



**“Evaluación de Cuatro Densidades de Tilapia Roja (*Oreochromis sp* A. Smith)  
Durante la Etapa de Alevinaje Mediante la Técnica de Acuaponía.”**

Quijije Mancilla, Marjorie Paola

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

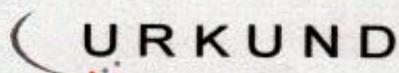
Carrera de Ingeniería Agropecuaria Santo Domingo

Trabajo de Titulación, previo a la Obtención del Título de Ingeniería Agropecuaria.

Dr. Mgs. Naranjo Santamaria, Iván Jacinto

Santo Domingo – Ecuador

05 de marzo del 2021



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULACION.docx (D96937054)  
 Submitted: 3/2/2021 2:51:00 AM  
 Submitted By: mpquijje@espe.edu.ec  
 Significance: 4 %

### Sources included in the report:

TESIS JOHAN MARTINEZ SISTEMA ACUAPONICO.pdf (D85879178) 1A\_Morales Huamán\_Angel Humberto\_Título\_Profesional\_2019.docx (D58821516) 253T20180302\_TC.pdf (D48407548) TFG\_Maroso\_Sierra\_V1.docx (D47429755) TESIS-CUADRADO KAREN.docx (D32717830) TESIS SUCA HUAMAN FRANK Y NAVARRO PEREZ VICTORIA.docx (D50757358)  
<https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/63802/TFG%20DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCI%C3%93N%20DE%20DOS%20SISTEMAS%20ACUAP%C3%93NICOS%20HORIZONTALES%20PARA%20LA%20PRODUCCI%C3%93N%20CONJUNTA%20DE%20PECES%20DORADOS%20Y%20LECHUGAS.pdf?sequence=2>Basantes,  
<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3090/1/TESIS%20Final%20corregida%20%20ACUAPONIA%20TAPIA%202018.pdf>  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25014/1/Tesis-149%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20462.pdf> <https://core.ac.uk/download/pdf/267888199.pdf>  
<https://docplayer.es/85806657-Informe-consolidado-salas-790-copiapo-region-deatacama-56-52.html>

Instances where selected sources appear: 14

Firma

Dr. Naranjo Santamaría, Iván Jacinto.  
 C.C. C.C. 171476142-4



MILTON  
 VINICIO UDAY

Revisado: Vinicio Uday Mga.



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, "EVALUACIÓN DE CUATRO DENSIDADES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP A. SMITH*) DURANTE LA ETAPA DE ALEVINAJE MEDIANTE LA TÉCNICA DE ACUAPONÍA." fue realizado por la señorita **Quijije Mancilla Marjorie Paola** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 05 de marzo del 2021

**Dr. Iván Jacinto Naranjo Santamaria Mgs.**

**C.C. 171476142-4**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Quijije Mancilla Marjorie Paola**, con cedula de ciudadanía n°172399491-7, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"EVALUACIÓN DE CUATRO DENSIDADES DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp A. Smith*) DURANTE LA ETAPA DE ALEVINAJE MEDIANTE LA TÉCNICA DE ACUAPONÍA."** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 05 de marzo del 2021

Marjorie Paola Quijije Mancilla

C.C. 172399491-7



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, **Quijije Mancilla Marjorie Paola**, con cedula de ciudadanía n°172399491-7, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"EVALUACIÓN DE CUATRO DENSIDADES DE TILAPIA ROJA (Oreochromis sp A. Smith) DURANTE LA ETAPA DE ALEVINAJE MEDIANTE LA TÉCNICA DE ACUAPONÍA."** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 05 de marzo del 2021

**Marjorie Paola Quijije Mancilla**

**C.C.1723994917**

### **Dedicatoria**

Primeramente, a Dios ya que es quien guía mi vida dándome la fortaleza y sabiduría para no rendirme y culminar esta etapa de mi vida que tanto deseaba.

A mis amados padres Fermín y Gloria que gracias a su sacrificio fueron parte fundamental en mi etapa estudiantil y en la realización de este proyecto brindándome siempre su amor incondicional y sus sabios consejos, apoyándome en todas las formas posibles en las que un padre puede apoyar a sus hijos, son mi orgullo, mi mayor inspiración y lo más importante para mí.

A mi amado esposo Fernando el cual ha sido uno de los motores principales para la culminación de mi etapa estudiantil y de este proyecto brindándome siempre su apoyo, sus ánimos, cariño sincero, amor incondicional y paciencia, gracias por ser mi compañero de vida y caminar de la mano juntos.

A mis queridos hermanos, Diana, Carmen y Jonathan por estar siempre a mi lado apoyándome de una u otra manera y brindándome su cariño y amor incondicional, los amo hermanos.

A mis pequeños sobrinitos Christian, Melina y Lía quienes con su amor inocente y puro han logrado sacarme sonrisas con sus ocurrencias aun en los momentos más estresantes de esta etapa, siempre podrán contar conmigo.

A la señora Amy, Don Wilmer y María José, quienes me abrieron las puertas de su hogar brindándome su amistad, cariño sincero, consejos y apoyo incondicional.

A mis amigas y confidentes Katy, Jesi, Dayito, Gaby, Moni y Cris por compartir y estar conmigo en todo momento siendo apoyo incondicional y brindando su amistad sincera.

A mi amigo Carlitos por su amistad sincera y su apoyo en los momentos que lo he necesitado.

## **Agradecimiento**

A la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE, por haberme permitido formar académicamente y cultivar mis conocimientos con sus excelentes docentes que forman parte de esta noble institución.

Un sincero agradecimiento al Dr. Iván Naranjo director de este proyecto, a los codirectores Ing. Javier Romero, Dr. Ángel Villavicencio y Biometrista Ing. Vinicio

Uday por brindarme sus conocimientos y colaboración durante la elaboración, desarrollo y finalización de mi proyecto de investigación.

A mi querida economista Mercedes Montero gracias por sus sabios consejos, su amistad y por la colaboración para que mi proyecto se pudiera llevar a cabo.

Gracias a mis amados padres, esposo, hermanos y sobrinos por su apoyo incondicional, su gran amor y dedicación hacia mí, espero no defraudarlos nunca.

Gracias a todas y cada una de las personas que contribuyeron de una u otra forma he hicieron posible que yo culmine esta etapa de mi vida que tanto soñaba.

## Índice de Contenido

Carátula .....	1
Análisis del Urkund .....	2
Certificación .....	3
Autoría de Responsabilidad.....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Contenido .....	8
Índice de Tablas .....	12
Índice de Figuras.....	13
Resumen .....	14
Summary .....	15
Capitulo I .....	16
Introducción.....	16
Hipótesis.....	18
<i>Hipótesis Alternativa</i> .....	18
Capitulo II .....	19
Revisión Bibliográfica .....	19
Acuaponía .....	19
<i>Objetivos de la Acuaponía.</i> .....	19
Características del Sistema Acuapónico.....	20
Parámetros Físico Químicos del Agua.....	20
Tanque para Acuicultura. ....	21
Sistema Hidropónico.....	22
<i>Camas de Sustrato</i> .....	22
<i>Película Nutritiva (NFT)</i> .....	22
<i>Balsas Flotantes</i> .....	22
<i>Aireación</i> .....	22
<i>Recirculación</i> .....	22
Balance del Sistema Acuapónico.....	23
Tilapias .....	24

<i>Anatomía y Fisiología</i> .....	24
<i>Estructura</i> .....	24
<i>Cabeza</i> .....	24
<i>Tronco</i> .....	24
<i>Aletas</i> .....	24
<i>Parámetros Físico Químicos del Agua</i> .....	25
<i>Contenido de Oxígeno</i> .....	25
<i>Temperatura</i> .....	25
<i>Dureza</i> .....	25
<i>Rango de pH</i> .....	25
Lechuga.....	26
<i>Origen</i> .....	26
Morfología.....	26
Requerimientos Edafoclimáticos.....	27
<i>Temperatura</i> .....	27
<i>Humedad</i> .....	27
<i>Suelo</i> .....	28
<i>Riego</i> .....	28
<i>Valor nutricional</i> .....	28
Capitulo III .....	30
Materiales y Métodos.....	30
Ubicación del Lugar de Investigación.....	30
<i>Ubicación Política</i> .....	30
<i>Ubicación Geográfica</i> .....	30
<i>Ubicación Ecológica</i> .....	31
<i>Características del Agua Utilizada Para el Ensayo (Análisis físico químico)</i> .....	31
Materiales.....	32
<i>Instalación del Sistema Acuapónico</i> .....	32
<i>Alevines de tilapia</i> .....	32
Métodos.....	33
<i>Diseño Experimental</i> .....	33
<i>Factores Niveles y Tratamientos a Comparar</i> .....	33
<i>Tipo de Diseño</i> .....	33

<i>Repeticiones o Bloques</i> .....	33
<i>Características de las Unidades Experimentales</i> .....	34
<i>Croquis del Diseño</i> .....	34
<i>Análisis Estadístico</i> .....	34
<i>Esquema del Análisis de Varianza</i> .....	34
<i>Coefficiente de Variación</i> .....	35
<i>Análisis Funcional</i> .....	35
<i>Regresiones y Correlaciones</i> .....	36
<i>Mortalidad</i> .....	36
<i>Peso Inicial</i> .....	36
<i>Peso Final</i> .....	36
<i>Ganancia Diaria de Peso</i> .....	36
<i>Conversión Alimenticia</i> .....	37
<i>Lechugas</i> .....	37
<i>Altura Inicial y Final</i> .....	37
<i>Peso Inicial y Final</i> .....	37
<i>Métodos Específicos de Manejo del Experimento</i> .....	37
<i>Instalación del Sistema Acuapónico</i> .....	37
<i>Obtención de Plántulas de Lechuga</i> .....	38
<i>Alevines de tilapia</i> .....	39
Capitulo IV.....	41
Resultados.....	41
Peces.....	41
Índice de Mortalidad.....	41
Peso Inicial.....	42
Peso Final.....	43
Conversión Alimenticia.....	44
Ganancia Diaria de Peso.....	45
Lechugas.....	46
Altura Inicial y Final.....	46
Peso Inicial y Final.....	49
Capitulo V.....	53
Discusión.....	53

Peces .....	53
Índice de Mortalidad.....	53
Peso Inicial.....	54
Peso Final .....	54
Conversión Alimenticia .....	55
Ganancia Diaria de Peso .....	56
Lechugas.....	57
Altura Inicial y Final.....	57
Peso Inicial y Final .....	58
Capitulo VI.....	60
Conclusiones y Recomendaciones.....	60
Conclusiones.....	60
Recomendaciones.....	61
Capitulo VII.....	62
Bibliografía .....	62

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1.</i>	<i>Composición nutricional de la lechuga.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 2.</i>	<i>Recursos necesarios para la implementación del sistema acuapónico.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3.</i>	<i>Recursos necesarios para la obtención de alevines de tilapia.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4.</i>	<i>Factores y Niveles para probar en el sistema acuapónico.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5.</i>	<i>Esquema del análisis de varianza para la evaluación del sistema acuapónico.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 6.</i>	<i>Programa y guía de alimentación para Tilapias recomendado por BIOalimentar.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 7.</i>	<i>Índice de Mortalidad Obtenida en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 8.</i>	<i>Peso Inicial Obtenido en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 9.</i>	<i>Peso Final Obtenido en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 10.</i>	<i>Conversión Alimenticia Obtenido en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 11.</i>	<i>Ganancia Diaria de Peso Obtenido en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 12.</i>	<i>Altura Inicial Primera Siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación. .</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 13.</i>	<i>Altura Inicial Segunda Siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación.</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 14.</i>	<i>Altura Final Primera Siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación. ...</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 15.</i>	<i>Altura Final Segunda Siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación..</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 16.</i>	<i>Peso Inicial primera siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación. ...</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 17.</i>	<i>Peso Inicial segunda siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación. .</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 18.</i>	<i>Peso Final segunda siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 19.</i>	<i>Peso Final segunda siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación....</i>	<i>51</i>

