



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA

Evaluación de la producción del cultivo de lechuga de hoja (*Lactuca sativa*), y el desarrollo de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Sistema de Acuaponía.

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE

INGENIERÍA AGRÓNOMICA

AUTORA: Sánchez Chuquitarco María Fernanda

TUTOR: Ing. Mg. León Gordón Olguer Alfredo

Cevallos – Ecuador

2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo de Titulación sobre el tema, **Evaluación de la producción del cultivo de lechuga de hoja (*Lactuca sativa*), y el desarrollo de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Sistema de Acuaponía**, de la alumna **Sánchez Chuquitarco María Fernanda**, estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica, expongo que dicho Trabajo de Titulación ha sido revisado en su totalidad, el mismo que responde a las normas establecidas en el **Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato**.

Por lo tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para ser sometido a la evaluación de los profesores calificadores designados por **Consejo Directivo de la Facultad**.

Cevallos, junio 2026



.....

Ing.Mg. León Gordón Olguer Alfredo

TUTOR

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

El suscrito, SÁNCHEZ CHUQUITARCO MARÍA FERNANDA, portador de la cédula de ciudadanía número: 1804969184, libre y voluntariamente declaro que el informe final del Proyecto de investigación titulado: Evaluación de la producción del cultivo de lechuga de hoja (*Lactuca sativa*), y el desarrollo de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Sistema de Acuaponía, es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indica las fuentes de información consultada.

Cevallos, junio 2026



.....
Sánchez Chuquitarco María Fernanda

AUTORA

DERECHOS DEL AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de investigación titulado, Evaluación de la producción del cultivo de lechuga de hoja (*Lactuca sativa*), y el desarrollo de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Sistema de Acuaponía, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, para que este documento este disponible para su lectura, según las normas de la Universidad. Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial. Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final o de parte de él.

Cevallos, junio 2026



.....

Sánchez Chuquitarco María Fernanda

AUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueben el Trabajo de Titulación, Evaluación de la producción del cultivo de lechuga de hoja (*Lactuca sativa*), y el desarrollo de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Sistema de Acuaponía de Sánchez Chuquitarco María Fernanda, Estudiante de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de conformidad con el Reglamento para la Titulación de Grado para obtener el Título terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato, una vez revisado y calificado.

Cevallos, junio 2026

REVISADO POR:



Ing. Mg. León Gordón Olguer Alfredo

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN

Para constancia firman:



Ing. Vásquez Carlos, PhD

PRESIDENTE



Ing. Curay Quispe Segundo Euclides, PhD

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Mg. Velastegui Espin Giovanny Patricio

MIEMBRO TRIBUNAL DE GRADO

DEDICATORIA

Esta dedicatoria es principalmente a Dios por ser mi guía, y a mi madre santísima virgen de Cisne, dedico de igual manera a toda mi familia por el apoyo incondicional brindada en especial al amor de mi vida que me ha dado aliento en los momentos más difíciles de mi vida que me ha hecho reír y ser fuerte para que siga adelante que por ella me esfuerzo día a día ya que es mi vida entera, mi complemento, en si es mi todos por ti Emily Toapanta ya que desde que llegaste a mi vida solo son locuras y alegrías, como olvidarme de mis padres Olger y María por estar ahí conmigo y ayudarme con ese granito de arena y empujarme a ser mejor cada día, también a mis hermanos en especial a Olger y mi hermano John.



.....
Sánchez Chuquitarco María Fernanda

AUTORA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco Dios por tenerme en donde estoy y ayudarme en el momento que más necesito porque tu amor es único hacia todos tus hijos.

Mi agradecimiento a todas las personas que me han dado una palabra de ánimo y decirme que podía.

Agradezco a la persona que han estado ahí para mí incondicionalmente Juan Toapanta gracias por ser mi sostén y mi apoyo te estaré eternamente agradecida.

Agradezco a mi cuñada Guadalupe que me apoyado y a cuál la considero como la hermana que nunca tuve.



.....

Sánchez Chuquitarco María Fernanda

AUTORA

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada	i
APROBACION DEL TUTOR.....	ii
AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DEL AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
REVISADO POR:	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I.....	1
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Marco Conceptual	3
1.3.1. Acuaponía	3
1.3.2. HIDROPONÍA	4
1.3.3. Hidroponía vertical	4
1.3.4. Componente acuícola Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	5
2.1.2. Componente hidropónico lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	9
2.2. Hipótesis	12
2.3. Variable Respuesta	13
2.3.1. Variable independiente	13
2.3.2. Variable dependiente	13
CAPÍTULO II.....	14
METODOLOGÍA	14
2.1. Ubicación del ensayo	14
2.2. Características del lugar	14

2.2.1.	Clima	14
2.3.	Materiales	15
2.3.1.	Materiales para el Sistema de Acuaponía	15
2.3.2.	Equipos	15
2.3.3.	Material eléctrico	16
2.4.	Factor de Estudio	16
2.5.	Características del Tratamiento	16
2.6.	Manejo del experimento	17
2.7.	Estanques	17
2.8.	Alimentación	17
2.9.	Incorporación de tilapias al Sistema	18
2.10.	Variables respuesta	18
2.10.1.	Altura de planta	18
2.10.2.	Peso de plantas (g)	18
2.10.3.	Rendimiento	18
2.10.4.	Longitud de peces	18
2.10.5.	Peso de peces	19
2.11.	Metodología	19
2.12.	Diseño experimental	20
CAPITULO III		21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		21
3.1.	Altura de planta de lechuga	21
3.2.	Peso de planta de lechuga	22
3.3.	Rendimiento de lechuga	23
3.4.	Longitud de tilapia	24
3.5.	Peso de la tilapia	24
CAPITULO IV		26
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		26
4.1.	CONCLUSIONES	26
4.2.	RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		28
ANEXOS		33

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la tilapia	6
Tabla 2. El ciclo biológico de las tilapias se debe describir las siguientes etapas	6
Tabla 3. Taxonomía de la lechuga	10
Tabla 4. Valor nutricional de la lechuga	12
Tabla 5. Descripción de los tratamientos	16
Tabla 6. Contenido del alimento de los peces	17
Tabla 7. Muestra de la investigación	20
Tabla 8. Prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de las plantas de lechuga sometidas a diferentes tratamientos	21
Tabla 9. Prueba de Tukey al 5 % para la variable peso de las plantas de lechuga sometidas a diferentes tratamientos	22
Tabla 10. Prueba de Tukey al 5 % para la variable longitud de tilapias	24
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5 % para la variable peso de tilapias	25

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Figura 1.</i>	<i>Mapa de la provincial de Tungurahua</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2.</i>	<i>Rendimiento del cultivo de lechuga</i>	<i>23</i>

RESUMEN EJECUTIVO

La acuaponía es un sistema de producción sustentable que articula la producción de peces con la de hortalizas en agua, con costos bajos y altos índices de rentabilidad, es una actividad en la que se incluyen los desechos orgánicos de los alimentos que no fueron ingeridos por los peces, las heces y la orina de los seres acuáticos que con la acción bacteriana se transforman en nitratos en beneficio del desarrollo de las plantas. La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar la producción del cultivo de lechuga de hoja (*Lactuca sativa*), y el desarrollo de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Sistema de Acuaponía. Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones. La densidad poblacional de tilapia fue el factor en estudio que fue de 10, 15 y 20 tilapias/m³. En este estudio se evaluó el desarrollo del cultivo de lechuga en un sistema de acuaponía utilizando a la tilapia como especie piscícola. Se determinó que con el tratamiento T3 (20 peces) se obtuvieron los mejores resultados en términos de peso, altura de la planta de lechuga y rendimiento. Los resultados del experimento señalan que el cultivo de plantas con tilapia es factible porque permite aprovechar los desechos nitrogenados, así como también el cultivo de lechuga que resulta de interés comercial. El sistema de cultivo acuapónico hace más eficiente el espacio disponible, asimismo genera rendimientos similares o superiores que el cultivo tradicional. Podemos indicar que en la cría de las tilapias (*Oreochromis niloticus*) en acuaponía no se obtuvieron diferencias estadísticas en los parámetros estudiados esto se debe probablemente a que el desarrollo de los peces se encuentra determinado por factores como temperatura y alimentación que fue similar en todos los tratamientos.

