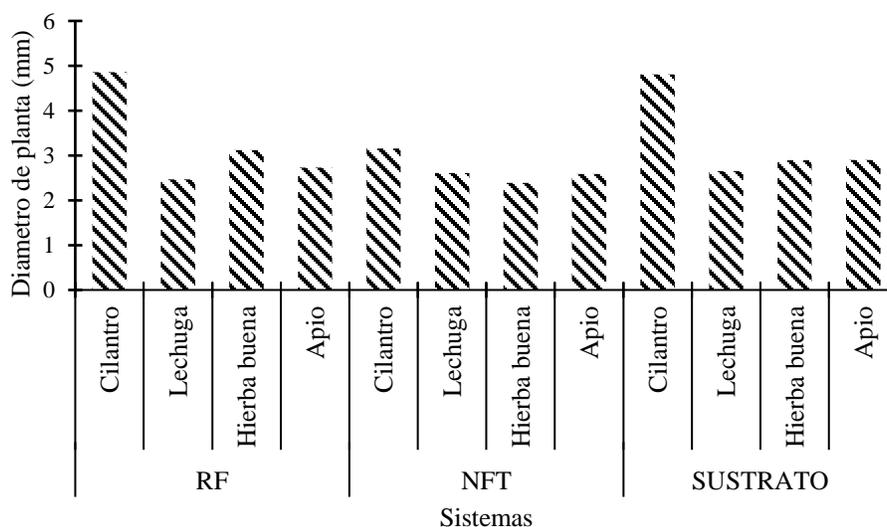


Figura 9. Diámetro promedio de los cultivos en los tratamientos evaluados.

De acuerdo con el análisis realizado mediante la prueba de Tukey determinó que el sistema de Raíz flotante + Cilantro mostro diferencias significativa, con respecto a los demás sistemas de cultivo, seguido del sistema Sustrato + Cilantro. El sistema que presento los menores promedios de diámetro fue sistema de película de agua (NFT) + Hierba buena (Cuadro 5).

Cuadro 5. Promedio de diámetro de la planta (mm) de los diferentes tratamientos evaluados

<b>Sistemas</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>
RF	Cilantro	4.86 a
S	Cilantro	4.81 ab
NFT	Cilantro	3.15 bc
RF	Hb	3.12 cd
S	Apio	2.9 cd
S	Hb	2.89 cd
NFT	Apio	2.59 cd
RF	Apio	2.73 cd
S	Lechuga	2.65 cd
NFT	Lechuga	2.61 cd
RF	Lechuga	2.47 cd
NFT	Hb	2.39 cd
R <sup>2</sup>	0.54	
CV	26.73	
<i>P</i> (<0.05)	0.001	

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

Marín (2010) realizó un estudio en el que evaluó el diámetro de tallo en plantas de cilantro en sistemas acuapónicos obteniendo diámetros de 3.2 mm a 4.6 mm en dos ciclos de producción, los resultados de este autor fueron inferiores a los reportados en el presente estudio ya que en el sistema sustrato y el sistema Raíz flotante se registraron diámetros con promedios de 3.15 y 4.81 respectivamente (figura 9).

### 5.1.3 Número de hojas por planta

Los resultados obtenidos del número de hojas por planta en los sistemas acuapónicos, se logró observar que en el sistema de raíz flotante + hierba buena presentó el mayor promedio siendo de 69 y el sistema de sustrato + hierba buena obtuvo un promedio de 31, con respecto al sistema de menor promedio fue el sistema de película de agua + hierba buena con 23 hojas. (figura 10). Consideramos que el cultivo de hierba buena presentó el mejor promedio de número de hojas debido a que su tallo crece rápidamente haciendo que la planta sea más frondosa.