## Índice de Figuras

<i>Figura 1. Esquema general de un sistema acuapónico.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2. Representación de un sistema balanceado entre peces, plantas y bacterias nitrificantes.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3. Lechuga hidropónica.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4. Lugar de establecimiento del Proyecto de Tesis.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5. Disposición de las unidades experimentales en el área de ensayo.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 6. Índice de Mortalidad Obtenida en el Proyecto de Investigación. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 7. Peso Inicial Obtenida en el Proyecto de Investigación. ....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 8. Peso Final Obtenida en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 9. Conversión Alimenticia Obtenida en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 10. Ganancia Diaria de Peso Obtenida en el Proyecto de Investigación. ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 11. Altura Inicial Primera y Segunda Siembra Obtenida en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 12. Altura Final Primera y Segunda Siembra Obtenida en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 13. Peso Inicial Primera y Segunda Siembra Obtenida en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 14. Peso Final Primera y Segunda siembra Obtenida en el Proyecto de Investigación.....</i>	<i>51</i>

## Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar cuatro densidades de Tilapia Roja (*Oreochromis sp.* A. Smith), durante la etapa de alevinaje mediante el uso de la técnica de acuaponía, el estudio se realizó en la vía Chone km 4<sup>1/2</sup> y avenida Italia, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. El diseño experimental aplicado fue unifactorial, dirigido por un D.C.A de cuatro tratamientos (T1:10peces/100lts agua, T2: 20peces/100lts agua, T3: 30peces/100lts agua, T4: 40peces/100lts agua), y cuatro repeticiones, obteniendo 16 unidades experimentales, se analizaron las siguientes variables: peces: Índice de mortalidad, peso inicial, peso final, conversión alimenticia y ganancia diaria de peso; lechugas: altura inicial y final, peso inicial y final. Los resultados obtenidos con diferencias significativas fueron para el índice de mortalidad con 5% para el T1 y mayor mortalidad con el T4 (35,63%), el peso final con 83,75gr para el T1 y menor el T4 con 62,25gr, conversión alimenticia 1,59 el T1 y 2,17 el T4, y ganancia diaria de peso 0,66gr de igual forma para el T1, y menor ganancia diaria de peso el T4 con 0,48gr, el desarrollo de las lechugas el mejor tratamiento fue T4 se inició con una altura de 6,4 cm y 24,58cm al final, el peso inicial fue homogéneo con 8,3 gr y peso final de 1134,58 gr, con una mejor relación de lechuga: tilapia 1:2 para el T4 de esta manera se comprobó que las densidades si influyen sobre el crecimiento y desarrollo en la fase de alevinaje de la tilapia roja.

### Palabras Clave:

- **ALEVINES**
- **ACUAPONÍA**
- **DENSIDAD**
- **LECHUGAS**
- **TILAPIA.**

## Summary

The objective of this research was to evaluate four densities of Red Tilapia (*Oreochromis sp. A. Smith*), during the juvenile stage using the aquaponics technique, the study was carried out in the Chone km 41/2 road and Italia avenue, in the province of Santo Domingo de los Tsáchilas. The experimental design applied was unifactorial, directed by a DCA of four treatments (T1: 10fish / 100lts water, T2: 20fish / 100lts water, T3: 30fish / 100lts water, T4: 40fish / 100lts water), and four repetitions, obtaining 16 experimental units, the following variables were analyzed: fish: mortality rate, initial weight, final weight, feed conversion and daily weight gain; lettuces: initial and final height, initial and final weight. The results obtained with significant differences were for the mortality rate with 5% for T1 and higher mortality with T4 (35.63%), the final weight with 83.75gr for T1 and lower the T4 with 62.25gr, feed conversion 1.59 in T1 and 2.17 in T4, and daily weight gain 0.66gr in the same way for T1, and lower daily weight gain in T4 with 0.48gr, lettuce development the best treatment was T4 started with a height of 6.4 cm and 24.58 cm at the end, the initial weight was homogeneous with 8.3 g and final weight of 1134.58 g, with a better lettuce: tilapia ratio 1: 2 for In this way, it was verified that the densities do influence the growth and development in the juvenile phase of red tilapia.

### Key Words:

- FINGERLINGS
- AQUAPONICS
- DENSITY
- LETTUCE
- TILAPIA.

## CAPITULO I

### Introducción

La acuaponía es un sistema de producción de alimentos que reúne a la acuicultura y la hidroponía. Los desechos generados por los peces se convierten en nutrientes para las plantas después del proceso de nitrificación (Lujan & Chimbor, 2015).

A nivel mundial la Acuaponía cuenta con dos grupos de productores, el primero constituido por quienes llevan adelante sistemas acuapónicos de manera doméstica o aficionada, con fines ornamentales o de autoconsumo, y el segundo grupo, representado por quienes llevaron la acuaponía a una escala comercial, haciéndola una actividad rentable (Goretta, 2015).

La acuaponía representa no sólo una fuente completa de alimentos de alta calidad, sino también una oportunidad para mejorar las condiciones socioeconómicas del ser humano, contribuyendo a la vez con la seguridad y soberanía alimentaria señala que por cada tonelada de pescado producido en sistemas acuapónicos se obtienen hasta 7 toneladas de vegetales (Sanchez, 2018).

Uno de los principales inconvenientes de la contaminación es la acuicultura por la gran cantidad de desechos que quedan en el agua, tanto de restos orgánicos como de residuos de antibióticos siendo estos los responsables de la pérdida de biodiversidad del mundo. Sin embargo, las consecuencias a largo plazo de estos procesos son difíciles de cuantificar.

La acuaponía permite el ahorro de agua y reduce la contaminación de la misma en más de 80%. Estos sistemas ofrecen una serie de ventajas sobre aquellos sistemas de recirculación en los que solo se producen peces. Los desechos metabólicos

disueltos en el agua son absorbidos por las plantas, reduciendo así la tasa de renovación diaria de agua y su vertido en el entorno (FAO, 2016).

Es por ello que se plantea el uso de las técnicas de acuaponía por sus innumerables beneficios tanto sociales como ambientales, entre los más relevantes están el uso sustentable de los recursos energéticos vinculados con la actividad, la reducción de costos de operación del transporte de agua, producción de hortalizas y vegetales generadas a partir de las prácticas de acuicultura eficientes, rentables y amigables con el ambiente, debido a que no se utilizan fertilizantes químicos o insecticidas durante el cultivo (Ronzón, Hernández, & Pérez, 2012).

Lo que se pretende con este proyecto es aplicar la técnica de acuaponía para la producción de alevines de tilapia hasta alcanzar los 80 g de peso vivo generando una alternativa de producción sostenible que nos permita la optimización de los recursos naturales (agua y suelo) reduciendo hasta en un 90% su uso generando un sistema productivo ecológico.

Para el desarrollo de la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

#### ***Objetivo general***

- Evaluar cuatro densidades de tilapia roja (***Oreochromis sp*** A. Smith) durante la etapa de alevinaje mediante el uso de la técnica de acuaponía.

#### ***Objetivos específicos***

- Evaluar el crecimiento de tilapia roja (***Oreochromis sp*** A. Smith) durante la etapa de alevinaje en densidades de 10, 20, 30 y 40 peces/100 l de agua.
- Diseñar un sistema acuapónico para la producción y crianza de tilapia roja (***Oreochromis sp*** A. Smith) durante la etapa de alevinaje.

## Hipótesis

### *Hipótesis Alternativa*

- **Ha:** Existe al menos una diferencia en el crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis sp* A. Smith) durante la etapa de alevinaje en densidades de 10, 20, 30 y 40 peces/100 l de agua

### *Hipótesis Nula*

- **Ho:** No existe diferencia en el crecimiento inicial de tilapia roja (*Oreochromis sp* A. Smith) durante la etapa de alevinaje en densidades de 10, 20, 30 y 40 peces/100 l de agua

## **CAPITULO II**

### **Revisión Bibliográfica**

#### **Acuaponía**

La acuaponía es la técnica que une a la hidroponía y la acuicultura para la producción conjunta de plantas y peces con fines comerciales, domésticos, ornamentales esto se consigue mediante la recirculación continua del agua a través de los dos subsistemas. En un sistema acuapónico las plantas aprovechan los desechos metabólicos de los peces para crecer al mismo tiempo que limpiar el agua de estos componentes para mantener los niveles adecuados para el desarrollo de los peces, gracias a esto el recambio de agua y la contaminación disminuye más del 80% (Alcocer, 2017).

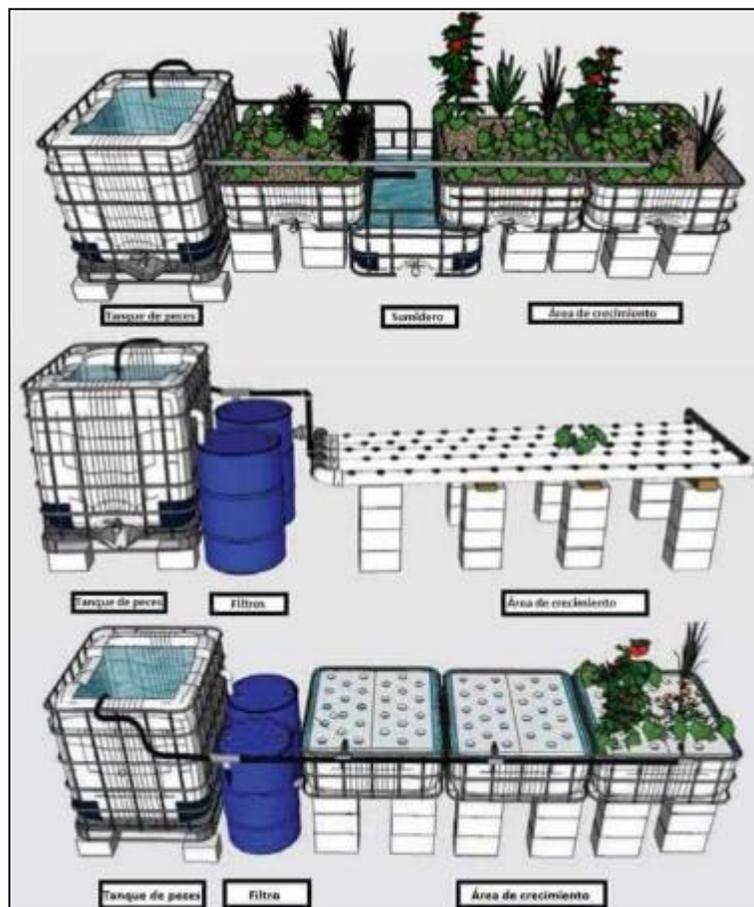
#### ***Objetivos de la Acuaponía.***

- Uso eficiente del agua y de los fertilizantes, ya que en este sistema el agua es recirculada y se realiza el ciclo completo del nitrógeno.
- Incrementar la producción de alimentos en zonas más desfavorecidas socialmente.
- Contribuir al respeto y la conservación del medio ambiente.
- Provisionar a las familias de alimentos de gran calidad, tanto de origen vegetal como animal.
- Contribuir al desarrollo sostenible de la familia dentro de un contexto de ambientes saludables (Alcocer, 2017).

## Características del Sistema Acuapónico.

Figura 1.

*Esquema general de un sistema acuapónico.*



*Fuente: (FAO, 2014).*

### Parámetros físico químicos del agua.

- Oxígeno: mayor a 4 ppm. Existe una estrecha relación entre la concentración de oxígeno y la temperatura. En las noches los niveles de oxígeno pueden descender a menos de 2 ppm razón por la cual los peces reducen el metabolismo. Este parámetro debe ser observado para determinar la densidad de siembra previendo así el recambio de agua necesario o la aireación suplementaria (Giro, 2008).

- pH: rango entre 5 a 9, siendo ideal 7. Valores fuera de este rango ocasionan aletargamiento, disminución en la reproducción y el crecimiento. Para mantener el pH en este rango, es necesario encalar cuando esté ácido o hacer recambios fuertes de agua y fertilizar cuando este se torna alcalino (Giro, 2008).
- Temperatura: rango entre 22 a 26°C, fuera de este rango decae la actividad metabólica de los peces (Giro, 2008).
- C.E.: La conductividad eléctrica hace referencia a la salinidad del agua, misma que no debe rebasar los 1500  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (Giro, 2008).
- Dureza: Por último, la dureza ayuda a contrarrestar la acidez de los procesos de nitrificación. Esta se debe balancear para mantener un pH adecuado y evitar estrés en peces y plantas; el nivel adecuado fluctúa entre 60-140 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (Giro, 2008).