Palabras Claves: Acuaponía, lechuga, tilapia, rendimiento, pez.

ABSTRACT

Aquaponics is a sustainable production system that combines fish and vegetable production in water, with low costs and high profitability rates. It is an activity that includes organic waste from food that was not ingested by fish, feces and urine of aquatic beings that with bacterial action are transformed into nitrates, benefiting plant development. This research was carried out with the objective of evaluating the production of leaf lettuce (*Lactuca sativa*) and the development of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the aquaponics system. For the development of the research, a completely randomized experimental design with 3 treatments and 3 replications was used. The population density of tilapia was the factor under study, which was 10, 15 and 20 tilapia/m³. In this study, the development of lettuce cultivation in an aquaponics system using tilapia as a fish species was evaluated. It was determined that treatment T3 (20 fish) yielded the best results in terms of weight, height of the lettuce plant, and yield. The results of the experiment indicate that growing plants with tilapia is feasible because it allows for the utilization of nitrogenous waste, as well as the cultivation of lettuce, which is of commercial interest. The aquaponic cultivation system makes available space more efficient and generates similar or higher yields than traditional cultivation. We can indicate that no statistical differences were observed in the parameters studied when raising tilapia (*Oreochromis niloticus*) in aquaponics. This is probably due to the fact that fish development is determined by factors such as temperature and feed, which were similar in all treatments.

Keywords: Aquaponics, lettuce, tilapia, yield, fish.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

La acuaponía desarrolla una conexión entre dos métodos de cultivo, el acuícola de animales como son los peces e hidroponía que se refiere a las plantas, estos dos métodos están fusionados en un sistema de recirculación, es un sistema en el cual los desechos que generan los peces así como el alimento que no es consumido por los mismos serán aprovechados por las plantas y a su vez son modificados en materia orgánica vegetal, de esta manera se genera un producto de valor a partir de un subproducto desechable, con la ventaja de que el agua libre de nutrientes queda aprovechable para ser reutilizada. Los sistemas acuapónicos trabajan sobre dos puntos de gran utilidad, en producción, rentabilidad y en el tratamiento de desechos Caló, (2011).

Su rentabilidad y los tratamientos que se realizan con los desechos generan una diversidad de ventajas que esta propuesta innovadora propone en el sistema de recirculación, los desechos metabólicos son adquiridos por las plantas evitando el desperdicio de agua ya que con este método de recirculación solamente ocuparía el 1.5% contario a los sistemas de recirculación tradicional que es de 5 al 10 % con esto evitaríamos los costos en el sistema operativo Caló, (2011).

Los desechos de los peces son muy útiles para las plantas ya que contienen un requerimiento similar al necesario para que se desarrollen y crezcan, el sistema acuapónico está conformado por un tanque de peces u otros organismos vivos acuáticos, sistema de bombeo, sistema de aireación para la recirculación del agua, el agua debe ser enviada de vuelta al tanque donde se encuentran los peces, para esto se utilizan tubos PVC, existe una condición para que este sistema sostenga su funcionamiento la cual es

el suministro de energía eléctrica que nos ayuda a mantener el flujo de agua (Ramírez et al., 2008).

La acuaponía es un sistema de producción sustentable, que acopla la producción de peces con la producción de hortalizas en agua, sin uso de tierra, con costos bajos y altos índices de rentabilidad. La acuaponía es una actividad que incluyen los desechos orgánicos de los alimentos que no fueron ingeridos por ningún ser vivo, al igual que las heces y la orina de los seres acuáticos que con la acción bacteriana se convierten en nitratos en beneficio del crecimiento de las plantas (Moreno, 2014).

Según FAO (2022), menciona que la acuaponía está compuesta de dos métodos: la acuacultura que está inmerso en el cultivo de especies acuáticas y la hidroponía que es la producción de los cultivos vegetales con base en soluciones nutritivas y la obtención de vegetales sin que sean plantados en el suelo, este sistema simbiótico propuesto es factible para la zona urbana en donde no existen espacios para la agricultura, este proyecto nos ayudará a tener insumos agrícolas y peces que ayudan para la alimentación de las personas.

Con la instalación de esta investigación proponemos una alternativa para la obtención de productos alimenticios sin la necesidad de tener grandes extensiones de terreno donde sembrar, A través de los años la población va en aumento por lo que posiblemente en un futuro no existan espacios para practicar la agricultura por lo que es necesario tener en consideración estas nuevas alternativas que contribuirán a asegurar la alimentación de la población. (FAO,2022).

1.2.OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la producción del cultivo de lechuga de hoja (*Lactuca sativa*), y el desarrollo de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Sistema de Acuaponía.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*).
- Determinar el desarrollo de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el tiempo de producción del cultivo de lechuga en Acuaponía.

1.3.Marco Conceptual

1.3.1. Acuaponía

Es una técnica o actividad tecnológica en la que los desechos orgánicos, tales como heces y orina de los peces u organismos acuáticos, se convierten mediante la acción bacteriana en nitritos que sirven como fuente de nutrientes para que las plantas crezcan, con esto mejora la calidad del agua ya que las plantas actúan como un filtro biológico a tal grado que se puede reintegrar a los sistemas acuáticos.

El sistema acuapónico tiene tres tipos de técnicas de crecimiento de las plantas:

- Sistema de solución nutritiva recirculante
- Sistema de raíces flotantes
- Sistema de camas de grava

El sistema de solución nutritiva recirculante genera una circulación constante en una lámina delgada de la solución nutritiva que va a fluir a través de las raíces del cultivo en la cual va a generar un sistema de camas para el crecimiento de plantas (Moreno, Zafra, 2014).

1.3.2. HIDROPONÍA

La hidroponía está basada en el cultivo sin suelo utilizando disoluciones minerales, es una técnica basada en principios científicos que al igual que en la acuaponía existen tres tipos de técnicas tales como son:

NFT: Esta técnica es la que ayuda a cultivar hortalizas en tubos de PVC, en la cual utilizamos agua con nutrientes y así la planta dispondrá de los minerales útiles para su crecimiento.

Raíz Flotante: Esta técnica permite cultivar en cajones de madera o plástico sobre una placa de unicel en la cual flota en agua con los nutrientes que se encuentren en ella, así facilitara el manejo y el espacio del que dispone.

En sustrato: Es una técnica muy útil ya que se utiliza para cultivar hortalizas, se utilizan varios sustratos uno de ellos podría ser vermiculita entre otros.