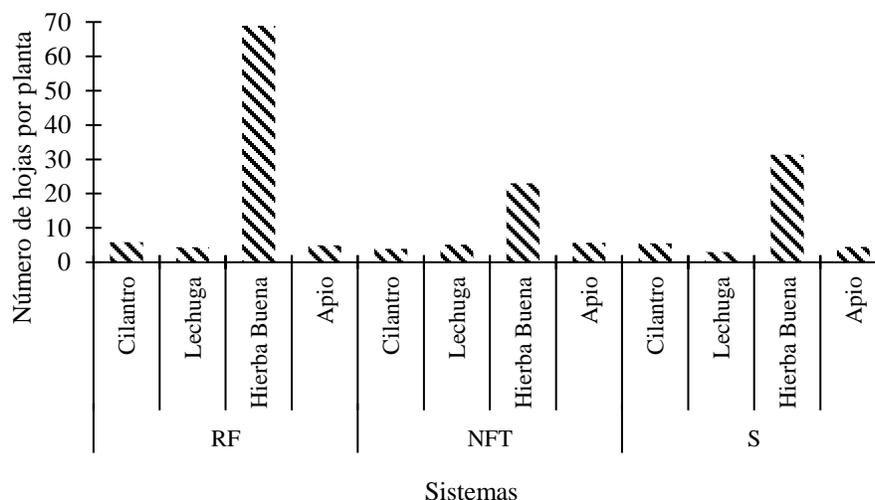


Figura 10. Número de hojas promedio en los diferentes tratamientos evaluados.

De acuerdo con el análisis realizado se determinó que el sistema de Raíz flotante + Hierba buena mostro diferencias significativa, con respecto a los demás sistemas de cultivo, seguido del sistema Sustrato + Hierba buena. El sistema que presento los menores promedios de número de hojas fue sistema de película de agua (NFT) + Lechuga (Cuadro 6).

Cuadro 6. Promedio de número de hojas por planta en los tratamientos evaluados

Sistemas	Tratamiento	Medias
RF	Hb	69 a
S	Hb	31 b
NFT	Hb	23 c
RF	Cilantro	6 c
NFT	Apio	6 c
S	Cilantro	6 c
NFT	Lechuga	5 c
RF	Apio	5 c
S	Apio	4 c
RF	Lechuga	4 c
NFT	Cilantro	4 c
S	Lechuga	3 c
R <sup>2</sup>		0.92
CV		41.61
P (<0.05)		0.001

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

Estudio realizado por Membreño (2019) obtuvo un comportamiento de 175 y 180 hojas después de un periodo de 90 días en cual la (*Mentha Spicata* L), registro la mayor cantidad de hojas haciendo ella misma más frondosa.

Juste (2018) menciona que esto se debe a que los tallo se desarrollaron permitiendo que la planta produzca un mayor número de hojas en la planta.

## 5.2 Evaluación de la eficiencia de los sistemas en las variables de rendimiento

### 5.2.1 Rendimiento (g) de los diferentes sistemas evaluados

En la figura 11 se puede observar que los tratamientos sustrato + apio y RF + hierba buena registro los mayores rendimientos con 226 y 190 gramos respectivamente. Los tratamientos que registraron los menores rendimientos fueron NFT + lechuga y sustrato + lechuga con 10.31 y 7 gramos respectivamente.

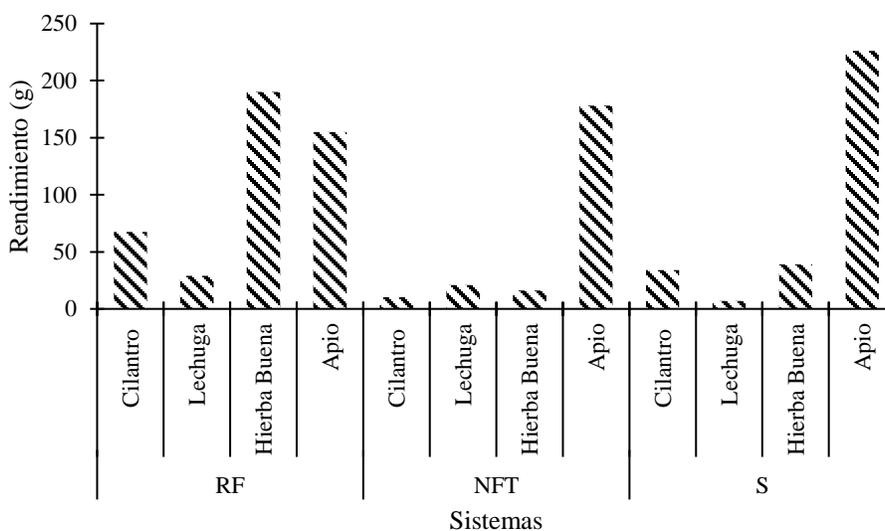


Figura 11. Rendimiento promedio de cultivos en los diferentes tratamientos evaluados.

