



**Valoración de un sistema acuapónico para pepinillo (*Cucumis sativus*) bajo el efecto de bioestimulantes algales y humus líquido.**

Muñoz Cortez, Myrian Alexandra y Tipán Tipán, Karla Pamela

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Phd. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal

17 de julio del 2020

**Document Information**

Analyzed document    Análisis urkund Tipán & Muñoz.docx (D77258723)  
 Submitted            7/28/2020 5:53:00 PM  
 Submitted by        Ortiz Tirado Juan Cristobal  
 Submitter email     jcortiz@espe.edu.ec  
 Similarity            8%  
 Analysis address    jcortiz.espe@analysis.orkund.com

**Sources included in the report**

<b>SA</b>	1A_Espinoza_Nomberto_Giancarlo_Sergio_Titulo_Profesional_2017.pdf Document 1A_Espinoza_Nomberto_Giancarlo_Sergio_Titulo_Profesional_2017.pdf (D30622011)	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/13347/T-2425.pdf?sequence=1">https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/13347/T-2425.pdf?sequence=1</a> ... Fetched: 7/28/2020 5:55:00 PM	5
<b>SA</b>	1A_Morales Huamán_Angel Humberto_Titulo_Profesional_2019.docx Document 1A_Morales Huamán_Angel Humberto_Titulo_Profesional_2019.docx (D58821516) Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / FERCHA.docx	1
<b>SA</b>	Document FERCHA.docx (D14103729) Submitted by: jotigrero@espe.edu.ec Receiver: jotigrero.espe@analysis.orkund.com	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20235/T-2615.pdf?sequence=1">https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20235/T-2615.pdf?sequence=1</a> ... Fetched: 6/2/2020 9:21:51 PM	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/143458574.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/143458574.pdf</a> Fetched: 5/25/2020 6:07:58 PM	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4294/T-1797.pdf?sequence=1">https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4294/T-1797.pdf?sequence=1</a> Fetched: 2/1/2020 2:44:25 AM	1
<b>SA</b>	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Informe Tesis URKUND.docx Document Informe Tesis URKUND.docx (D30247126) Submitted by: amlopez7@espe.edu.ec Receiver: jcortiz.espe@analysis.orkund.com	2
<b>SA</b>	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS-1urkund.docx Document TESIS-1urkund.docx (D23345725) Submitted by: galarrea@espe.edu.ec Receiver: galarrea.espe@analysis.orkund.com	1
<b>SA</b>	Tesis Heredia - Urkund.docx Document Tesis Heredia - Urkund.docx (D63201663)	5
<b>W</b>	URL: <a href="https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/607/1/tesis_Rodr%C">https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/607/1/tesis_Rodr%C</a> ... Fetched: 7/21/2020 9:02:24 AM	1

Firma:



Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph.D.

**DIRECTOR**



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “VALORACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO PARA PEPINILLO (*Cucumis sativus*) BAJO EL EFECTO DE BIOESTIMULANTES ALGALES Y HUMUS LÍQUIDO”, fue realizado por las señoritas Muñoz Cortez, Myrian Alexandra y Tipán Tipán, Karla Pamela 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.

Sangolquí, 29 de julio del 2020.

Firma:

Ortiz Tirado, Juan Cristóbal Ph.D.

C. C. 170999816-3



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotras, **Muñoz Cortez, Myrian Alexandra** y **Tipán Tipán, Karla Pamela**, con cédulas de ciudadanía n°1725421166 y 1723038707, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **VALORACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO PARA PEPINILLO (*Cucumis sativus*) BAJO EL EFECTO DE BIOESTIMULANTES ALGALES Y HUMUS LÍQUIDO** es de nuestra 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.

Sangolquí, 15 de julio del 2020

Firma

Muñoz Cortez, Myrian Alexandra

C.C.: 1725421166

Firma

Tipán Tipán, Karla Pamela

C.C.: 1723038707



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

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotras **Muñoz Cortez, Myrian Alexandra y Tipán Tipán, Karla Pamela**, con cédulas de ciudadanía n°1725421166 y 1723038707, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **VALORACIÓN DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO PARA PEPINILLO (*Cucumis sativus*) BAJO EL EFECTO DE BIOESTIMULANTES ALGALES Y HUMUS LÍQUIDO** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 15 de julio del 2020**

Firma

**Muñoz Cortez, Myrian Alexandra**

C.C.: 1725421166

Firma

**Tipán Tipán, Karla Pamela**

C.C.: 1723038707

### **Dedicatoria**

A mi abuelito que desde el cielo sé que se siente muy orgulloso de mi.