La hidroponía nos ayuda a cultivar de forma más fácil y casera, por lo que los cultivos hidropónicos se utilizan en cualquier parte y en espacios pequeños (Ruiz, 2016).

1.3.3. Hidroponía vertical

Infocampo, (2024), menciona que es una técnica hidropónica de cultivos en agua, por la cual las plantas crecen y desarrollan su parte aérea flotante que se mantienen a flote en un contenedor o en tubos teniendo siempre las raíces sumergidas en una solución nutritiva. Existe un objetivo principal con este sistema que es aportar diversos requerimientos fundamentales para el cultivo como son temperatura, humedad, agua y nutrientes, con estos la planta se desarrollará y crecerá, ya que este sistema permite controlar las condiciones ambientales y diferentes complicaciones como las plagas, enfermedades que dicho cultivo pueda tener, hay que insistir que en el método hidropónico no es necesario ocupar sustratos, solamente se requiere de agua y nutrientes que serán consumidos por las raíces que permanecerán sumergidas. Para la construcción

de un cultivo hidropónico vertical debemos construir una torre vertical con tubos de PVC, en la cual deberemos realizar las perforaciones de 5 a 10 cm para que podamos manipular la planta.

1.3.4. Componente acuícola Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Es un pez dulceacuícola, esto quiere decir que es estrictamente de aguas dulces pero que pueden soportar tiempos prolongados de la salinidad, es originario de África, posee varias características para que sea considerado un estupendo pez para la acuicultura, se podría decir que es una especie invasora muy peligrosa debido a su adaptabilidad y potencial productivo (Jacome, 2019).

En el mercado comercial la demanda de tilapia es alta por tal motivo se establecen tanques para el cultivo del pez, ya que va en aumento su producción debido a su preferencia por la calidad de la carne que es óptima en contenido proteico, colesterol, vitaminas, minerales, etc. La tilapia es de rápido crecimiento por lo que necesita menos tiempo para alcanzar el tamaño de comercialización, esta puede alcanzar pesos de entre 1 a 1.5 libras en un periodo de 6 a 9 meses (Loor, 2024).

1.3.4.1.Taxonomía

Tabla 1. Taxonomía de la tilapia	
Reino	<i>Animal</i>
Phylum	<i>Chordata</i>
Suphylum	<i>Vertebrata</i>
Superclase	<i>Gnathostomata</i>
Serie	<i>Pisces</i>
Clase	<i>Actinopterygii</i>
Orden	<i>Perciformes</i>
Suborden	<i>Percoidei</i>
Familia	<i>Cichlidae (Cíclidos)</i>
Subfamilia	<i>Pseudocrenilabrinae</i>
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>O. niloticus</i>
Nombre común	Tilapia

Fuente: Cantor, (2007)

2.1.1.1. Ciclo Biológico

Tabla 2. El ciclo biológico de las tilapias se debe describir las siguientes etapas

ETAPAS	ESTADÍO	TALLA (cm)	PESO (g)	TIEMPO (días)
1	Huevos: Es el producto de la fecundación de los gametos masculinos y femeninos, en la que luego iniciara el desarrollo embrionario.	0,2 - 0,3	0,01	3 - 8
2	Alevín: Es la etapa del desarrollo subsecuente al embrión y a la eclosión.	0,5 - 1,0	0,10 - 0,12	8 - 15
	La supervivencia es la base de			

	nutrientes y proteínas contenidas en el saco vitelino.			
3	Cría: es cuando los peces han absorbido el saco vitelino y comienza a aceptar alimentos balanceados.	3 - 7	0,5 - 4,7	15 - 30
4	Juvenil: Es cuando pasan dos meses de edad aquí es mayor la exigencia nutritiva, y se van diferenciando y se aproximan más a adulto.	7 - 8	10 - 50	45 - 60
5	Adulto: Es la última etapa de desarrollo y se cumple un lapso de 3 meses y medio de edad.	8 -18	70 -100	70 - 90

Fuente: Cantor (2007); Agrotendencia (2020).

2.1.1.2.Morfología del pez

Es un tipo de pez que presentan un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza que es la entrada y salida de la cavidad nasal, su cuerpo es generalmente comprimido y redondo y raramente alargado. La boca es ancha bordeada por labios gruesos con dientes cónicos y algunos incisivos en ciertas ocasiones. Según Saavedra menciona que para su locomoción tiene aletas pares e impares, las aletas pares son las pectorales y las ventrales; las impares están formadas por las aletas dorsales, la caudal y la anal. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta, consta de varias espinas y una aparte terminal de radios suaves, disponiendo sus aletas dorsales en forma de cresta; también posee una aleta caudal que es redonda, trunca y raramente corta, como en todos los peces es para mantener el equilibrio durante a natación (Martínez, 2020).

2.1.1.3.Alimentación

Se puede clasificar como Omnívoro variando desde la vegetación macroscópica hasta algas unicelulares, así como bacterias. Las tilapias tienen branqui-espinas con lo que los peces pueden filtrar el agua para obtener su alimento que consiste en algas, los alimentos pasan por la faringe donde son desintegrados. También acepta fácilmente los alimentos artificiales, así como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, etc. Una base importante para la alimentación de la tilapia la constituyen varios alimentos naturales que son desarrollados en el agua con contenido proteico del 55% (Saavedra, 2006).

2.1.1.4.Requerimientos medioambientales

Según, Saavedra (2006), la tilapia necesita que en el sitio de cultivo se mantengan los siguientes requerimientos:

- Temperatura: La temperatura optima pueden ser entre 20-30 °C y a temperaturas menores de 15 °C el pez no crece, si se quiere obtener una reproducción optima la temperatura debe estar entre 26-29 °C.
- Oxígeno disuelto: La tilapia soporta bajas concentraciones de oxígeno, como mínimo de 1 mg/L, aunque es conveniente de 2 o 3 mg/L, mientras menor cantidad de oxígeno exista es menor el consumo de alimento.
- pH: Los mejores valores para los peces se encuentran entre 7 y 8 aunque pueden soportar pH de 5, pero también resisten un pH alcalino de 11.
- Turbidez: Se debe mantener 30 centímetros de visibilidad (lectura del Disco Secchi).
- Altitud: 850 a 2,000 msnm.
- Luz: la radiación influye considerablemente en el proceso de la fotosíntesis de las plantas acuáticas dando paso a la productividad primaria.

2.1.1.5. Mortalidad de la Tilapia

El rigor mortis es el parámetro que se nota más en los cambios posmortem esto quiere decir que afectan a las propiedades de los músculos, podemos decir que en el pescado se nota a pocas horas después de su muerte esto lo podemos observar con la rigidez e inflexibilidad de los músculos, si llegara a ocurrir la mortalidad existiría varios problemas notables como son la alteración de los parámetros del agua, contaminación del suelo, malos olores, atracción de plagas y talvez aves de rapiña. La muerte de tilapias en estanques en su mayoría se desconoce sus causas ya que el conocimiento de estos es empírico, pero puede ser dada principalmente por cambios de los parámetros del agua, así como el mal manejo y por enfermedades, la muerte de la tilapia se da por parásitos, bacterias patógenas como *Aeromonas (hydrophila)* (Pinzon, 2022).