El análisis estadístico muestra que existe diferencias significativas entre los tratamientos, siendo los tratamientos sustrato + apio y NF + hierba buena los que mostraron las mayores medias con 25.11 y 21.11 gramos. Los tratamientos que registraron los menores rendimientos fueron NFT + cilantro y sustrato + lechuga con 1.15 y 0.78 respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Rendimiento promedio (g) de tratamiento evaluados

<b>Sistemas</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>
S	Apio	25.11 a
RF	Hb	21.11 a
NFT	Apio	19.78 ab
RF	Apio	17.22 abc
RF	Cilantro	7.48 bcd
S	Hb	4.33 cd
S	Cilantro	3.78 cd
RF	Lechuga	3.22 d
NFT	Lechuga	2.33 d
NFT	Hb	1.78 d
NFT	Cilantro	1.15 d
S	Lechuga	0.78 g d
$R^2$	0.53	
CV	95.88	
$P (<0.05)$	0.001	

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

Carillos (2022) en su estudio analizo el rendimiento de apio en tres tipos de densidades de siembra en sistemas hidropónicos, siendo la densidad de siembra de 25 plantas/m<sup>2</sup> la que obtuvo un mayor rendimiento de 308.9 gramos, seguido de la densidad de siembra de 50 plantas/m<sup>2</sup> con un peso total de 175 g, y la densidad de siembra de 75 pl/m<sup>2</sup> con el menor rendimiento 144.8 g, para este autor las diferencias de rendimiento con respecto a densidades de siembra posiblemente se debió en el número de plantas/área crea una competencia por luz, agua y nutrientes. Aunque en el presente estudio no tuvo como objetivo evaluar densidades de siembra podemos observar que los valores obtenidos fueron inferiores a los del autor anteriormente descrito.

### 5.2.2 Producción de materia seca (%)

Según Marschner (2002) “la materia seca de las plantas está constituida por más del 90% en compuestos orgánicos como la celulosa, almidón, lípidos y proteínas, además en la composición mineral (Epstein y Bloom, 2005).

En la variable producción de materia seca podemos observar que el tratamiento sustrato + cilantro y NFT + hierba buena presentaron los valores superiores con 13 y 12.1%. Los sistemas que registraron los menores valores fueron NFT + Cilantro y Sustrato + lechuga con 3.9 y 2.4% respectivamente (figura 12).

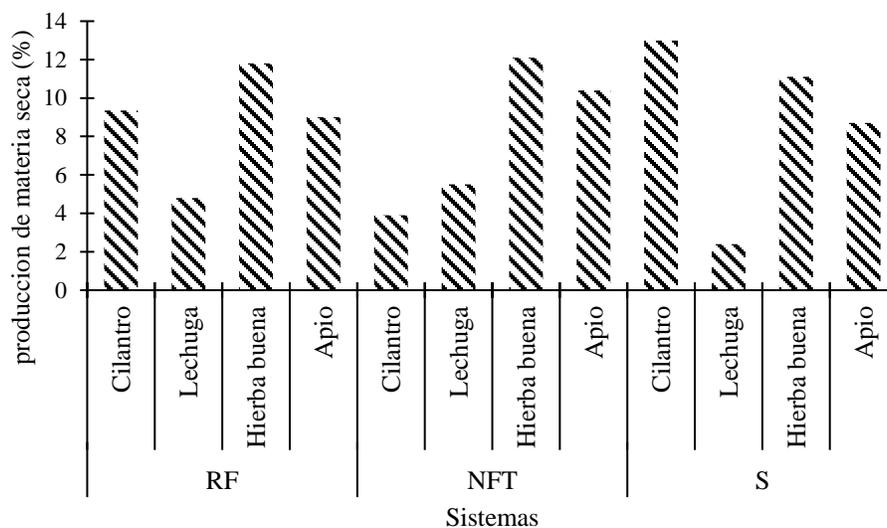


Figura 12. Producción de materia seca en los diferentes tratamientos evaluados.