### **Tanque para Acuicultura.**

Las unidades de cultivo de los peces deberán seleccionarse cuidadosamente, debido a su incidencia en el costo total de la unidad acuapónica, de aproximadamente un 20 %. Por otra parte, se deberán considerar los parámetros biológicos, según la especie seleccionada (como preferencias de ubicación de los peces en el contenedor), las herramientas para el manejo de los operarios, así como también, la dinámica del flujo de agua dentro de ellos; en donde se deberá priorizar un buen funcionamiento para la eliminación de los sólidos. La forma, el tipo de material en su composición y también el color, serán determinantes en el funcionamiento y durabilidad de los contenedores. Estos, deberán cuantificarse según el plan de manejo preestablecido (cultivo por lotes, escalonados, cohortes múltiples, etc.). Así, estos deberán mantener buenos sistemas de drenajes, de carácter individual, que permitan su limpieza y el mantenimiento de las unidades por separado. Los materiales plásticos o de fibra de vidrio son recomendados

por su durabilidad; aunque sobre los primeros deberá considerarse la incidencia de rayos UV, ya que estos resecan el material, provocando su fácil destrucción ante eventuales golpes (Candarle P. , 2014).

## **Sistema Hidropónico**

### ***Camas de Sustrato***

Son las más populares para proyectos de baja-mediana escala por su bajo costo, manejo y simplicidad. El sustrato tiene la función de sostener las raíces de la planta y también funciona como filtro biológico y mecánico; su principal desventaja es que presenta mayor evaporación que las otras técnicas y generalmente se usa para sistemas muy pequeños (INTAGRI, 2017).

### ***Película Nutritiva (NFT)***

Es el más conocido de la hidroponía por su versatilidad de ensamblaje y el poco gasto de agua en comparación con los otros métodos. Es el indicado para hortalizas de hoja, ya que no requieren una gran cantidad de sustrato (INTAGRI, 2017).

### ***Balsas Flotantes***

En este sistema las raíces están sumergidas en el agua por lo que el cuidado de la oxigenación es importante. Es el más adecuado para producciones con espacio suficiente y que produzcan hortalizas de hoja únicamente (INTAGRI, 2017).

### ***Aireación***

El oxígeno disuelto en el agua se logra a través de la aireación y los peces lo requieren para su sobrevivencia y desarrollo, además las plantas se ven beneficiadas ya que previene muerte de raíces por estar sumergidas. Esta parte del sistema debe estar funcionando de manera constante sin interrupciones (INTAGRI, 2017).

### ***Recirculación***

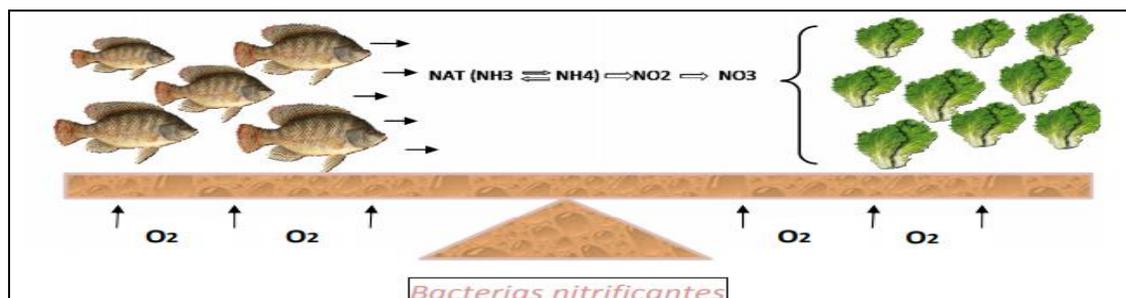
El movimiento del agua es fundamental para conservar ambos sistemas en funcionamiento; este es realizado por una bomba de agua que normalmente es

sumergible. Se programa por medio de un timer (temporizador) y se recomienda que el agua circule al menos dos veces por hora, por ejemplo: si en total se tienen 1000 litros en el sistema acuapónico, esta debe dar dos vueltas a todo el sistema en una hora. Las capacidades y características de las bombas en el mercado son muy extensas y la más adecuada depende del número de tanques, camas y cantidad de agua a usar (INTAGRI, 2017).

### Balance del Sistema Acuapónico.

#### Figura 2.

*Representación de un sistema balanceado entre peces, plantas y bacterias nitrificantes.*



*Fuente:* (Somerville, 2014).

Debido que un sistema acuapónico involucra cantidades de proteínas metabolizadas, como una capacidad de biofiltración y además de un poder determinado de absorción de los nitratos, a la hora de montarlo, se deberá considerar la importancia de mantener un balance de cargas en las tres principales comunidades presentes en el sistema acuapónico: peces, plantas y bacterias. El balance dentro del sistema acuapónico describe un equilibrio dinámico entre los tres principales grupos de organismos involucrados. Se trata del objetivo desde el punto de vista biológico para poder lograr el éxito del sistema productivo. Este equilibrio, puede compararse con una báscula que sostiene en brazos opuestos a los peces y las plantas, siendo el punto de apoyo o soporte, la colonia de bacterias nitrificantes (Candarle P. , 2014).

## **Tilapias**

La tilapia se ha introducido en todo el mundo y se cría de manera generalizada en los trópicos y las zonas subtropicales. Este pez presenta muchos atributos adecuados para su domesticación y cría. Entre ellos se incluyen la buena calidad y el sabor de su carne, una gran tolerancia a distintos entornos, su resistencia a muchas enfermedades habituales de los peces y la relativa facilidad de reproducción que presenta en cautividad (Villarruel & Angel, 2011).

### ***Anatomía y Fisiología***

#### ***Estructura***

Los peces, en general, presentan una forma ahusada, con el cuerpo moderadamente aplanado en los lados y más afilados en la zona de la cola que en la cabeza. Sus principales rasgos son el juego de vértebras repetido en serie y los músculos segmentados que permiten al pez desplazarse moviendo se cuerpo en forma lateral (Villarruel & Angel, 2011).

#### ***Cabeza***

En ella se encuentra la boca, cuya forma varía según lo que come el pez. Igualmente, los dientes están adaptados al tipo de alimento. Los orificios nasales están ubicados arriba de la boca, su función es solamente oler (no sirven para respirar) (Villarruel & Angel, 2011).

#### ***Tronco***

Va desde la cabeza hasta el ano. En ella se encuentran órganos como la vejiga natatoria, estomago intestino, hígado, riñones, ovarios o testículos (Villarruel & Angel, 2011).

#### ***Aletas***

Hay dos tipos de aletas (pares e impares), las pares corresponden a las patas de los animales terrestres, son por lo general cuatro: dos pectorales (situadas detrás de

7 los opérculos) y dos aletas pelvianas que pueden estar detrás de las pectorales o más atrás del vientre (Villarruel & Angel, 2011).

### ***Parámetros Físico Químicos del Agua***

#### ***Contenido de Oxígeno***

La tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1,0 mg/l), pero esto provoca efecto de estrés, siendo la principal causa de origen de infecciones patológicas. Para mantener un cultivo exitoso de tilapia, los valores de oxígeno disuelto deberían estar por encima de los 4 mg/l, el cual debería ser medido en la estructura de salida del estanque (desagüe). Valores menores al indicado, reducen el crecimiento e incrementan la mortalidad (Saavedra, M, 2004).

#### ***Temperatura***

El rango óptimo de temperatura para el cultivo de tilapias fluctúa entre 28 y 32 °C, aunque ésta puede continuarse con una variación de hasta 5 °C, por debajo de este rango óptimo (Saavedra, M, 2004).

#### ***Dureza***

Es la medida de la concentración de los iones de Ca y Mg, expresadas en partes por millón (ppm), de su equivalente a carbonato de calcio. Existen aguas blandas (< 100 ppm) y aguas duras (> 100 ppm). Rangos óptimos: entre 50 - 350 ppm de CaCO<sub>3</sub>. Por estar relacionada directamente con la dureza, el agua para el cultivo debe tener una alcalinidad entre 100 - 200ppm (Saavedra, M, 2004).

#### ***Rango de pH***

El rango óptimo está entre un valor de pH de 6,5 a 9,0. El pH para tilapia debe de ser neutro o muy cercano a él, con una dureza normalmente alta para proporcionar una secreción adecuada del mucus en la piel (Saavedra, M, 2004).

## Lechuga

### Figura 3.

*Lechuga hidropónica.*



Fuente: (Menchaca, 2015)

### **Origen**

El origen de la lechuga no parece estar muy claro, aunque algunos autores afirman que procede de la India, aunque hoy día los botánicos no se ponen de acuerdo, por existir un seguro antecesor de la lechuga, *Lactuca scariola* L., que se encuentra en estado silvestre en la mayor parte de las zonas templadas. El cultivo de la lechuga se remonta a una antigüedad de 2.500 años, siendo conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI (INFOAGRO, 2016).

### **Morfología**

La lechuga es una planta anual y autógena, perteneciente a la familia *Compositae* y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L.

- Raíz: la raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.

- Hojas: las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.
- Tallo: es cilíndrico y ramificado.
- Inflorescencia: son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.
- Semillas: están provistas de un vilano plumoso (INFOAGRO, 2016).

### **Requerimientos Edafoclimáticos**

#### ***Temperatura***

La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20°C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12°C por el día y 3-5°C por la noche (Saavedra G. , 2017).

Este cultivo soporta peor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas de hasta 6 °C (Saavedra G. , 2017).

#### ***Humedad***

El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan (Saavedra G. , 2017).

### ***Suelo***

Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje, situando el pH óptimo entre 6,7 y 7,4. En los suelos humíferos, si son excesivamente ácidos será necesario encalar. Este cultivo, en ningún caso admite la sequía, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seca para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres de cuello (Saavedra G. , 2017).

### ***Riego***

Los mejores sistemas de riego, que actualmente se están utilizando para el cultivo de la lechuga son, el riego por goteo (cuando se cultiva en invernadero), y las cintas de exudación (cuando el cultivo se realiza al aire libre). Los riegos se darán de manera frecuente y con poca cantidad de agua, procurando que el suelo quede aparentemente seco en la parte superficial, para evitar podredumbres del cuello y de la vegetación que toma contacto con el suelo. Se recomienda el riego por aspersión en los primeros días post-trasplante, para conseguir que las plantas agarren bien (Saavedra G. , 2017).

### ***Valor nutricional***

La lechuga es una hortaliza pobre en calorías, aunque las hojas exteriores son más ricas en vitamina C que las interiores.