Para evitar la mortalidad se deben seguir varias actividades como son el registro que incluye el monitoreo, condiciones sanitarias, diagnóstico de enfermedades, tratamientos implicados; medidas de bioseguridad: lavado y desinfección de recipientes, impedir derrames de agua, etc. Alimentación de acuerdo con el tamaño y su especie, suministrar alimentos certificados, etc. Se deben usar medicamentos destinados al uso acuícola, evitar el uso de medicamentos vencidos, etc., (Pinzon, 2022).

2.1.1.6. Densidad de peces

Una densidad de siembra recomendada es de 10 -20 peces /m³, para estanques pequeños de 5-10 peces /m³ (para estanques medianos) y de 2 -5 peces /m³ (para estanques grandes) con esta información se puede mencionar que necesitaremos un estanque o pozo que pueda contener 1000 litros de agua (MSD, 2022).

2.1.2. Componente hidropónico lechuga (*Lactuca sativa*)

La lechuga (*Lactuca sativa*) es una hortaliza de hoja, es un vegetal muy económico del cual se consumen sus hojas, tiene una gran historia en la humanidad tanto que fue

venerada en la antigüedad, el área cultiva es de 3000 ha. aproximadamente según los datos de la FAOSTAT en el 2019, con esta producción abastecía la demanda del país (Rojas, 2019).

Esta hortaliza es una de las más consumidas por la población tal es la acogida de este producto que es utilizada en su mayoría para dietas en la zona sierra del Ecuador, ya que esta es rica en minerales tales como el hierro y es bajas calorías, grasas y sodio; esta hortaliza es muy consumida en ensaladas con limón, vinagre y tomate (Turushina, 2022).

2.1.2.1.Taxonomía

Tabla 3. Taxonomía de la lechuga

REINO	Plantae- Plantas
SUBREINO	Tracheobionta – Plantas vasculares
SUPERDIVISION	Spermatophyta – Plantas con semilla
DIVISIÓN	Magnoliopsida – Plantas con flores
CLASE	Magnoliopsida – Dicotiledónes
SUBCLASE	Asteridae
ORDEN	Asterales
FAMILIA	Asteraceae
GENERO	Lactuca L.
ESPECIE	Lactuca sativa L.

Fuente: Vega, (2013)

2.1.2.2.Características Morfológicas

Es una planta anual y autógama, su raíz tiende a sobrepasar los 25 cm en su raíz pivotante, los bordes de los limbos pueden ser de diferentes formas; lisas, aserradas u onduladas, sus semillas están dotadas de pelos simples (Villareal, 2015).

En estado vegetativo avanzado en el cogollo aparece un tallo cilíndrico, el tallo se ramifica desde un tercio de su altura en donde tiene varias hojas cada vez más pequeñas, acaba en una inflorescencia formada por varios capítulos de flores amarillas, su semilla tiene forma de aquenio pequeño con colores blancos y negros, contiene una cantidad de 800 semillas por gramo (AgroEs, 2013).

2.1.2.3. Descripción Fisiológica

Existen tres fases en la mayoría de las lechugas según sus ciclos:

- Fase de formación de una roseta de hojas
- Fase de formación de un cogollo más o menos compacto
- Fase de reproducción o emisión del tallo floral

La lechuga es un cultivo de día largo es decir que necesitan una mayor exposición para que esta se desarrolle óptimamente. La lechuga tiene una semilla que puede estar en período de latencia por dos meses, esta latencia se puede romper por factores como temperatura. El peso y tamaño de la semilla tiene efecto en el crecimiento y en la formación posterior del cogollo (AgroEs, 2013).

2.1.2.4. Trasplante

Según Castillo (2018), para el trasplante se debe considerar el número de hojas de la planta que debe ser de 3 a 4 hojas esto se debe tomar en cuenta para introducir en el sistema que vamos a realizar en el experimento.

2.1.2.5.Valores nutricionales de la lechuga (*Lactuca sativa*)

Tabla 4. Valor nutricional de la lechuga

Valor nutricional de la lechuga en 100 g	
Nutrientes	Valor
Proteínas	0,8 g
Grasas	0,1 g
Carbono	5 mg
Calcio	13 mg
Magnesio	7 mg
Fósforo	25 mg
Potasio	100 mg
Hierro	1,5 mg
Agua	96 g
Calorías (cal)	11

Fuente: Castillo, (2018)

2.1.2.6. Distancia de siembra

Para proceder a mencionar la distancia se debe tomar en cuenta varias informaciones de diversos proyectos en los que se establece que debe tener 5 cm al inicio y al final sin agujeros y 15 cm de espacio entre cada agujero, dando como resultado 30 agujeros por tubo ya que éste tiene de 1.70 a 2 metros de largo (Castañares, 2018).

2.2.Hipótesis

La producción del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*), en acuaponía se incrementa de acuerdo con el número de peces utilizados.

2.3.Variable Respuesta

2.3.1. Variable independiente

Densidad poblacional de tilapia en sistema de Acuaponía

2.3.2. Variable dependiente

Producción del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*).

a 500 mm, con sequía en los meses de junio a septiembre, tiene vientos del sureste de 9 km/h, la humedad que es de 77%, nubosidad del 84% (METEORED, 2025).

2.3. Materiales

2.3.1. Materiales para el Sistema de Acuaponía

- Tubos PVC de 2 m
- Soporte para el cultivo hidropónico de plástico
- Valdés
- Manguera de plástico
- Teflón
- Sierras
- Silicón
- Piola
- Geomembrana
- Palas
- Azadón
- Vasos plásticos
- Esponja
- Cinta métrica o flexómetro
- Alimento

2.3.2. Equipos

- Pistola de calor
- Bombas sumergibles de 45W
- Balanza digital

2.3.3. Material eléctrico

- Cable de electricidad N.º 16
- Toma corrientes
- Adaptadores para doble entrada
- Enchufes individuales
- Taype
- Material biológico
- Plántulas de lechuga
- Peces, especie tilapia

2.4. Factor de Estudio

a. Densidad poblacional de tilapia (Densidad de peces / m³)

- D1: 10 peces
- D2: 15 peces
- D3: 20 peces

2.5. Características del Tratamiento

Tabla 5. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTO	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
T1	D1	10 peces
T2	D2	15 peces
T3	D3	20 peces

2.6. Manejo del experimento

En el estudio se adquirieron 135 peces con un peso de 140 g a 150 g y una longitud de 13 a 17 cm provenientes de la provincia de Morona Santiago, la alimentación se realizó de manera equitativa de 8g/ pez dos veces al día, para el experimento se utilizaron 270 plantas de lechuga de la variedad starfighter de 7 a 10 cm de longitud y 4 hojas verdaderas y un peso promedio de 5 gramos.

Tabla 6. Contenido del alimento de los peces

Comida (g)	Peces		Total día (g)	Total Semana (g)
8	10	80	160	1120
8	15	120	240	1680
8	20	160	320	2240

2.7. Estanques

Se consideró un estanque de 1 m³, siendo una siembra moderada de peces, 1000 litros de agua, con una geomembrana de 16 milésimas.

2.8. Alimentación

Se alimentó a los peces dos veces al día, a las 8 am y las 6 pm, el propósito de realizar esta actividad fue para cumplir las necesidades de alimentación de la tilapia, y que sus desechos ayuden a obtener mejores resultados en el desarrollo de las plantas de lechuga, el alimento utilizado fue balanceado de crecimiento y de engorde de la casa comercial bio alimentar.