El análisis estadístico muestra que existe diferencias significativas entre los tratamientos, siendo los tratamientos sustrato + cilantro y NFT + hierba buena los que mostraron las mayores medias con 13.04 y 12.11 %. Los tratamientos que registraron la menor producción de biomasa seca fueron NFT + cilantro y sustrato + lechuga con 3.93 y 2.41 % respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Producción de biomasa (%) en los diferentes tratamientos evaluados

<b>Sistemas</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>
S	Cilantro	13.04 a
NFT	Hierba buena	12.11 a
RF	Hierba buena	11.82 a
S	Hierba buena	11.13 ab
NFT	Apio	10.42 ab
RF	Cilantro	9.34 ab
RF	Apio	9.01 ab
S	Apio	8.76 ab
NFT	Lechuga	5.57 ab
RF	Lechuga	4.81 ab
NFT	Cilantro	3.93 ab
S	Lechuga	2.41 b
$R^2$	0.27	
CV	68.65	
$P (<0.05)$	0.001	

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

Suponemos que estos resultados se debieron al crecimiento alcanzado y la producción de hojas funcionales que fotosintetizan y lo transforman en componentes orgánicos como carbohidratos, proteínas y fibras.

Estudio realizado por Carillos (2022) analizo dos arreglos espaciales (tres bolillos y al cuadrado) y densidades de siembra en sistemas hidropónicos, este autor determinó que la densidad de 25 plantas/m<sup>2</sup> y en arreglo de tres bolillos presento el mayor peso seco con 11.18 g esto posiblemente se debió a que había un mayor distanciamiento entre plantas, lo que favoreció al sistema radicular y en consecuencia se dio un aprovechamiento de agua y nutrientes. Consideramos que las distancias de siembra en el presente estudio pudieron influir en el porcentaje de producción de materia seca.

## VI. CONCLUSIONES

El análisis de varianza presentó diferencias significativas  $P (<0.05)$  en las variables de crecimiento, determinando el mayor promedio de altura el tratamiento sistema raíz flotante + hierba buena (25.05 cm) seguido del tratamiento sustrato + hierba buena (20.88 cm) en comparación a los demás tratamiento. Con relación al diámetro de planta el tratamiento raíz flotante + cilantro (4.86 mm) y tratamiento sustrato + cilantro (4.81 mm) presentaron los mejores diámetros en comparación a los demás tratamientos. Con respecto a la variable número de hojas por planta el tratamiento raíz flotante + hierba buena y el tratamiento sustrato + hierba buena presentaron el mayor de número de hojas con 69 y 31 hojas por planta respectivamente.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza para el rendimiento (peso húmedo) indicaron que los tratamientos que presentaron mayor rendimiento fue sustrato + apio (25.11 g) y raíz flotante + hierba buena (21.11 g). Con respecto a la variable producción de materia seca el tratamiento sustrato + cilantro (13.04 %) y NFT + hierba buena (12.11 %) obtuvieron los mayores valores en comparación a los demás tratamientos en estudio.

## VII. RECOMENDACIONES

Experimentar el comportamiento de estos sistemas con otros cultivos como: tomate (*Solanum lycopersicum* L), cebolla (*Allium cepa* L), brócoli (*Brassica oleracea*), Oregano (*Origanum vulgare* L) y perejil (*Petroselinum crispum*).

Continuar con otros estudios en el que se evalué ganancia de peso y longitud ganada por los peces por día.

Realizar un análisis económico para determinar cuál de los sistemas acuapónicos por separado generan mayor ganancia para los productores.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Acuaponía Producción de Plantas y Peces Intagri S.C. (s. f.). Recuperado 22 de abril de 2022, de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces>
- Banco Mundial, “Promoviendo la Competitividad y estimulando el crecimiento agrícola de base amplia”, octubre 2002.
- Carrillos Romero, C. (2022). Evaluación de tres densidades y dos arreglos espaciales en producción orgánica hidropónica de Apio (*Apium graveolens* L.). [tesis de grado]. Universidad de El Salvador.
- CIAT. (1985). *CIAT informe 1985* . Cali, Colombia : Coleccion Historica .
- Cun, G. R., León, F., & García, H. (2007). Repuesta de apio (*Apium Graveolens* L.). *Revista ciencias técnicas agropecuarias*,8(3), 1-5.
- Cuthberg, K. 2008. A south african system. *Backyard aquaponics* 2:5-9. Second trimestre.
- Epstein, E. y Bloom, AJ (2005) *Nutrición mineral de las plantas: principios y perspectivas*. Segunda edición, Sinauer Associates, Sunderland.
- FAO, (2016). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2016. Las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria. FAO: Roma.
- FAO. (2016). La Cumbre Mundial sobre La Alimentación FAO. *FAO*, vol. 1 p. 21-26.
- FAO, FIDA y PMA. (2013). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2013. Las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria. FAO: Roma.
- Franklin Donald José Sánchez Rizo. (2006). Evaluación de cuatro especies medicinales en dos sustratos inertes bajo la técnica hidropónica en la comunidad de Pacora, San francisco libre.
- INFOAGRO. 2012. El cultivo del apio. Recuperado de: <http://www.infoagro.com/hortalizas/apio.htm>
- JAPÓN J. (s/f). Cultivo de perejil y de hierbabuena. Hojas divulgadoras Num.14/84 HD. Autoriza Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Publicaciones de extensión Agraria Corazón de María, 8- 28002-Madrid.
- Juste, I. (2018). *Como cuidar la hierba buena – los mejores consejos*. Retrieved 17 january 2020, recuperado de: <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/hogar/articulo/como-cuidar-la-hierbabuena-los-mejores-consejos-27665.html>
- Marín Pimentel, G. E. (2010). Determinación de los requerimientos hídricos del cilantro (*Coriandrum Sativum*), variedad Unapal precoso y su relación con el desarrollo del cultivo, la producción y la calidad, comparando un periodo seco y húmedo de siembra del cultivo en el año. [tesis de grado]. Universidad Nacional de Colombia.