**Tabla 1.***Composición nutricional de la lechuga.*

<b>Valor nutricional de la lechuga en 100 g de sustancia</b>	
Carbohidratos	20,1 g
Proteínas	8,4 g
Grasa	1,3 g
Calcio	0,4 g
Fosforo	138,9 mg
Vitamina C	125,7 mg
Hierro	7,5 mg
Niacina	1,3 mg
Riboflavina	0,6 mg
Tiamina	0,3 mg
Vitamina A	1155 U.I.
Calorías	18 cal

---

Fuente: (INFOAGRO, 2016)

## CAPITULO III

### Materiales y métodos

#### Ubicación del Lugar de Investigación

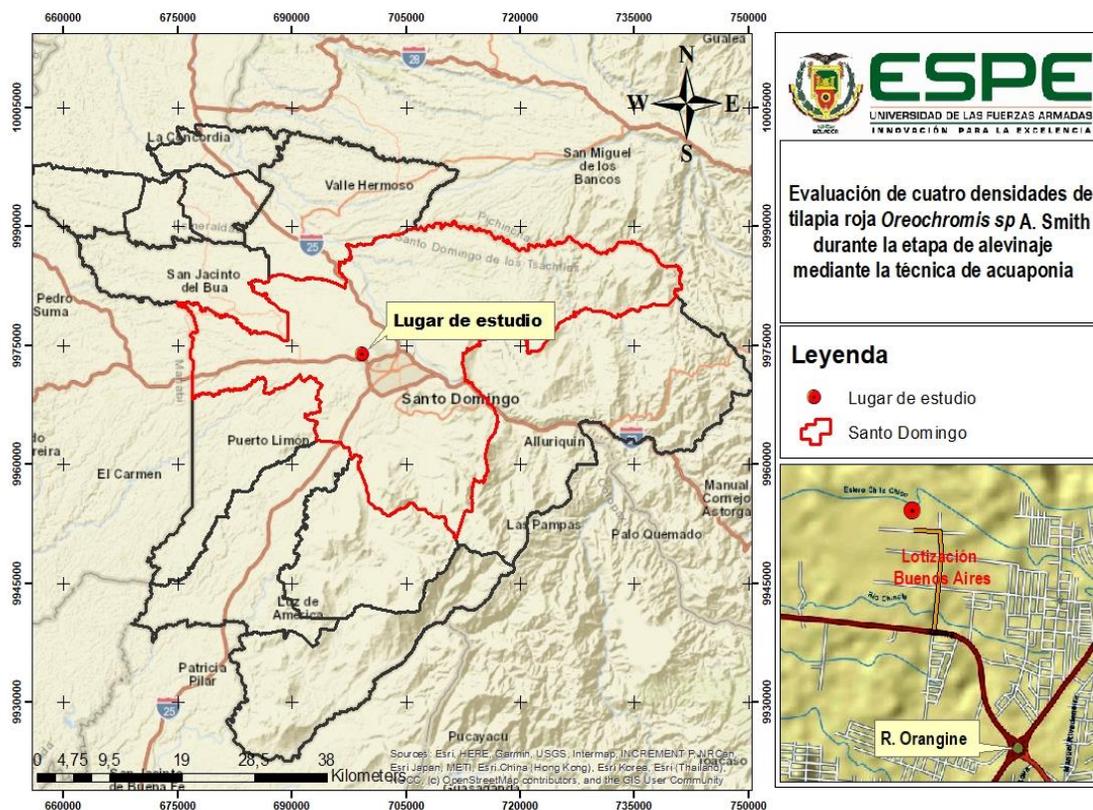
##### *Ubicación Política*

- **País:** Ecuador
- **Provincia:** Santo Domingo de los Tsáchilas
- **Cantón:** Santo Domingo de los Colorados
- **Parroquia:** Zaracay
- **Sector:** Vía Chone km 4<sup>1/2</sup> y avenida Italia

##### *Ubicación Geográfica*

#### Figura 4.

#### *Lugar de establecimiento del Proyecto de Tesis*



Elaborado por: Paola Quijije (2019).

- **Latitud:** 9974012,7 S
- **Longitud:** 699367,8W

#### ***Ubicación Ecológica***

- Zona de vida: Bosque subtropical muy húmedo premontano
- Altitud: 568 msnm
- Temperatura media: 24,6 ° C
- Precipitación: 2658 mm año
- Humedad relativa: 85%
- Heliofanía: 680 horas luz año
- Suelos: Franco arenoso

Fuente: **(CLIMATE DATA ORG., 2016)**.

#### ***Características del agua utilizada para el ensayo (Análisis físico químico)***

- Color: Característico
- Olor: Característico
- Estado: Líquido
- ph: 6,84
- Dureza total: 74,40 mgCaCO<sub>3</sub>/l
- Sólidos totales: 30,5 mg/l
- Conductividad: 64,85 uS/cm

Fuente: examen elaborado por EcuChemLab (2020)

## Materiales

### *Instalación del Sistema Acuapónico*

**Tabla 2.**

*Recursos necesarios para la implementación del sistema acuapónico*

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Tanques plásticos de 200 litros	Sierra manual
Tubos de PVC de 3"	Bomba de agua
Codos de PVC de 3"	Compresor de aire
"T" de PVC de 3"	Taladro
Tapas para tubos PVC de 3"	Juego para instalar cerradura
Silicona	
Pega tubo	
Conector	
Tapón hembra 1/2"	
Adaptador de presión macho 50MM * 1,1/2"	
Llave esférica roscable	
Codo de PVC 50MM*90	
"T" de PVC de 75MM*50MM	
Manguera de silicón para pecera	
Difusores de aire	
Malla antimosquitos fibra	
Madera	
Clavos	
Plántulas	
Martillo	

### *Alevines de tilapia.*

**Tabla 3.**

*Recursos necesarios para la obtención de alevines de tilapia*

<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Insumos</b>
Fundas plásticas	Agua	Alevines de tilapia

## Métodos

### *Diseño Experimental*

#### *Factores niveles y tratamientos a comparar*

**Tabla 4.**

*Factores y Niveles para probar en el sistema acuapónico.*

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
D	d1	T1	10 peces/100 l
	d2	T2	20 peces/100 l
	d3	T3	30 peces/100 l
	d4	T4	40 peces/100 l

***Tipo de Diseño***

Se empleo un Diseño Completo al azar DCA que tiene el siguiente modelo matemático.

$$y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Dónde:

$y_{ij}$  = respuesta observada con el tratamiento  $i$  en la repetición  $j$

$m$  = media general

$t_i$  = efecto del tratamiento  $i$ ;  $i=1,2, \dots, t$

$e_{ij}$  = termino de error asociado al tratamiento  $i$  la repetición  $j$

#### ***Repeticiones o Bloques***

Se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento dando un total de 16 unidades experimentales

### **Características de las Unidades Experimentales**

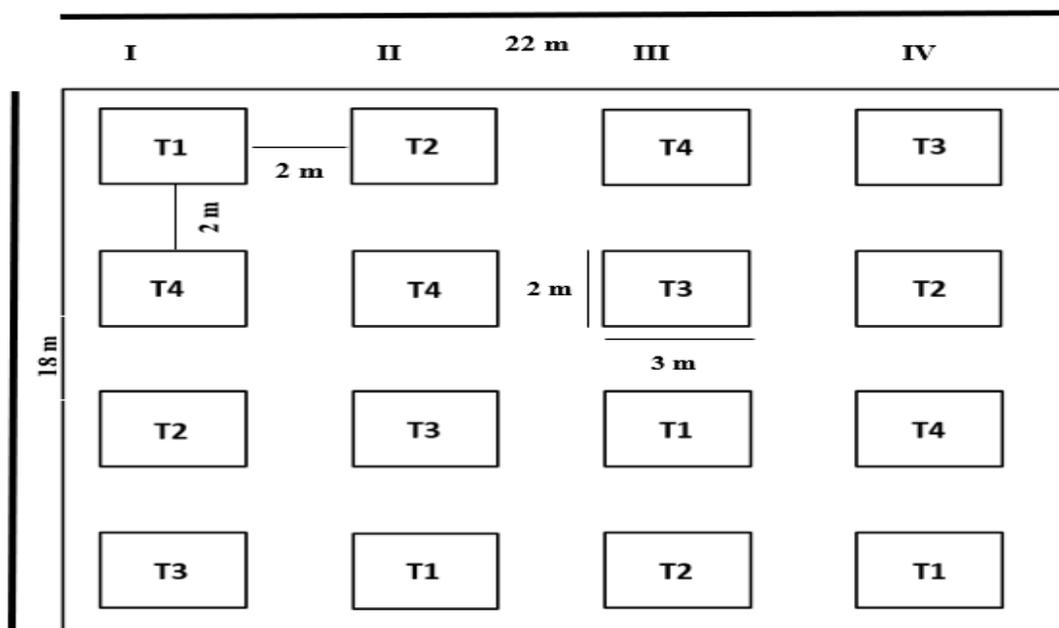
A continuación, se detallarán las características de las unidades experimentales

Número de unidades experimentales	: 16
Área de las unidades experimentales	: 6 m <sup>2</sup>
Largo	: 3 m
Ancho	: 2 m
Área total del ensayo	: 396 m <sup>2</sup>
Forma del ensayo	: Rectangular

### **Croquis del Diseño**

**Figura 5.**

*Disposición de las unidades experimentales en el área de ensayo*



### **Análisis Estadístico**

#### **Esquema del Análisis de Varianza**

Los análisis estadísticos se los realizó con el programa Infostat. El esquema del análisis de varianza será el siguiente:

**Tabla 5.**

*Esquema del análisis de varianza para la evaluación del sistema acuapónico.*

<b>Fuentes de variación</b>		<b>Grados de libertad</b>
Densidad	D – 1	3
Regresión lineal		1
Regresión Cuadrática		1
Regresión cubica		1
Error	DS (n – 1)	12
Total	DSn – 1	15
Coefficiente de variación	$\frac{\sqrt{CMe}}{\bar{x}} * 100$	

***Coefficiente de Variación***

El coeficiente de variación se lo calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{\bar{x}} * 100$$

**Donde:**

*CV* = Coeficiente de variación

$\sqrt{CMe}$  = Cuadrado medio del error experimental

$\bar{x}$  = Media general del experimento

### ***Análisis Funcional***

Se utilizó la prueba de significancia de Tukey al 5% cuya fórmula es:

$$Tukey = Q (\alpha, t, GLe) * s\bar{d}$$

**Donde:**

*Q* = Se obtiene de la tabla de rangos de Tukey mediante los valores  $\alpha$ , *t*, *GLe*

$\alpha$  = Nivel de probabilidad (5% o 1%)

- $t$  = Número de tratamientos  
 $GL_e$  = Grados de libertad del error experimental  
 $s\bar{d}$  = El error estándar de media de tratamiento

### ***Regresiones y Correlaciones***

Se realizó una regresión lineal simple entre los tratamientos para cada. El modelo matemático de la regresión lineal es el siguiente:

$$y = a + bX$$

**Donde:**

- $y$  = variable dependiente  
 $a$  = Es la ordenada de la intersección en el eje Y  
 $b$  = Es la pendiente de la recta  
 $X$  = Valor de la variable

### ***Variables a Medir***

#### ***Peces***

##### ***Mortalidad***

Para calcular el porcentaje de mortalidad se usó la siguiente fórmula

$$\text{Porcentaje de mortalidad} = \frac{\text{Número de peces muertos}}{\text{Densidad poblacional total}} \times 100$$

##### ***Peso Inicial***

Se tomó el peso inicial en gr de los alevines de tilapia a los 20 días luego que pasaron por una etapa de adaptación.

##### ***Peso Final***

Para el peso final se tomó cuando los peces llegaron a los 80 gr.

##### ***Ganancia Diaria de Peso***

La ganancia diaria de peso se la evaluó mediante el uso de la siguiente fórmula

$$\text{Ganancia de peso diaria (GPD) g/pez} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Edad en días}}$$

### ***Conversión Alimenticia***

La conversión alimenticia se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Conversion alimenticia} = \frac{\text{Kilogramos de alimento consumido}}{\text{Ganancia de peso total}}$$

### ***Lechugas***

#### ***Altura inicial y final***

La altura de la planta se la midió desde la base hasta la parte superior de la planta con una cinta métrica cada 15 días y se registraron los datos en una libreta, cabe recalcar que este dato se lo tomo en centímetros.

#### ***Peso inicial y final***

El peso de las plantas se registró en gramos con la ayuda de una balanza cada 15 días.

### **Métodos Específicos de Manejo del Experimento**

#### ***Instalación del Sistema Acuapónico***

Para el sistema acuapónico se utilizó tanques de 220 litros partidos a la mitad de manera transversal en los cuales fueron colocados los alevines, estos tanques se ubicaron sobre tablones de madera a una altura de 30 cm sobre el suelo.

Una vez instalados en el sitio los tanques se adaptó una llave de paso a la cual se le colocaron unos acoples y una T de PVC y se les añadió tres tubos de PVC de 1m de largo y 3 pulgadas de diámetro en los cuales se les realizo en cada tubo 7 perforaciones circulares de 2 pulgadas y separación de 15cm donde fueron posteriormente colocadas las lechugas, a los tubos se les dio una ligera inclinación hacia uno de sus extremos para que el agua fluya sin problemas.

Una vez instalado la estructura del sistema acuapónico se procedió a llenar cada uno de los tanques para acondicionar el agua y dejarlos listos para la llegada de los alevines, se instalaron también dos compresores de aire para que este oxigene el agua durante el ensayo, en los compresores se les colocó una adaptación en forma de flauta con tubo de PVC de una pulgada a las cuales se conectó mangueras de silicón flexible y en el extremo de las mangueras un difusor para que disperse el aire en cada tanque.