2.9. Incorporación de tilapias al Sistema

La investigación inició con una población de 135 ejemplares de tilapia (*Oreochromis niloticus*) de estado adulto con peso promedio de 140 a 150 g y una longitud de 13 a 17 cm en fase de engorde óptimo para la investigación. Todas las tilapias fueron esterilizadas antes de ingresar al estanque con azul de metileno, la siembra de la tilapia se lo realizó 15 días antes del trasplante de la lechuga y su traslado se efectuó con oxígeno para evitar mortalidad.

2.10. Variables respuesta

2.10.1. Altura de planta

Se midió la altura de planta al inicio y cada 15 días después del trasplante de lechuga, con el fin de registrar los datos para realizar los cálculos estadísticos.

2.10.2. Peso de plantas (g)

Se pesaron 5 ejemplares tomados al azar con una balanza analítica, se registró en una tabla de resultados expresado en gramos al inicio y a los 15, 30 y 45 días.

2.10.3. Rendimiento

El cálculo del rendimiento de lechuga se realizó al finalizar el experimento multiplicando el peso de planta por el número de plantas utilizadas, se expresó en Kg/m³.

2.10.4. Longitud de peces

Se midieron los peces con una cinta métrica al inicio y cada 15 días durante la duración del experimento.

2.10.5. Peso de peces

Los peces se pesaron con una balanza analítica inicio y cada 15 días hasta la finalización del ensayo.

2.11. Metodología

La investigación está basada en los diseños de investigación cuantitativa, el cual tiene como objetivo identificar las características en distintos enfoques y que el investigador obtenga su propósito, como podemos observar el trabajo se basó en la revisión bibliográfica, así como en la toma de datos para la obtención de resultados que aporten a la investigación (Calle, 2023).

La investigación se realizó con enfoque cuantitativo, esto quiere decir que utilizamos datos numéricos y análisis estadísticos con los resultados obtenidos.

Se desarrolló este trabajo en un modelo de recirculación en estanques, quiere decir que utilizamos tubos PVC con orificios para las plantas con una distancia de 15 cm, se tomaron los datos mediante el sistema de investigación experimental (García et al., 2014). En la investigación se evaluó la producción del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) mediante el desarrollo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Tabla 7. Muestra de la investigación

Número de animales	135 tilapias
Tratamientos	3 tratamientos
Repeticiones	3 repeticiones

2.12. Diseño experimental

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó un diseño experimental completamente al azar (D.C.A) con 3 tratamientos y 3 repeticiones.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de planta de lechuga

Realizado el análisis de varianza y mediante la prueba de comparación de medias se pudo determinar que no existen diferencias estadísticas para esta variable al inicio de la investigación y a los 15 días del trasplante, a los 30 días después del trasplante se evidencia que el tratamiento T3 (20 peces) presenta los mejores resultados con un promedio de 15,07 cm de altura, a los 45 días del trasplante se observa que el tratamiento T3 (20 peces/m³) presenta un promedio de 17,67 cm de altura siendo el mejor hasta esta etapa del experimento.

Tabla 8. Prueba de Tukey al 5 % para la variable altura de las plantas de lechuga sometidas a diferentes tratamientos

Tratamientos	Altura promedio de plantas (cm)			
	Inicio	A los 15 días	A los 30 días	Final (45 días)
T1	8,27 a	9,33 a	10,96 b	13,70 b
T2	8,23 a	9,53 a	12,53 b	15,60 ab
T3	8,17 a	10,70 a	15,07 a	17,67 a
CV	8,22	7,65	5,29	6,31
p-valor	0,9808	0,1333	0,0009	0,0078
Significancia	NS	NS	**	**

Nota: CV (coeficiente de variación), P-valor (probabilidad), NS (no significativo), ** (significativo), T1 (10 Peces), T2 (15 Peces) y T3 (20 Peces).

En esta investigación se demostró que la producción del cultivo de lechuga de hoja (*Lactuca sativa*), presentó un mejor desarrollo con el aumento de densidad de peces que generaron mayor cantidad de los desechos, especialmente nitrogenados aportados por la

tilapia en un sistema acuapónico, según Cervantes et al. (2016), Los metabolitos nitrogenados que se forman durante las actividades acuícolas se pueden aprovechar, en lugar de verterlos a los cuerpos de agua y reducir el impacto sobre el medio ambiente. Los vegetales de ciclo corto constituyen una alternativa para los sistemas acuapónicos, principalmente, aquellos con bajos requerimientos de nutrientes y alto valor comercial.

3.2. Peso de planta de lechuga

Tabla 9. Prueba de Tukey al 5 % para la variable peso de las plantas de lechuga sometidas a diferentes tratamientos

Tratamientos	Peso promedio de las plantas (g)			
	Inicio	A los 15 días	A los 30 días	Final (45 días)
T	4,83 a	21,08 c	32,03 c	59,93 c
T2	5,00 a	33,73 b	85,63 b	104,57 b
T3	5,07 a	84,80 a	176,37 a	365,40 a
CV	6,74	4,30	2,31	2,31
p-valor	0,6954	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Significancia	NS	**	**	**

*Nota: CV (coeficiente de variación), P-valor (probabilidad), NS (no significativo), ** (significativo), T1 (10 Peces), T2 (15 Peces) y T3 (20 Peces).*

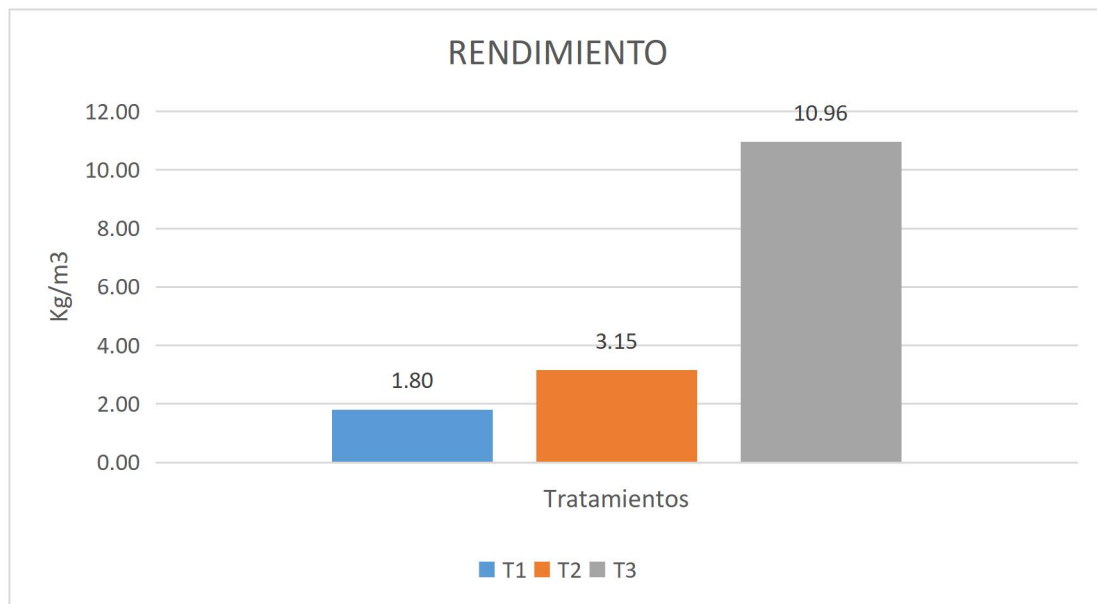
Mediante los análisis estadísticos realizados se determinó que al inicio del experimento no existieron diferencias entre los tratamientos, en tanto que a partir de los 15 días del trasplante se diferenció al tratamiento T3 (20 peces) como el mejor de los utilizados ya que presenta mejores promedios hasta los 45 días del trasplante con valores que van desde 84,80 hasta 365,40 siendo el tratamiento que tuvo mayor ganancia de peso del cultivo. La producción del cultivo de lechuga en acuaponía se incrementa de acuerdo al número de peces utilizado ya que en el tratamiento T3 obtuvo los mejores resultados, probablemente debido al mayor suministro y continuo aporte de nutrimentos presentes

en el cultivo, a diferencia de los tratamientos T2 y T1 que no contaron con el aporte suficiente de nutrientes y por consiguiente el peso de la planta disminuyó.