- Marschner, H. (2002) *Nutrición Mineral de Plantas Superiores*. Segunda edición, Prensa académica, Ámsterdam, Boston, Heidelberg, Londres, Nueva York, Oxford, París, San Diego, San Francisco, Singapur, Sídney, Tokio.
- Martínez A., Meza N. 2011. Evaluación de riego y biofertilizante sobre seis poblaciones de tomate silvestre (*Lycopersicon* spp.), colectado en la Reserva de Recursos Genéticos de Apacunca (RRGA), Chinandega. [tesis de ingeniería]. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 56p
- Martínez, C. 2005. Apuntes del curso de producción de hortalizas II. Pag 45 – 48.
- Membreño Gutiérrez, R.G. (2019). *Comportamiento del desarrollo vegetativo de la hierba buena (Mentha Spicata L.) empleado en tres diferentes sustratos a nivel de vivero* [Tesis de ingeniería]. Universidad Nacional Agraria.
- Morales, J.P. 1995. FDA, Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. Cultivo de cilantro, cilantro ancho y perejil. Boletín técnico N° 25 (en línea). República Dominicana. Consultado 15 de diciembre del 2022. Disponible en: <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/cilantro.pdf>.
- Parameters Impacting Nitrification in Aquaponics.*
- Nelson R.L. 2007. Acuaponía. Nelson/Pade Multimedia. Montillo, WI. USA.
- Quintero, J. P. (2006). Recuperado de:  
[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1985\\_14.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1985_14.pdf)
- Ramírez, D.; Sabogal. D.; Jiménez, P. y Hurtado G. H. 2009. La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. 4:32-51.
- Revista del sector marítimo. (23 de Marzo de 2018). *ACUICULTURA: TOP 10 DE PAÍSES DE MAYOR PRODUCCIÓN ACUÍCOLA*. Obtenido de <https://sectormaritimo.es/acuicultura-top-10-paises-de-mayor-produccion-acuicola>
- Sánchez, F. (2006). *Evaluación de cuatro especies medicinales en dos sustratos inertes bajo la técnica hidropónica en la comunidad de Pacora, San Francisco Libre*. [tesis de grado] Universidad Nacional Agraria.
- Sidmizu, T. Scott, GJ. 2014. Los Supermercados y Cambios En La Cadena Productiva Para La Papa En El Perú. *Revista Latinoamericana De La Papa*. Vol. 18 (1). 77-104.
- Somarriba Rodríguez, Camilo (1998) *Granos básicos: texto básico*. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI.
- Tapia Diaz, C. G., (2018). Rediseño de reactores acuapónicos unifamiliares para el autoconsumo. [tesis de ingeniería]. Universidad Internacional SEK.
- TECA. (s.f.). Recuperado 22 de abril de 2022, recuperado de <https://teca.apps.fao.org/teca/fr/technologies/8725>

TECA. (s.f.). Recuperado 22 de abril de 2022, recuperado de <https://teca.apps.fao.org/teca/fr/technologies/8725>