### ***Obtención de Plántulas de Lechuga***

Las plántulas de lechuga que se usaron en el presente ensayo fueron de un vivero certificado y con semillas de calidad.

En el estudio se usaron plántulas de lechuga cressa de 20 días y un peso aproximado entre 6,1 y 6,4 gramos para el total del ensayo se utilizaron 336 plántulas, nótese que fueron 16 unidades experimentales y en cada unidad se colocaron 21 plántulas.

Las plántulas se las colocó en el sistema cuando los alevines cumplieron 20 días que fue el periodo de adaptación y ese mismo día se realizó la primera toma de datos al igual que los alevines.

El paso del agua de los tanques de agua donde estaban los alevines hacia las plántulas de lechuga se lo controló por medio de una llave de paso la cual se abrió pasando 3 días en las mañanas durante 15 minutos permitiendo que las raíces de las plántulas queden en contacto con el agua y estas absorban los nutrientes provenientes de los alevines.

Además, al final de los tubos que contenían las plántulas de lechuga se les hizo un orificio para que el agua sobrante caiga a modo de gota resaltando así que nuestro sistema acuapónico no fue recirculante sino un sistema con solución perdida.

### ***Alevines de tilapia***

Los alevines que se utilizaron en el presente ensayo fueron de la línea ***Oreochromis sp*** A. Smith, con un peso aproximado de 0.03 g, reversados sexualmente, con una población de 100% machos.

Una vez llegados los alevines al sitio del ensayo se realizó la aclimatación de los mismos colocando la bolsa de plástico en la que vinieron encima de los tanques ya llenos de agua previamente por 20 minutos, estos se lo realizo para que no exista un choque térmico entre las diferentes temperaturas del agua de la bolsa plástica y los tanques evitando así el estrés y la muerte de los alevines.

Luego de realizar la aclimatación se procedió a colocar el número de alevines en cada tanque según los diferentes tratamientos y repeticiones quedando así T1 (10 alevines), T2 (20 alevines), T3 (30 alevines) y T4 (40 alevines).

Se les proporciono la primera ración de comida, para la alimentación de los alevines se utilizó balanceado el Tilapero de la empresa BIOalimentar a continuación, la tabla de especificaciones del balanceado.

**Tabla 6.**

*Programa y guía de alimentación para Tilapias recomendado por BIOalimentar.*

<b>Etapa</b>	<b>Tipo</b>	<b>Presentación</b>	<b>Días</b>	<b>Peso esperado (g)</b>	<b>Frecuencia alimentación por día</b>	<b>Porcentaje de biomasa</b>
Alevines	P-450	Micronizado	0	3	4 a 6	10
Inicial	P-380	Extrusos 2 mm	35	20	4 a 6	7,5
	P-320	Extrusos 3 mm	80	70	3	5
Crecimiento	P-320	Extrusos 3 mm	95	110	3	5
	P-320	Extrusos 3 mm	110	145	2	3,5

*Fuente: (Bioalimentar, 2016)*

Cabe mencionar que se esperó un tiempo de 20 días para que los alevines se adapten y empezar a tomar los datos para las variables en estudio.

Durante el ensayo se realizaron reposiciones de agua cada 3 días reponiendo así la cantidad de agua que se perdía cuando se abría la llave de paso para las plántulas de lechuga.

También se realizaron recambios de agua cada que se tomaban los datos de las variables esto fue cada 15 días, y semanalmente se hacía la limpieza del fondo de los tanques mediante un sifoneo para lo cual se utilizó una manguera colocando una punta en el fondo del tanque y la otra fuera de él, en la punta de afuera se le absorbía el aire creando así un vacío el cual en la manguera y posteriormente absorbía toda la suciedad que se encontraba en el fondo.

## CAPITULO IV

### Resultados

#### Peces

#### Índice de Mortalidad

**Tabla 7.**

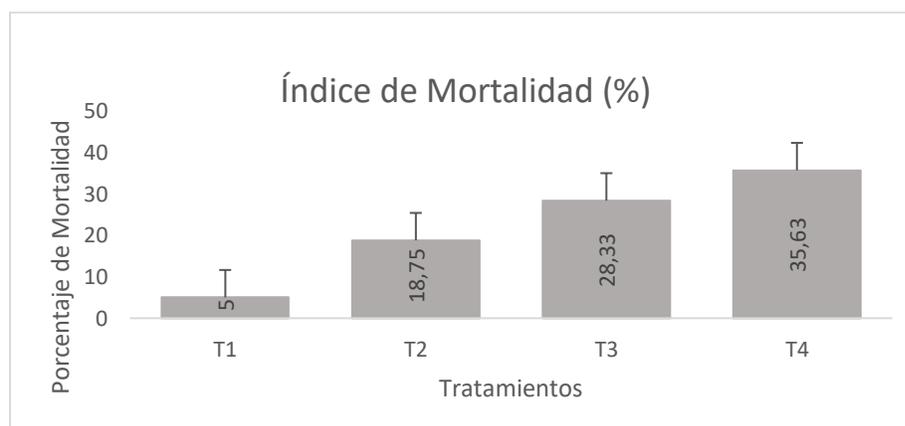
*Índice de Mortalidad Obtenida en el Proyecto de Investigación.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
Densidad	2100,75	3	700,25	18,59	0,0003
Repetición	90,30	3	30,10	0,800	0,5249
Error	338,98	9	37,66		
Total	2530,03	15			
Coeficiente de Variación	27,99				

En la tabla 7 se muestra el análisis de varianza del índice de mortalidad obtenida dentro del proyecto de investigación, mostrando diferencia significativa en su densidad con 0,0003, y su coeficiente de variación dio un valor dentro de lo normal de 27,99.

**Figura 6.**

*Índice de Mortalidad Obtenida en el Proyecto de Investigación.*



De acuerdo con la figura 6, se muestra la barra de la mortalidad obtenida mostrando un menor valor al T1 (5%), siendo este el tratamiento con menor número de peces, y el mayor índice de mortalidad en el T4 (35,63%) este tratamiento consta de 40 peces, para los T2 y T3 los valores obtenidos son de 18,75 y 28,33 respectivamente.

### Peso Inicial

**Tabla 8.**

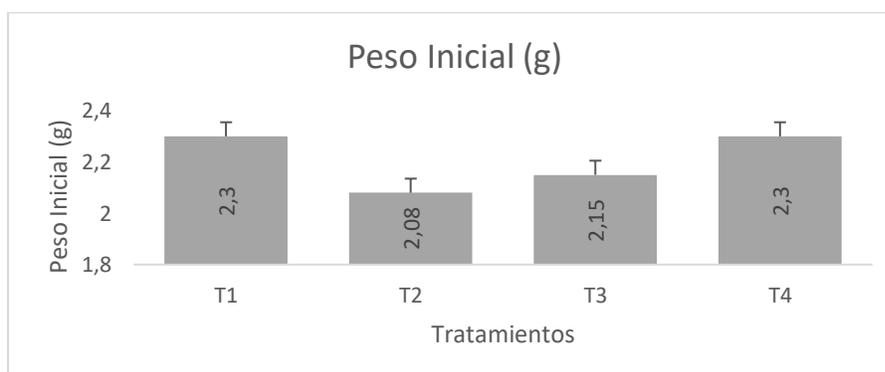
*Peso Inicial Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
Densidad	0,15	3	0,05	0,39	0,7614
Repetición	0,72	3	0,24	1,85	0,2079
Error	1,16	9	0,13		
Total	2,03	15			
Coeficiente de Variación	16,28				

De acuerdo con la tabla 8, no existe diferencia significativa para la densidad puesto que su valor es mayor con 0,7614, de tal forma el coeficiente de variación está dentro del rango establecido con 16,28 para este proyecto.

**Figura 7.**

*Peso Inicial Obtenida en el Proyecto de Investigación.*



De acuerdo con la figura 7 se muestra el promedio de T1 y T4 que comenzaron con el mismo peso de 2,3, mientras que el T2 es de 2,08 como el de menor valor y el T3 con 2,15.

### Peso Final

**Tabla 9.**

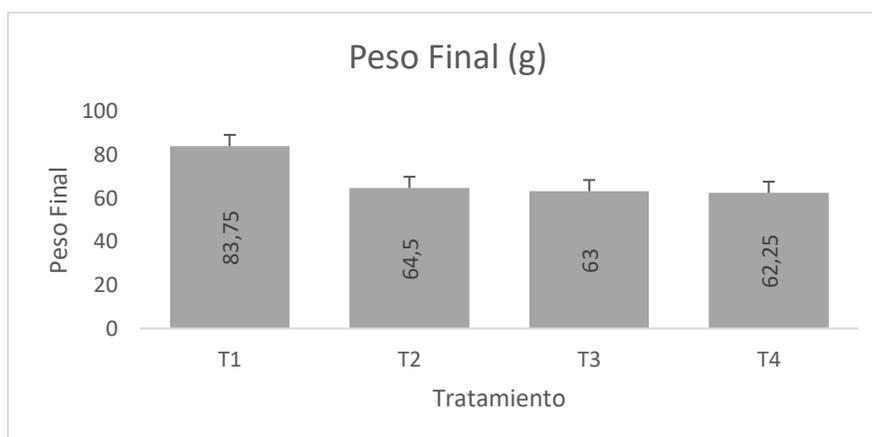
*Peso Final Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
Densidad	1271,25	3	423,75	74,41	<0,0001
Repetición	25,25	3	8,42	1,48	0,2850
Error	51,25	9	5,69		
Total	1347,75	15			
Coeficiente de Variación	3,49				

De acuerdo con la tabla 9, existió diferencia significativa en la densidad de los peces puesto que su valor es menor a 0,05, al igual se diferenció en el coeficiente de variación un valor de 3,49 estando dentro del rango normal dentro de la investigación.

**Figura 8.**

*Peso Final Obtenida en el Proyecto de Investigación.*



De acuerdo con la figura 8 el T1 con un peso final de 83,75 gramos fue mayor, seguido del T2 con 64,5 gramos, T3 con 63 gramos y T4 62,25 gramos.

### Conversión Alimenticia

**Tabla 10.**

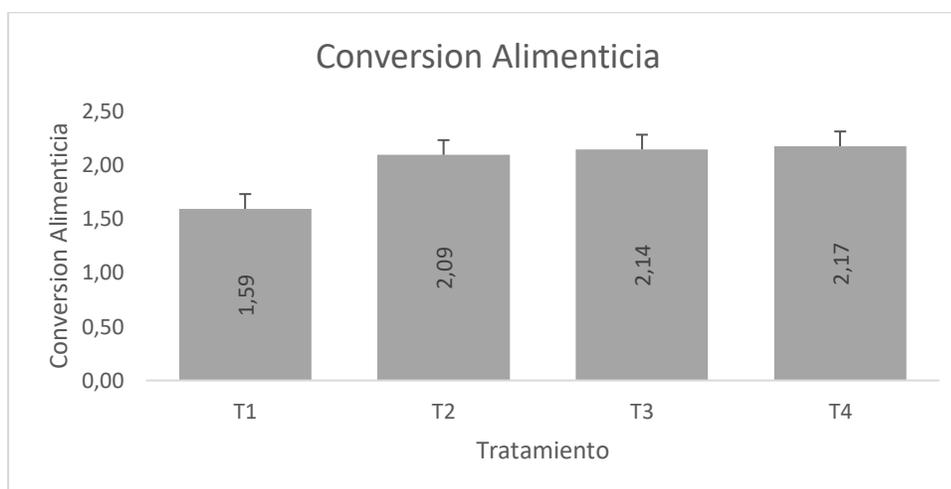
*Conversión Alimenticia Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
Densidad	0,88	3	0,29	39,56	<0,0001
Repetición	0,02	3	0,01	0,78	0,5326
Error	0,07	9	0,01		
Total	0,96	15			
Coeficiente de Variación	4,31				

De acuerdo con la tabla 10 se mostró diferencia significativa en la densidad siendo el valor menor a 0,05, de acuerdo con el coeficiente de variación el valor se encontró dentro del rango con 4,31 siendo normal para la investigación.