3.3. Rendimiento de lechuga

Mediante los cálculos del rendimiento podemos apreciar que el tratamiento T3 (20 peces) presentó los mejores resultados con un promedio de 10,96 Kg/ m³ en tanto que los tratamientos T2 y T1 presentan menores valores con promedios de 3,15 y 1,80 Kg/m³, estos promedios probablemente fueron determinados por la diferencia en cantidad de peces indicados en los tratamientos, debido a que con la mayor presencia de peces se produjo un mayor aporte de excretas y residuos de la alimentación lo que posiblemente contribuyó a un mejor desarrollo de plantas en el tratamiento con mayor número de peces.

Figura 2. Rendimiento del cultivo de lechuga



3.4. Longitud de tilapia

En los análisis estadísticos efectuados para esta variable no se presentaron diferencias significativas para los tratamientos, esto se debe probablemente a la adaptabilidad del pez en la zona debido a que éstos son de zonas más cálidas. Según Cervantes et al, (2015) mientras mayor es la temperatura mayor es el crecimiento y longitud de los peces. La adaptabilidad de los peces depende del clima donde se realiza el experimento y se verá reflejada en el desarrollo y obtención de resultados.

Tabla 10. Prueba de Tukey al 5 % para la variable longitud de tilapias

Tratamientos	Longitud promedio de los peces (cm)			
	Inicio	A los 15 días	A los 30 días	Final (45 días)
D1	15,33 a	17,87 a	19,50 a	22,67 a
D2	15,67 a	18,57 a	20,57 a	21,67 a
D3	15,00 a	18,50 a	19,57 a	21,70 a
CV	4,07	4,93	6,72	4,37
p-valor	0,4705	0,6040	0,5788	0,4078
Significancia	NS	NS	NS	NS

Nota: CV (coeficiente de variación), P-valor (probabilidad), NS (no significativo), T1 (10 Peces), T2 (15 Peces) y T3 (20 Peces).

3.5. Peso de la tilapia

Con los análisis realizados se observa que la variable peso de la tilapia (tabla 11), no presentó diferencias estadísticas para los tratamientos debido probablemente a que el desarrollo de los peces está influenciado por la temperatura y alimentación que fue igual en todos los tratamientos, existe un grado moderado en su producción debido a las condiciones de temperatura en la zona de investigación que oscilan entre 14 y 15 °C, Cervantes et al., (2015), considera que a menor temperatura el crecimiento de la tilapia

es menor, las temperaturas óptimas para el desarrollo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) son de 28 a 32°C.

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5 % para la variable peso de tilapias

Tratamientos	Peso promedio de los peces (g)			
	Inicio	A los 15 días	A los 30 días	Final (45 días)
T1	146,23 a	170,13 a	183,23 a	196,60 a
T2	142,40 a	175,73 a	186,90 a	196,60 a
T3	146,53 a	187,17 a	192,87 a	200,90 a
CV	14,22	3,77	5,37	3,47
p-valor	0,9635	0,0520	0,5340	0,7421
Significancia	NS	NS	NS	NS

Nota: CV (coeficiente de variación), P-valor (probabilidad), NS (no significativo), T1 (10 Peces), T2 (15 Peces) y T3 (20 Peces).

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

En este estudio sé evaluó el desarrollo del cultivo de lechuga en un sistema de acuaponía utilizando a la tilapia como especie piscícola. Se determinó que con el tratamiento T3 (20 peces) se obtuvieron los mejores resultados en términos de peso, altura de la planta de lechuga y rendimiento. Los resultados del experimento señalan que el cultivo de plantas con tilapia es factible porque permite eliminar o aprovechar los desechos nitrogenados, así como para el cultivo de lechuga que resulta de interés comercial. El sistema de cultivo acuapónico hace más eficiente el espacio disponible, asimismo genera rendimientos similares o superiores que el cultivo tradicional.

En conclusión, podemos indicar que en la cría de las tilapias (*Oreochromis niloticus*) en acuaponía no se obtuvieron diferencias estadísticas en los parámetros estudiados esto se debe probablemente a que el desarrollo de los peces se encuentra determinado por factores como temperatura y alimentación que fue similar en todos los tratamientos.

4.2. RECOMENDACIONES

Es recomendable la utilización de este tipo de sistema acuapónico para obtener vegetales orgánicos libres de químicos, amigable con el medio ambiente y evita contaminaciones de ríos y suelos.

Se recomienda utilizar peces adaptados al clima en donde se realizan las investigaciones para así obtener mejores resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

(s.f.).

Moreno, Zafra. (2014). Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia. *Core*, 13.

AgroEs. (10 de 9 de 2013). *AgroEs*. Obtenido de AgroEs:
<https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/lechuga/402-lechugas-descripcion-morfologia-y-ciclo>.

Calle, S. (2023). *Ciencia latina* . Obtenido de Google academico :
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/7016>

Caló, P. (16 de 09 de 2011). *Introducción a la Acuaponia*. Recuperado el 10 de 05 de 2025, de Introducción a la Acuaponia:
<https://aquaponiabrasil.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/09/introduc3a7c3a3o-a-aquaponia-espanhol.pdf>

Castañares, J. (3 de 06 de 2018). *Google Academico* . Obtenido de Google Academico :
virtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/2187/03.%20ABC%20de%20la%20Hidroponia%20autor%20José%20Luis%20Castañares.pdf?sequence=1

Castilblanco, E. (2009). *Google Academico* . Obtenido de
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/55550cb1-bf8f-4f13-ad15-f8eea1c01824/content>

Castillo. (6 de 3 de 2018). *Repositorio Universidda de Machala* . Obtenido de Repositorio Universidad de Machala :
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12415/4/DE00002_TRABAJODETITULACION.pdf

Cervantes et al. (27 de 01 de 2015). *Scielo*. Obtenido de Scielo:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000100007

Cervantes, e. a. (4 de 2016). *Scielo*. Obtenido de Scielo:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000100007

Edinson Moreno, A. Z. (2 de 07 de 2014). *Rebiol*. Obtenido de Rebiol:

<https://core.ac.uk/download/pdf/267888199.pdf>

FAO. (10 de 05 de 2022). *Organizacion de naciones unidas para la alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Organizacion de naciones unidas para la alimentación y la Agricultura:

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2eff5ca4-c831-423e-ba37-47b7882e3ca0/content>

Flores. (2013). *Google academico*. Obtenido de

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/777cdf2d-99fd-4f2b-bc79-f17c9e3a16af/content>

García, J; Salinas, H; Días, B; Lopez, B; Moreno, J; Flores, L. (09 de 2014). *Scielo*.