Técnicas de Acuaponia.pdf. (s. f.). Google Docs. Recuperado 6 de abril de 2022, recuperado de [https://drive.google.com/file/d/1qGDOEttXKpVtWcVsvqDRw\\_8nzi66i9mv/view?usp=sharing&usp=embed](https://drive.google.com/file/d/1qGDOEttXKpVtWcVsvqDRw_8nzi66i9mv/view?usp=sharing&usp=embed)

Téllez, I. 1998. Comportamiento en sobrevivencia, crecimiento y producción de biomasa seca de 30 especies forestales bajo condiciones de la zona seca de Azul, La Leona, León. Pág. 68. [Trabajo de diploma]. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/908/1/tnk10t275.pdf>

Tomlinson, L. (2016). Acuaponía cubierta en edificios abandonados: una posible. *Revista del derecho y la política el desarrollo sostenible*, Vol. 16, p. 25-29.

Tyson, R.V., Simonne, E.H., White, J.M., & Lamb, E.M. (2004). *Reconciling Water Quality*

Van Gorder S.D. 2000. Small scale aquaculture. The Alternative Aquaculture Association. Breinigsville, PA, USA

Villalobos, M.J.; Lacasa, A.; González, A.; Varó, P.; Monserrat, A. & García, M.J. 2002. Cultivo intercalado y control de plagas en horticultura ecológica. La Alberca, España. p. 268-272

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Hoja de datos

Título: Crecimiento y Rendimiento de Lechuga (*Lactuca Sativa*), Apio (*Apium graveolens*), Hierba buena (*Mentha spicata*) y Culantro (*Cilantro cimarrón*), en tres sistemas acuapónicos, Fecha de registro \_\_/\_\_/2023

Evaluador:

Tratamientos	Replica	Altura	Diámetro	Numero de hojas	Área de la hoja	Peso húmedo	Peso seco
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						

Anexo 2. Consumo de alimento balanceado sugerido para tilapia con base en su biomasa

Periodo de alimentación (quincenal)	Estanque	Cantidad	P. actual promedio del pez (g)	Biomasa	% Ración	% Gramos	Tiempo
1	G1	50	72.78	3639	4.65	169.21	1er tiempo: 86 g 2do tiempo: 86 g
2	G1	50	77	3850	4.6	177.1	1er tiempo: 89 g 2do tiempo: 89 g
3	G1	48	81	3,866	4.6	177.85	1er tiempo: 89 g 2do tiempo: 89 g

Biomasa= cantidad x p. actual promedio del pez (g)

% Ración= (ver cuadro 3)

% Gramos= Biomasa x % Ración / 100

Anexo 3. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey a la variable altura de la planta, análisis de los sistemas

Sistemas	Medias	n	E. E	
Película de Agua (NFT)	9.74	36	0.57	a
Sustrato Raíz flotante (RF)	11.81	36	0.57	b
	12.35	36	0.57	b

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

Anexo 4. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey a la variable altura de la planta, análisis de los tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E. E</b>		
Cilantro	4.97	27	0.66	a	
Lechuga	10.54	27	0.66		b
Apio	11.22	27	0.66		b
Hierba buena	18.47	27	0.66		c

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

Anexo 5. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey variable diámetro de la planta, análisis de los sistemas

<b>Sistemas</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E. E</b>		
Película de Agua (NFT)	2.71	36	0.14	a	
Sustrato Raíz flotante (RF)	3.04			a	b
	3.33				b

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

Anexo 6. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey variable diámetro de la planta, análisis de los tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E. E</b>		
Lechuga	2.49	27	0.17	a	
Hierba buena	2.59			a	
Apio	2.69			a	
Cilantro	4.34				b

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

Anexo 7. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey a la variable Número de hojas por plantas, análisis de los sistemas

<b>Sistemas</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E. E</b>	
Película de Agua (NFT)	9.52	36	0.96	a
Sustrato	11.46			a
Raíz flotante (RF)	21.01			b

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

Anexo 8. Valores promedios y resultados de la prueba de Tukey a la variable Número de hojas por plantas, análisis de los tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E. E</b>	
Apio	4.97	27	1.11	a
Cilantro	10.54	27	1.11	a
Lechuga	11.22	27	1.11	a
Hierba buena	18.47	27	1.11	b

Los valores promedios que comparten la misma letra no presentan diferencia estadística entre sí (Tukey  $\geq 0,05$ ).

Anexo 9. Diferentes componentes de los sistemas acuapónicos.



Anexo 10. Evaluación de variables de crecimiento



Anexo 11. Peso y alimentación de peces