**Figura 9.**

*Conversión Alimenticia Obtenida en el Proyecto de Investigación.*



En la figura 9 el mejor tratamiento para la conversión alimenticia fue el T1 con 1,59, seguido por el T2 con 2,09 y el T3 y T4 con 2,14 y 2,17 respectivamente.

### Ganancia Diaria de Peso

**Tabla 11.**

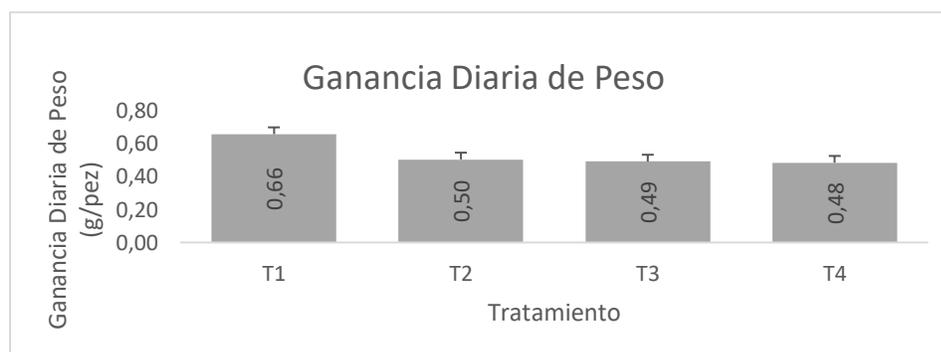
*Ganancia Diaria de Peso Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
Densidad	0,08	3	0,03	71,34	<0,0001
Repetición	000,14	3	000,45	1,19	0,3669
Error	000,34	9	000,38		
Total	0,09	15			
Coeficiente de Variación	3,63				

De acuerdo con la tabla 11 se muestra diferencia significativa en la densidad siendo mayor a 0,05, de igual forma el coeficiente de variación fue de 3,63.

**Figura 10.**

*Ganancia Diaria de Peso Obtenida en el Proyecto de Investigación.*



De acuerdo con la figura 10 la mayor ganancia de peso se la obtuvo en el T1 con 0,66 gramos seguida de los T2, T3 y T4 con 0,50, 0,49 y 0,48 gramos respectivamente.

## Lechugas

### Altura inicial y final

**Tabla 12.**

*Altura Inicial Primera Siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón - F</b>	<b>Valor - P</b>
Densidad	0,16	3	0,05	0,27	0,8436
Repetición	0,31	3	0,10	0,52	0,6815
Error	1,79	9	0,20		
Total	2,26	15			
Coeficiente de Variación	7,09				

De acuerdo con la tabla 12 se muestra que no existe diferencia significativa para la densidad su valor es mayor con 0,8436, y un coeficiente de variación de 7,09.

**Tabla 13.**

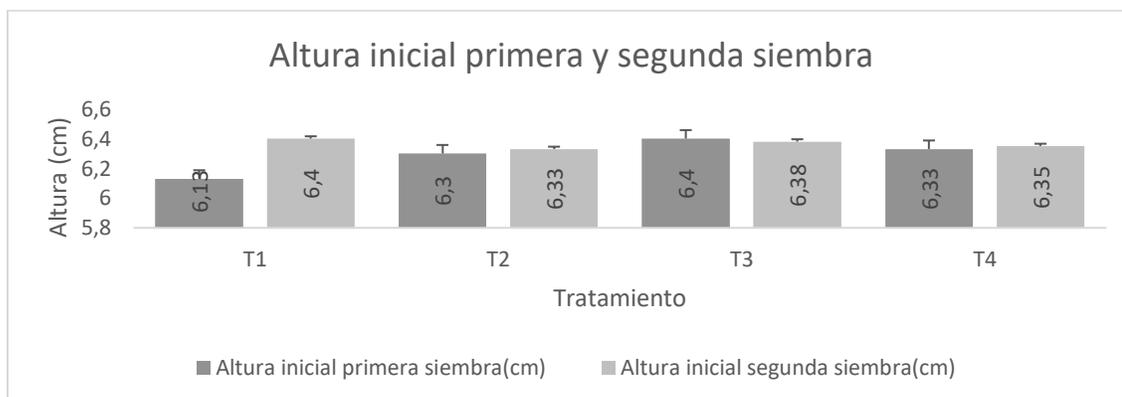
*Altura Inicial Segunda Siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón - F</b>	<b>Valor - P</b>
Densidad	0,01	3	000,42	0,10	0,9576
Repetición	0,03	3	0,01	0,26	0,8512
Error	0,37	9	0,04		
Total	0,42	15			
Coeficiente de Variación	3,20				

De acuerdo con la tabla 13 no existe diferencia significativa entre densidades debido a que el valor es mayor con 0,9576 siendo así que el coeficiente de variación está dentro del rango establecido con 3,20 en este proyecto.

**Figura 11.**

*Altura Inicial Primera y Segunda Siembra Obtenida en el Proyecto de Investigación.*



De acuerdo con la figura 11 la altura inicial de la primera y segunda siembra no existió diferencia significativa entre tratamientos teniendo así que la altura de las plántulas menor fue de 6,13 y la mayor de 6,4.

**Tabla 14.**

*Altura Final Primera Siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
Densidad	242,26	3	80,75	71,29	<0,0001
Repetición	1,35	3	0,45	0,40	0,7573
Error	10,20	9	1,13		
Total	253,81	15			
Coeficiente de Variación	5,21				

De acuerdo con la tabla 14 se muestra diferencia significativa en la densidad siendo mayor a 0,05, de igual forma el coeficiente de variación fue de 5,21 siendo un valor adecuado para la investigación.

**Tabla 15.**

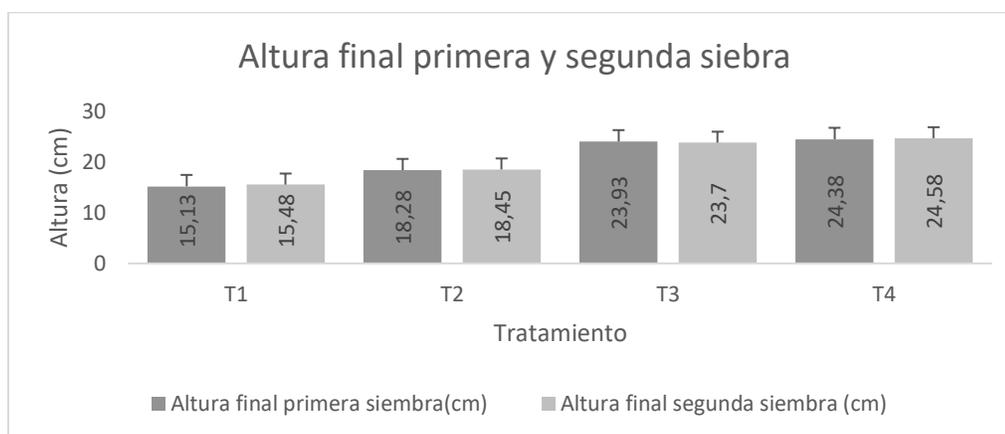
*Altura Final Segunda Siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
Densidad	225,16	3	75,05	515,62	<0,0001
Repetición	0,37	3	0,12	0,86	0,4967
Error	1,31	9	0,15		
Total	226,84	15			
Coeficiente de Variación	1,86				

La tabla 15 muestra que, si existió diferencia significativa entre las densidades siendo mayor a 0,05, y un coeficiente de variación fue de 1,86 adecuado para el proyecto.

**Figura 12.**

*Altura Final Primera y Segunda Siembra Obtenida en el Proyecto de Investigación.*



En la figura 12 existió diferencia, la altura menor fue en T1 con 15,13 y 15,48, seguida del T2 18,28 y 18,45, el T3 23,93 y 23,7 y el mayor en T4 con 24,38 y 24,58.

### Peso inicial y final

**Tabla 16.**

*Peso Inicial primera siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón - F</b>	<b>Valor - P</b>
Densidad	0,16	3	0,05	3,20	0,0767
Repetición	0,22	3	0,07	4,38	0,0368
Error	0,15	9	0,02		
Total	0,54	15			
Coeficiente de Variación	1,60				

En la tabla 16 no existió diferencia significativa para los tratamientos, teniendo el coeficiente de variación dentro del rango establecido con 1,60 en este proyecto.

**Tabla 17.**

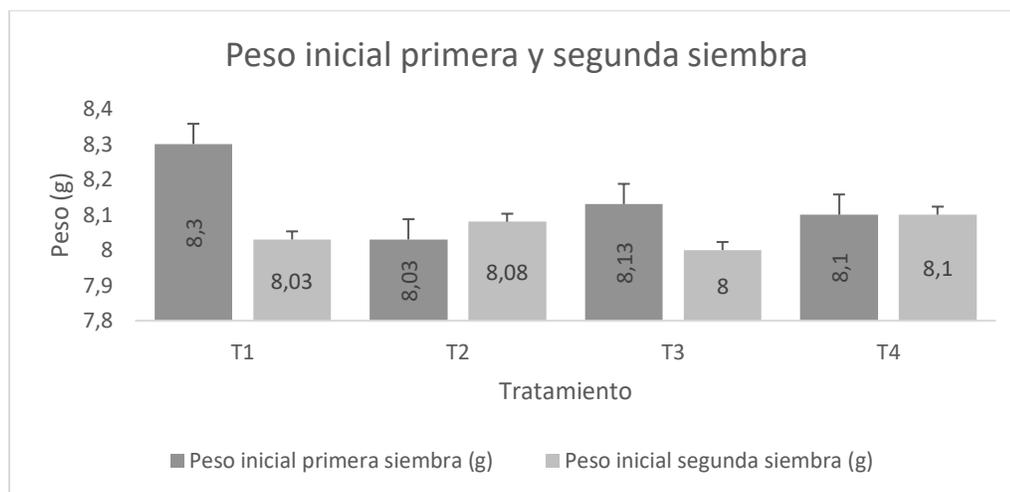
*Peso Inicial segunda siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón - F</b>	<b>Valor - P</b>
Densidad	0,03	3	0,01	0,83	0,5085
Repetición	0,01	3	0,00017	0,17	0,9162
Error	0,09	9	0,01		
Total	0,12	15			
Coeficiente de Variación	1,24				

Respecto a la figura 17 no existe diferencia significativa para las densidades ya que el valor es mayor con 0,5085 y un coeficiente de variación de 1,24 en el proyecto.

**Figura 13.**

*Peso Inicial Primera y Segunda Siembra Obtenida en el Proyecto de Investigación.*



De acuerdo con la figura 13 no existió diferencia significativa entre los tratamientos y las siembras teniendo valores entre 8,03 y 8,3 gramos, existiendo así un peso homogéneo.

**Tabla 18.**

*Peso Final Primera siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
Densidad	3699,72	3	1233,24	149,27	<0,0001
Repetición	36,03	3	12,01	1,45	0,2911
Error	74,36	9	8,26		
Total	3810,10	15			
Coeficiente de Variación	2,50				

En la tabla, si existe diferencia significativa entre las densidades siendo mayor a 0,05, así mismo el coeficiente de variación fue de 2,50 siendo este adecuado para la investigación.