Obtenido de Scielo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222014000500004&script=sci_arttext

Garcia, M., León, C., Hernandez, F., & Chavez, R. (10 de 1 de 2005). *Evaluation of an experimental aquaponic system* . Obtenido de redalyc:

<https://www.redalyc.org/pdf/837/83709105.pdf>

Gonzales, H., Rubio, S., Montoya, M., & Magallón, F. (3 de 6 de 2015). *Agro*

Productivo. Obtenido de Agro Productivo: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/655>

Goraymi. (2025). *Goraymi*. Obtenido de Goraymi: <https://www.goraymi.com/es-ec/tungurahua/mapas/mapas-tungurahua-ajlggm4q5>

Hcoetsia. (16 de 01 de 2016). *Horticultura y Cultivos Ornamentales* . Obtenido de

Horticultura y Cultivos Ornamentales :

<https://hcoetsia.wordpress.com/2016/01/16/cultivo-de-lechuga-en-acuaponia-fco-jose-perez-sanchez/>

Infocampo. (27 de 05 de 2024). *Hidroponía*. Obtenido de <https://www.infocampo.com.ar/hidroponia-guia-practica-para-crear-tu-propio-sistema-de-raiz-flotante-en-tu-hogar/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20m%C3%A9todo%20de,dentro%20de%20la%20soluci%C3%B3n%20nutritiva.>

Jacome, T. (17 de 8 de 2019). *Tilpia en Ecuador* . Obtenido de Tilspis en Ecuador: https://scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332019000400017

Jiffy. (16 de 8 de 2008). *Sistemas Hidropínicos* . Obtenido de <https://jiffygroup.com/es/noticias/sistemas-hidroponicos-tipos-diferencias-y-ventajas/>

LA ACUAPONIA, D. P. (30 de 11 de 2021). *Agro Productividad*. Obtenido de Agro Productividad: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/663>

Lizcano. (18 de 8 de 2022). *Hanna instruments* . Obtenido de Calidad del agua : <https://hannacolombia.com/aqua/blog/item/calidad-de-agua-en-acuaponia?srsId=AfmBOoNkp7CD51dJYCCTVwgd8uDYhLbquVspkchJbNqxsfDaExybRJE>

Lloor, R. (20 de 02 de 2024). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de Redalyc: <https://www.redalyc.org/pdf/837/83709105.pdf>

M. e. (24 de 06 de 2014). *Seedsecuador*. Obtenido de Seedsecuador: <https://www.seedsecuador.com/acuaponia/>

Marcillo, P. (8 de 6 de 2021). *Platform y workflow by ojs /pkp*. Obtenido de Platform y workflow by ojs /pkp: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/5928#:~:text=La%20f>

iltraci%C3%B3n%20biol%C3%B3gica%20es%20una,y%20camarones%20en%
20concentraciones%20bajas.

Martínez, J. (12 de 6 de 2020). *uleam* . Obtenido de Sistema acuaponico :

<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/3349/3/ULEAM-AGRO-0103.pdf>

METEORED. (2025). *meteored.com.ec*. Obtenido de meteored.com.ec:

<https://www.meteored.com.ec/tiempo-en-America+Sur-Ecuador-Tungurahua-1-6-115-5565.html>

MSD. (1 de 08 de 2022). *Univesidad de salud animal* . Obtenido de MSD salud animal :

<https://www.universodelasaludanimal.com/acuicultura/la-importancia-de-la-correcta-proporcion-de-densidad-de-peces-por-metro-cubico-en-el-cultivo-de-tilapia/#:~:text=%E2%80%9CPor%20ejemplo%2C%20en%20la%20fase,100%20animales%20por%20metro%20c%C3%BAbico.>

Pinzon, Y. (8 de 7 de 2022). *Mortalidda de la Tilapia* . Obtenido de

<https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/e93d51c1-de43-4116-b6fc-c4d22008b838/content>

Pulido. (2013). *Scielo*. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342013000900007&script=sci_arttext)

[09342013000900007&script=sci_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342013000900007&script=sci_arttext)

Ramirez, D., Sabogal, D., Jimenez, P., & Hurtado, H. (5 de 04 de 2008). *revistas.umng*.

Obtenido de revistas.umng:

<https://revistas.umng.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2230/1937>

Robert, W. (06 de 1 de 2023). *Echo community*. Obtenido de Echo community:

<https://www.echocommunity.org/es/resources/9dc4d7fb-a80b-45c3-8844-7e4390eb97b2>

Rojas, M. (14 de 05 de 2019). *Cultivo de lechuga*. Obtenido de Cultvo de lechuga:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18107/1/UPS-CT008604.pdf>.
Ecuador.

- Ruiz, R. (29 de 04 de 2016). *Hidroponía* . Obtenido de Hidroponía:
<https://www.gob.mx/siap/articulos/hidroponia-sabes-que-es-y-como-funciona#:~:text=La%20palabra%20se%20deriva%20del,cultivar%20plantas%20utilizando%20disoluciones%20minerales>.
- Saavedra, M. (26 de 3 de 2006). *Manejo del cultivo de Tilapia* . Obtenido de Manejo del cultivo de tilapia : <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Topographic. (15 de 8 de 2022). *Coordenadas geograficas* . Obtenido de <https://es-es.topographic-map.com/map-msn314/Ambato/?center=-1.24222%2C-78.62881>
- Turushina. (10 de 05 de 2022). *Universidad Técnica de Ambato* . Obtenido de Universidad Técnica de Ambato :
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36398/1/Tesis-327%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-%20Ruiz%20Turushina%20Nereyda%20Viviana.pdf>.
- Villareal, O. (4 de 06 de 2015). *Lamolina* . Obtenido de LA molina :
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/948/T007353.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ANEXOS

Anexo 1. Elaboración y medición de los estanques cavados



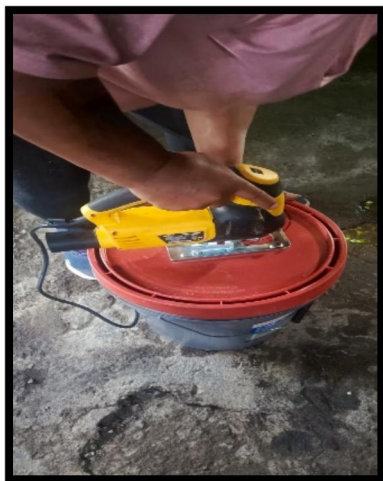
Anexo 2. Corte de los tubos PVC para su posterior calentamiento con la pistola de calor



Anexo 3. Calentamiento con la pistola de calor para realizar los huecos en los tubos PVC



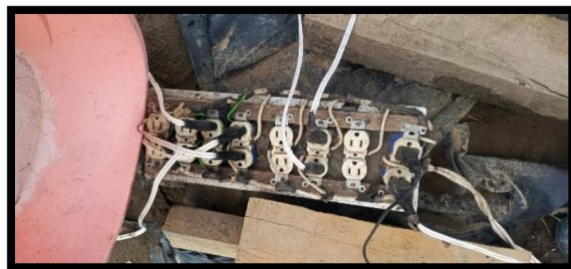
Anexo 4. Recorte de los baldes para el soporte del sistema



Anexo 5. Colocación de la geomembrana y colocación del agua, así como de los baldes para soporte de los tubos PVC para el sistema