**Tabla 19.**

*Peso Final segunda siembra Obtenido en el Proyecto de Investigación.*

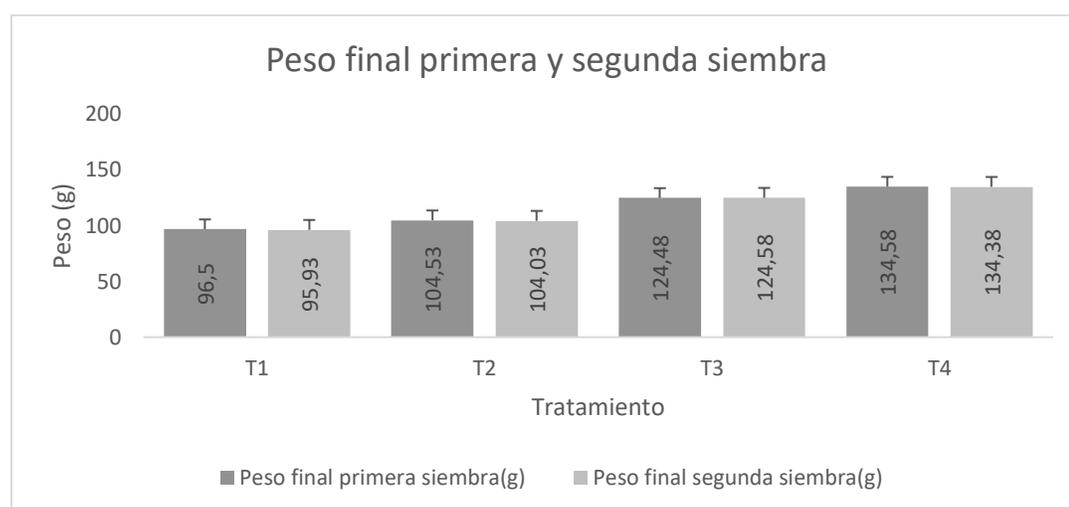
Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor - P
Densidad	3804,30	3	1268,10	222,45	<0,0001
Repetición	2,64	3	0,88	0,15	0,9241
Error	51,30	9	5,70		
Total	3858,15	15			

Coeficiente  
de Variación

Con respecto a la tabla 19 éxito diferencia significativa entre las densidades siendo mayor a 0,05, así mismo el coeficiente de variación fue de 2,08.

**Figura 14.**

*Peso Final Primera y Segunda siembra Obtenida en el Proyecto de Investigación.*



Como se muestra en la figura 14 el mayor peso final se los obtuvo en el T4 con 134,58 y 134,38 gramos, seguido de T3 con 124,48 y 124,58 gramos, el T2 con 104,53 y 104,03 gramos y el menor peso final se obtuvo en el T1 con 96,5 y 95,93 gramos en las dos siembras.

## **CAPITULO V**

### **Discusión**

La acuaponía es una combinación entre la hidroponía y acuicultura, en estos sistemas integrados, los nutrientes que son excretados por los peces o generados por la actividad microbiana son absorbidos por plantas cultivadas hidropónicamente, tratando así el agua antes de ser reciclada al acuario (Ushiña, 2020).

Esta investigación para el cultivo de lechuga y tilapias en sistema acuapónico se diseñó usando cuatro densidades (10, 20, 30 y 40 peces/100 litros de agua), y un total de 21 lechugas para cada unidad experimental además cabe mencionar que el sistema diseñado no fue un sistema recirculante sino un sistema con solución perdida por lo que se necesitó realizar recambios y reposiciones de agua.

### **Peces**

#### **Índice de Mortalidad**

De acuerdo a lo obtenido en el proyecto tenemos que el menor índice de mortalidad fue el T1 (10 peces/100 litros de agua) con 5% existiendo así una diferencia significativa frente al T2 (20 peces/100 litros de agua) con 18,75%, T3 (30 peces/100 litros de agua) con 28,33 % y teniendo el porcentaje de mortalidad más alta con el T4 (40 peces/100 litros de agua) 35,63%.

Cabe recalcar que este porcentaje de mortalidad se dio durante la fase de adaptación de los alevines que fue desde la siembra hasta los 20 días luego de la siembra una vez transcurrido este tiempo no hubo más mortalidad y fue ahí que se empezó con la toma de datos de las demás variables, de acuerdo a la investigación realizada por (Muñoz & Bernal, 2008) la rusticidad de los animales y el gran rango de amplitud en los diferentes parámetros, un porcentaje de este tipo es crítico, pues estos animales cuentan con una alta probabilidad de adaptación.

Según lo mencionado por (Estación Piscícola de Gigante, 2015) la mortalidad de los alevines de tilapia se da durante la etapa de adaptación, esta etapa se comprende desde la siembra hasta las dos primeras semanas ya que estos tienen que pasar por un proceso de adaptación al medio en el que serán manejados lo cual los hace susceptibles a cualquier tipo de estrés ya sea ambiental o de manejo.

### **Peso Inicial**

Para esta variable se utilizaron alevines de tilapia roja de la línea *Oreochromis sp* A. Smith, con un peso aproximado de 0.03 g, reversados sexualmente, con una población de 100% machos de acuerdo a la toma de datos a los 20 días del inicio del ensayo, el peso inicial de los tratamientos se definieron por no tener diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T4 con 2,3 gramos, seguido del T3 con 2,15 gramos y finalmente el T2 con 2,08 gramos lo cual indica que en la etapa de adaptación de los alevines hubo crecimiento inicial homogéneo en los tratamientos, según (Pincay & E, 2019) en su estudio realizado en cuanto al peso promedio reportados de las tilapias se encontró un peso inicial de 2,97 gramos el cual al final del ensayo se lo considero como óptimo para que las tilapias alcanzaran los pesos adecuados.

Por otra parte, el ensayo de Rincon, y otros, (2012), menciona que con similares variables y características mostraron un peso inicial de 2,5 gramos en los alevines.

### **Peso Final**

En la variable peso final el resultado más alto se lo obtuvo en T1 con menor número de peces con un peso final de 83,75 gramos teniendo diferencia significativa mientras que los pesos menores se los obtuvo con el T2, T3 y T4 con un peso de 64,5 gramos, 63 gramos y 62,25 gramos respectivamente para cada tratamiento a los 124 días comparando estos resultados con los obtenidos por Basantes, (2015), donde menciona que el peso final obtenido a los 120 días fue de 84,73 gramos en el cual se

evaluó la eficiencia de un sistema acuapónico con recirculación de agua con una alimentación similar a la suministrada en el presente proyecto.

De acuerdo a la investigación de Reyes, (2018), que tomó en consideración las densidades menciona que en cuanto al peso obtenido se encontró que el mayor incremento para ambas especies fue de 89,03 para la Tilapia y de 83,38 para la Carpa, es importante señalar que la presente investigación tuvo una duración de 124 días y tomas de datos cada 15, estando en similares días con Reyes, (2018) que fue de 122 en los que se realizaron mediciones de talla y peso cada 15 días, para establecer la eficacia de los tratamientos en relación con los datos zootécnicos.

Cabe resaltar que el tipo de alimento suministrado y los horarios establecidos juegan un papel importante dentro del desarrollo de los alevines, al igual que el sistema acuapónico constituye una alternativa ecológica y viable, ya que se reduce la utilización de productos químicos y el tiempo de espera para la producción de los peces y no se desperdicia agua.

### **Conversión Alimenticia**

En lo que respecta a la conversión alimenticia tenemos que la mejor conversión se la obtuvo en el T1 con 1,59, lo cual nos indica que para producir 1kg de carne en el actual proyecto fueron necesarios 1,59 kg de balanceado, seguido por el T2 con 2,09 y el T3 y T4 con 2,14 y 2,17 respectivamente en los cuales se evidencia el mayor consumo de alimento, esto en relación con Pizzini, (2017), donde obtuvo valores de 1,04, además, Garcia, (2010) hace mención que un factor de conversión alimenticia que esté por encima de dos es un claro indicativo de una baja eficiencia para que los peces sean capaces de convertir el alimento en biomasa y que el índice óptimo de conversión alimenticia debe ser cercano a uno. Haciendo referencia a esto se puede decir que en

nuestro estudio hay una alta eficiencia de los peces para transformar el alimento consumido.

En el caso de la tilapia la buena conversión alimenticia es atribuible a su destreza y habilidad para captar el balanceado, esto se hace referencia a la investigación realizada por Cano, (2015), reporta FCA de 1,76 y 1,84 al evaluar dos densidades T1= 45 alevines/m<sup>2</sup> T2= 30 alevines/m<sup>2</sup> respectivamente, durante la investigación se observó desde el inicio los estanques con mayor densidad, los peces mostraron ser más agresivos en la captura del alimento, debido a mayor competencia de los peces por el alimento balanceado, causada por alta densidad, haciendo que hubiese menor aprovechamiento de la ración.

### **Ganancia Diaria de Peso**

En cuanto a la ganancia diaria de peso no estuvo en función del peso inicial de siembra pues se observó que existe una mayor ganancia de peso se la obtuvo en el T1 con 0,66 gramos lo cual resulta significativo frente a los T2, T3 y T4 con 0,50 gramos, 0,49 gramos y 0,48 gramos respectivamente los cuales no tienen diferencia estadística significativa entre ellos, esto nos indica que mientras menor sea la densidad de peces mayor será la ganancia diaria de peso.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Hernandez & Fajardo, (2019), en su estudio de "Evaluación de la productividad de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con tres pesos iniciales y tres densidades de siembra en un sistema de recirculación" en el cual obtuvo ganancias diarias de peso que varían entre los 0,57 a 0,9 gramos/día, estos datos tienen relación con la investigación realizada por Reyes, (2018) en donde se registró ganancia de peso promedio diario aceptable en *Oreochromis spp.* con un valor mínimo de 0,47 g/día, estos valores están relacionados con factores como la alimentación, digestión, parámetros ambientales, el metabolismo y estado de maduración.

Saavedra, M, (2006) menciona que cuando los peces son sometidos a ayuno, el crecimiento de estos es negativo por lo tanto pierde peso, al igual que, el crecimiento de la tilapia y por ende la tasa de utilización del alimento depende de varios factores a menudo difíciles de controlar: cantidad de alimento, temperatura, densidad de siembra, estrés, disponibilidad de oxígeno, competencia con otros peces, etc.

## **Lechugas**

### **Altura inicial y final**

De acuerdo al peso inicial en las dos siembras de las lechugas fueron de forma homogénea, se las compro con 20 días de germinadas, incluyéndolas en el proyecto, de forma que fueron con alturas homogéneas para cada tratamiento, de esta forma se obtuvo valores de 6,13 a 6,4, en la investigación realizada por Moreno & Zafra, (2014) mencionan dos densidades de tilapias con un sistema acuapónico, teniendo así valores de altura a los 30 días de 5,2 definiendo así que sus valores están menores a los de nuestra investigación.

De acuerdo a la investigación de Castilblanco & Hidalgo, (2009) mencionan que hasta la semana dos las plantas colocadas en el estanque fertilizado en el sistema NFT tuvieron mayor altura (6.7 cm) que los demás tratamientos, NFT no fertilizado, raíces flotantes fertilizado y no fertilizado con 5.6, 5.8 y 5.4 cm, respectivamente, tomando en consideración que en esta investigación se realizó con soluciones de fertilizantes los valores en cuanto a altura no tuvieron mucha diferencia a los obtenidos en mi investigación.

Para la altura final de las lechugas dentro de la presente investigación los datos finales fueron a los 41 días, existiendo una diferencia entre los tratamientos, la altura menor se la tuvo en el T1 con 15,13 y 15,48, seguida del T2 18,28 y 18,45, el T3 23,93 y 23,7 y el mayor en T4 con 24,38 y 24,58 en la primera y segunda siembra,

corroborando la investigación de Castilblanco & Hidalgo, (2009) al final del ciclo la altura de las plantas fue de 11 cm como la más alta, seguida de 10.5 cm y 9.5 cm, esto tomando en consideración los factores evaluados que fueron soluciones nutritivas dentro de cada tratamiento.

Tapia, (2018) menciona que al comparar la longitud de hojas de lechugas entre ambos sistemas, se encuentra que crecieron más las lechugas acuapónicas con el efluente fertilizado por las tilapias se asumió que esta agua tuvo más nutrientes, es importante resaltar que al ser tan delgada la película de agua que fluye por los tubos, este siempre se encuentra oxigenada y por medio de la gravedad se integra al tanque de los peces permitiendo también su oxigenación sin el empleo de equipos.

### **Peso inicial y final**

De acuerdo al peso de las lechugas existieron pesos de 8,03 y 8,3 gramos teniendo un peso homogéneo, estos datos se obtuvieron al inicio de la siembra de la investigación, de acuerdo a (Tapia, 2018), detalla valores de 5,61gramos a los 15 días, tomando en cuenta que realizaron semillero y al día 0 empezaron con 2,05 gramos, de esta forma se toma en consideración para el cultivo acuapónico.