Anexo 6. Instalación del sistema eléctrico



Anexo 7. Instalación final del sistema



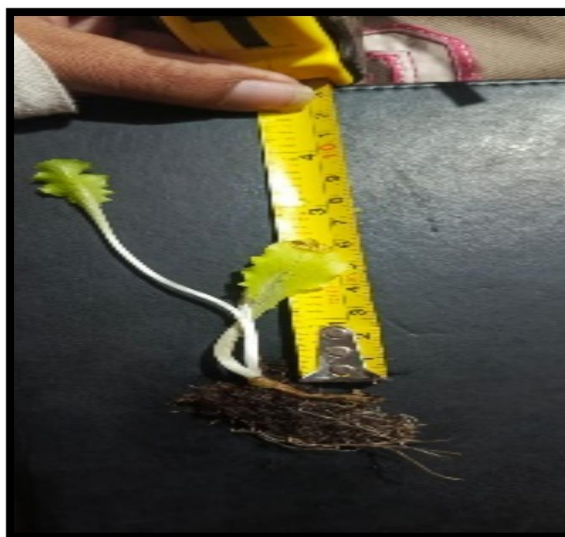
Anexo 8. Colocación de las plantas al sistema, así como de las bombas sumergibles



Anexo 9. Toma de pesos de las plantas



Anexo 10. Toma de datos de la altura de las plantas



Anexo 11. Toma de datos del peso del pez



Anexo 12. Análisis estadísticos de las variables de estudio

RESULTADOS PLANTAS

Statistix 10,0

8/8/2025; 11:38:48

ADEVA

Completely Randomized AOV for Peso inicial de plantas

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	2	0,08667	0,04333	0,39	0,6954
Error	6	0,67333	0,11222		
Total	8	0,76000			
Grand Mean	4,9667		CV 6,74		

Completely Randomized AOV for Peso de plantas a los 15 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	2	6752,81	3376,40	833,05	0,0000
Error	6	24,32	4,05		
Total	8	6777,13			
Grand Mean	46,872		CV 4,30		

Completely Randomized AOV for Peso de plantas a los 30 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	2	31937,6	15968,8	3110,81	0,0000
Error	6	30,8	5,1		

Total 8 31968,4

Grand Mean 98,011 CV2,31

Completely Randomized AOV for Peso de plantas a los 45 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	2	163336	81668,0	4893,56	0,0000
Error	6	100	16,7		
Total	8	163436			

Grand Mean 176,63 CV2,31

Completely Randomized AOV for Altura inicial de plantas

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	2	0,01556	0,00778	0,02	0,9808
Error	6	2,40000	0,40000		
Total	8	2,41556			

Grand Mean 8,2222 CV7,69

Completely Randomized AOV for Altura de plantas a los 15 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	2	3,26889	1,63444	2,87	0,1333
Error	6	3,41333	0,56889		
Total	8	6,68222			

Grand Mean 9,8556 CV7,65

Completely Randomized AOV for Altura de planta a los 30 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	2	25,6822	12,8411	27,71	0,0009
Error	6	2,7800	0,4633		
Total	8	28,4622			
Grand Mean	12,856		CV 5,29		

Completely Randomized AOV for Altura de planta a los 45 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Trat	2	23,6156	11,8078	12,12	0,0078
Error	6	5,8467	0,9744		
Total	8	29,4622			
Grand Mean	15,656		CV 6,31		

TUKEY

Statistix 10,0

8/8/2025; 11:49:54

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso inicial de plantas

Trat	Mean	Homogeneous Groups
3	5,0667	A
2	5,0000	A
1	4,8333	A

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso de plantas a los 15 días

Trat	Mean	Homogeneous Groups
3	84,800	A

2	34,733	B
1	21,083	C

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso de plantas a los 30 días

Trat	Mean	Homogeneous Groups
3	176,37	A
2	85,633	B
1	32,033	C

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Peso de plantas a los 45 días

Trat	Mean	Homogeneous Groups
3	365,40	A
2	104,57	B
1	59,933	C

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura inicial de plantas

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
1	8,2667	A
2	8,2333	A
3	8,1667	A

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura de plantas a los 15 días

Trat	Mean	Homogeneous Groups
3	10,700	A
2	9,5333	A
1	9,3333	A

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura de plantas a los 30 días

Trat	Mean	Homogeneous Groups
-------------	-------------	---------------------------

3	15,067	A
2	12,533	B
1	10,967	B

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Altura de plantas a los 45 días

Trat	Mean	Homogeneous Groups
-------------	-------------	---------------------------

3	17,667	A
2	15,600	AB
1	13,700	B

RESULTADOS PECES

PESO INICIAL

Statistix 10,0

8/8/2025; 15:38:16

Completely Randomized AOV for peso inicial

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	2	31,87	15,934	0,04	0,9635
Error	6	2552,15	425,359		
Total	8	2584,02			
Grand Mean	145,06		CV 14,22		

Completely Randomized AOV for Peso a los 15 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	2	452,216	226,108	5,04	0,0520
Error	6	269,440	44,907		
Total	8	721,656			
Grand Mean	177,68	CV 3,77			

Completely Randomized AOV for Peso a los 30 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	2	141,847	70,923	0,70	0,5340
Error	6	609,893	101,649		
Total	8	751,740			
Grand Mean	187,67	CV 5,37			

Completely Randomized AOV for Peso a los 45 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	2	29,940	14,9700	0,31	0,7421
Error	6	286,400	47,7333		
Total	8	316,340			
Grand Mean	199,10	CV 3,47			

Completely Randomized AOV for Longitud al inicio

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	2	0,66667	0,33333	0,86	0,4705
Error	6	2,33333	0,38889		
Total	8	3,00000			

Grand Mean 15,333 CV4,07

Completely Randomized AOV for Longitud a los 15 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	2	0,89556	0,44778	0,55	0,6040
Error	6	4,89333	0,81556		
Total	8	5,78889			

Grand Mean 18,311 CV4,93

Completely Randomized AOV for Longitud a los 30 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	2	2,1422	1,07111	0,60	0,5788
Error	6	10,7133	1,78556		
Total	8	12,8556			

Grand Mean 19,878 CV6,72

Completely Randomized AOV for Longitud a los 45 días

Source	DF	SS	MS	F	P
Tratamien	2	1,93556	0,96778	1,05	0,4078
Error	6	5,55333	0,92556		
Total	8	7,48889			

Grand Mean 22,011 CV4,37

TUKEY

Statistix 10,0

8/8/2025; 15:39:53

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of inicio by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
-----------	------	--------------------

3	146,53	A
1	146,23	A
2	142,40	A

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of P15 by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
-----------	------	--------------------

3	187,17	A
2	175,73	AB
1	170,13	B

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of P30 by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
-----------	------	--------------------

3	192,87	A
2	186,90	A
1	183,23	A

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of P45 by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
-----------	------	--------------------

3	200,90	A
1	199,80	A
2	196,60	A

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of inicio~01 by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
-----------	------	--------------------

2	15,667	A
---	--------	---

1	15,333	A
3	15,000	A

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Lo15 by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
2	18,567	A
3	18,500	A
1	17,867	A

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Lo30 by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
2	20,567	A
3	19,567	A
1	19,500	A

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of Lo45 by Tratamien

Tratamien	Mean	Homogeneous Groups
1	22,667	A
3	21,700	A
2	21,667	A