Para el peso final de las dos siembras de lechuga, se obtuvieron datos en el T4 con 134,58 y 134,38 gramos, seguido de T3 con 124,48 y 124,58 gramos, el T2 con 104,53 y 104,03 gramos y el menor peso final se obtuvo en el T1 con 96,5 y 95,93 gramos, estos valores son similares a los expresados por Tapia, (2018) en donde expresa que en cuanto a la ganancia de peso, el sistema acuapónico tuvo mayor ganancia de peso en el proyecto adquiriendo 119,3 gr en promedio por lechuga y 111,19 gr en el sistema hidropónico, manteniendo una ganancia promedio de 2 gr/día y 1,85 gr/día en acuaponía e hidroponía respectivamente.

Por otra parte (Moreno & Zafra, 2014), mencionaron que al finalizar el cultivo la ganancia de peso fresco total promedio por lechuga en el tratamiento 1 fue 118,20 g siendo mayor que el tratamiento 2 (agua enriquecida con 25 individuos de tilapia roja).

## CAPITULO VI

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

Con respecto a las variables zootécnicas evaluadas como el índice de mortalidad, peso final, conversión alimenticia y ganancia diaria de peso si existió influencia de las diferentes densidades siendo el T1 (10 peces/100 litros de agua) quien arrojó los mejores resultados una gran diferencia significativa lo cual nos indica que mientras menor sea la densidad de siembra en un sistema acuapónico mejores serán los índices de las variables antes mencionadas.

Los porcentajes de mortalidad obtenidos en el proyecto de investigación están dentro de los normales para el cultivo puesto que al ser la tilapia un pez de gran rusticidad en aguas dulces no existió niveles altos en los tratamientos obtenidos, de igual forma esto nos demostró que no existió depredación entre ellas, indicando que pueden ocupar el mismo espacio sin comprometer la existencia de los mismos.

Las condiciones medioambientales, como la limpieza, la alimentación y climatización de los alevines pueden influenciar directamente en los índices de mortalidad, ganancia de peso, conversión alimenticia de los alevines y su adaptabilidad en el medio. Se debe tener en consideración que las características como los horarios de alimentación, recambio de agua, fondo del estanque pueden estar influenciados directamente con el crecimiento de los peces, cabe resaltar que el buen manejo que se dio en toda la fase de campo ayudo a obtener mejores resultados para poder comparar los valores con otros estudios similares.

El desarrollo vegetativo de las lechugas, se vio influenciado por el número de peces dentro de cada estanque, teniendo valores más altos en cuanto a altura y ganancia de peso en los estanques con 40 y 30 peces/100ltrs de agua respectivamente

teniendo una relación lechuga: tilapia adecuada de 1:2 y 1:1,5 de esta forma se evidencio que el cultivo acuapónico es una técnica eficaz para la producción de hortalizas de hoja de ciclo corto.

### **Recomendaciones**

Es importante para futuras investigaciones tomar en consideración nuevas densidades de siembra de alevines, profundidades de estanques para de esta forma conocer cómo pueden variar los resultados.

Determinar aspectos de manejo del cultivo de peces con el fin de obtener mejores rendimientos, tomando en consideración recambios de agua, raciones de alimento de acuerdo a la fase del pez.

De acuerdo a los sistemas acuapónicos desarrollar ensayos con cultivos diferentes plantas de ciclo corto, y diferentes etapas de crecimiento de los peces a fin de obtener investigaciones nuevas y poder encontrar mejores niveles de producción.

La obtención de semillas de calidad y reversados es importante para de esta manera no tener variaciones en la toma de datos y los resultados finales.

Aplicar métodos de filtración para evitar sedimentación de residuos orgánicos en las raíces asegurando niveles adecuados de oxígeno para la producción, tomando en cuenta la recirculación del agua para evitar desperdicios mayores de agua.

## CAPITULO VII

### Bibliografía

- Alcocer, M. (15 de Mayo de 2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DOS SISTEMAS ACUAPÓNICOS HORIZONTALES PARA LA PRODUCCIÓN CONJUNTA DE PECES DORADOS Y LECHUGAS*. Sevilla-España: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA UNIVERSIDAD DE SEVILLA . Recuperado el 20 de 03 de 2019, de <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/63802/TFG%20DISE%3%91O%20Y%20CONSTRUCCI%3%93N%20DE%20DOS%20SISTEMAS%20ACUAP%3%93NICOS%20HORIZONTALES%20PARA%20LA%20PRODUCCI%3%93N%20CONJUNTA%20DE%20PECES%20DORADOS%20Y%20LECHUGAS.pdf?sequence=2>
- Basantes, C. (2015). *EVALUACIÓN DEL USO DE BALANCEADO ORGÁNICO VS EL ALIMENTO INDUSTRIAL SOBRE LA CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE LA Oreochromis sp (TILAPIA) CRIADA EN CULTIVO INTENSIVO*. Guayaquil, Ecuador: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. Recuperado el 01 de 02 de 2021, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6944/1/TESIS%20DE%20TILAPIA%20apa%20apa.pdf>
- Bioalimentar. (2016). Recuperado el 10 de 04 de 2020, de <https://www.bioalimentar.com/biomentos-info/>
- Candarle, P. (2014). *Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), Dirección de acuicultura*. Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Recuperado el 14 de 04 de 2019, de [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/\\_archivos//000000\\_Desarrollos%20Acu%C3%ADcolas/160831\\_T%C3%A9cnicas%20de%20Acuaponia.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos//000000_Desarrollos%20Acu%C3%ADcolas/160831_T%C3%A9cnicas%20de%20Acuaponia.pdf)
- Candarle, P. (2015). Obtenido de [https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/\\_archivos/000000\\_Informaci%C3%B3n%20y%20noticias%20vinculadas%20al%20sector/160831\\_T%C3%A9cnicas%20de%20Acuaponia.pdf](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos/000000_Informaci%C3%B3n%20y%20noticias%20vinculadas%20al%20sector/160831_T%C3%A9cnicas%20de%20Acuaponia.pdf)
- Cano, E. (2015). *Evaluación del crecimiento de Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) "Tilapia Nilotica" en primer alevinaje, cultivada en estanques a dos densidades"*. Curumuy: Universidad Nacional de Piura. Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/998>
- Castilblanco, E., & Hidalgo, J. (2009). *Efecto de dos tratamientos de agua en la producción de lechuga (Lactuca sativa) bajo dos sistemas hidropónicos en piscicultura*. Zamorano-Honduras: Zamorano. Recuperado el 11 de 02 de 2021, de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/420/1/T2871.pdf>
- CLIMATE DATA ORG. (2016). Obtenido de <https://es.climate-data.org/location/2979/>
- Estación Piscícola de Gigante. (2015). *CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA (CUC) AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA (AUNAP) (Estación Piscícola de*

- Gigante*). Universidad de la Costa. Recuperado el 06 de 02 de 2021, de <https://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/18-INFORME-FINAL-DE-GIGANTE.pdf>
- FAO. (2014). Recuperado el 20 de 03 de 2019, de <http://teca.fao.org/es/read/8725>
- FAO. (15 de Marzo de 2016). *FAO*. Recuperado el 20 de 03 de 2019, de [http://www.fao.org/tempref/Fl/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/x6709s02.htm](http://www.fao.org/tempref/Fl/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s02.htm)
- García, M. (2010). Acuicultura rural en la Costa Sur de Jalisco: caso de estudio. *Redalyc*, 29-48. Recuperado el 05 de 02 de 2021, de [http://bvvirtual.uco.mx/descargables/952\\_acuicultura\\_rural\\_en\\_la\\_costa\\_sur\\_de\\_jalisco.pdf](http://bvvirtual.uco.mx/descargables/952_acuicultura_rural_en_la_costa_sur_de_jalisco.pdf)
- Giro, A. (2008). *Evaluación del rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L.) cultivada en un sistema acuapónico, realizado en la Empresa Agrícola Santa Agustina Xolhuitz*. Nuevo San Carlos-Guatemala: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA. Recuperado el 12 de 02 de 2021, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/24/24\\_0155.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/24/24_0155.pdf)
- González, H., Cabrera, S., Ulloa, M., & Montoya, M. (Mayo de 2015). *ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA (Oreochromis niloticus) Y LECHUGA (Lactuca sativa) EN DOS SISTEMAS DE ACUAPONÍA*. Guadalajara-México: Agroproductividad. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/282723374\\_ANALISIS\\_TECNICO\\_DE\\_LA\\_PRODUCCION\\_DE\\_TILAPIA\\_Oreochromis\\_niloticus\\_Y\\_LECHUGA\\_Lactuca\\_sativa\\_EN\\_DOS\\_SISTEMAS\\_DE\\_ACUAPONIA](https://www.researchgate.net/publication/282723374_ANALISIS_TECNICO_DE_LA_PRODUCCION_DE_TILAPIA_Oreochromis_niloticus_Y_LECHUGA_Lactuca_sativa_EN_DOS_SISTEMAS_DE_ACUAPONIA)
- Goretta, J. (28 de Septiembre de 2015). *Acuaponia, un modelo de aprovechamiento en el cultivo conjunto de peces y plantas*. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste - Facultad de Ciencias Agrarias. Recuperado el 20 de 03 de 2019, de [http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=acuaponia\\_un\\_modelo\\_de\\_aprovechamiento\\_en\\_el\\_cultivo\\_conjunto\\_de\\_peces\\_y\\_plantas&id=2500](http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=acuaponia_un_modelo_de_aprovechamiento_en_el_cultivo_conjunto_de_peces_y_plantas&id=2500)
- Hernández, E., & Fajardo, H. (2019). *Evaluación de la productividad de tilapia (Oreochromis niloticus) con tres pesos iniciales y tres densidades de siembra en un sistema de recirculación, Managua, 2017-2018*. MANAGUA- NICARAGUA: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnm01h557.pdf>
- INFOAGRO. (2016). *AGRI nova Science*. Recuperado el 01 de 04 de 2019, de <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>
- INTAGRI. (2017). Acuaponia para la Producción de Plantas y Peces. Serie Horticultura. *INTAGRI*, 32. Recuperado el 28 de 03 de 2019, de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y->



- Redalyc. Recuperado el 20 de 03 de 2019, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=939/93924626009>
- Saavedra, G. (2017). *Manual de producción de lechuga*. Santiago-Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Recuperado el 15 de 04 de 2019, de <https://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>
- Saavedra, M. (2004). *Manual del cultivo de Tilapia*. Managua-Nicaragua: Centro de recursos costeros. Recuperado el 15 de 04 de 2019, de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Saavedra, M. (2006). *MANEJO DEL CULTIVO DE TILAPIA*. Managua, Nicaragua. Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Saavedra, M. (2004). *Manejo del cultivo de tilapia*. Nanagua-Nicaragua: Centro de recursos costeros. Recuperado el 15 de 04 de 2019, de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Sanchez, J. (Mayo de 2018). *CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO DE MASA DE UN SISTEMA CERRADO*,. Baja California-México: CICESE-CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA. Recuperado el 20 de 03 de 2019, de <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/1158/1/178341.pdf>
- Somerville, C. (2014). Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical*, 262. Recuperado el 28 de 03 de 2019, de <https://search.proquest.com/openview/6c3a0de6739c75c63321ef0a7d133463/1?pq-origsite=gscholar&cbl=237320>
- Tapia, C. (2018). *“REDISEÑO DE REACTORES ACUAPÓNICOS UNIFAMILIARES PARA EL AUTOCONSUMO”*. Quito-Ecuador: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK. Recuperado el 11 de 02 de 2021, de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3090/1/TESIS%20Final%20correccion%20ACUAPONIA%20TAPIA%202018.pdf>
- Ushiña, C. (2020). *EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE MINERALES EN LECHUGA (Lactuca sativa var. crispata) CRECIDAS EN DIFERENTES SOLUCIONES NUTRITIVAS DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO*. Quito-Ecuador: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA. Recuperado el 11 de 02 de 2021, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18974/1/UPS-TTQ070.pdf>
- Villarruel, L., & Angel, J. (2011). *EFFECTIVIDAD DE DOS ECLOSIONADORES PROTOTIPO EN LA ECLOSIÓN DE OVAS DE TILAPIA ROJA (Oreochromis sp) Y TILAPIA NEGRA (Oreochromis niloticus) EN YAHUARCOCHA IMBABURA*. YAHUARCOCHA IMBABURA: Universidad Técnica del Norte. Recuperado el 29 de 03 de 2019, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/211/10/03%20AGP%2085%20REVISION%20LITERARIA.pdf>