A mi abuelita Manuela.

A mis padres Efraín y Rocío.

A mis hermanos Matías y Daniela

A mi tío Marco.

A mis amigos.

Gracias por el apoyo incondicional para seguir avanzando en mi vida profesional.

***Karla Pamela Tipán Tipán***

Esta investigación dedico con toda el alma a mis padres Rita Cortez y Marco Muñoz por todos sus esfuerzos y por ser un pilar fundamental en mi existencia.

A mis hermanas Nidia y Mirian, a mi sobrino Bryan, siempre los llevaré en mi corazón.

A mis tías Raquel Cortez y Elisa Cortez por la paciencia brindada durante mis estudios.

***Myrian Alexandra Muñoz Cortez***

## **Agradecimiento**

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, a mi querido IASA y a todos sus docentes por el conocimiento impartido que ha permitido mi formación profesional y crecimiento personal.

A mi tutor Dr. Juan Ortiz, por el apoyo y consejos durante todo el proceso de investigación.

A la Ing. Daysi Muñoz y el Lic. Marco Taco por el apoyo y paciencia en los análisis de laboratorio.

A mi amiga Alexandra Muñoz por compartir esta experiencia juntas, por la paciencia durante el trayecto.

A mis grandes amigos del IASA por su apoyo, amistad y todas las experiencias compartidas durante la carrera. A mis amigas Cristina, Pamela, Karina y Paloma por estar siempre apoyándome y dándome palabras de aliento.

A mis padres por su dedicación y esmero por darme un gran ejemplo e inculcarme el ser una mujer con valores.

A toda mi familia por no dejarme sola nunca y enseñarme a no dejar de luchar hasta conseguir mis sueños, en especial a mi tío Marco por su comprensión y apoyo en todo momento.

***Karla Pamela Tipán Tipán***

Agradezco la infinita gracia del Creador por permitirme cumplir una meta más en mi existencia, largo ha sido el camino pero la recompensa es gratificante.

Doy gracias de todo corazón a mi madre por nunca rendirse y estar siempre pendiente de mí.

A mi familia porque han contribuido a que mi sueño se cumpla y por ser un apoyo incondicional en mí vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, al IASA y a mis maestros por las enseñanzas impartidas durante mi formación académica.

Al Dr. Juan Ortiz por su apoyo incondicional y paciencia durante la investigación realizada. A la Ing. Daysi Muñoz por los consejos brindados, por su paciencia y ayuda oportuna en el laboratorio de acuicultura, también agradezco al Lic. Marco Taco por su apoyo y consejos al realizar los análisis en el laboratorio de suelos (IASA).

A mis amigas, amigos y compañeros con quienes he compartido en las aulas de mi querido IASA, entre felicidad, acuerdos y desacuerdos; pero siempre hemos estado unidos por el bien común.

A Karla Tipán, juntas llegamos al final de este camino, gracias por ser la persona que me dió ánimo cuando lo necesite y por compartir esta linda experiencia. A mis amigas Carolina, Jeanneth y Paulina, aunque nuestras vidas han tomado rumbos diferentes, siempre han estado allí para darme ánimos, fuerzas y consejos oportunos en este largo caminar.

***Myrian Alexandra Muñoz Cortez***



**Índice De Contenidos**

<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Análisis Urkund .....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad De Autoría .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice De Contenidos .....</b>	<b>9</b>
<b>Índice De Tablas .....</b>	<b>13</b>
<b>Índice De Figuras .....</b>	<b>14</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>16</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo I</b>	
<b>Introducción.....</b>	<b>18</b>
Antecedentes.....	18
Justificación .....	20
Objetivos .....	23
<i>Objetivo General .....</i>	<i>23</i>
<i>Objetivos Específicos .....</i>	<i>23</i>
Hipótesis.....	23

Marco Referencial .....	24
<i>Acuicultura</i> .....	24
<i>Sistemas De Recirculación En Acuicultura (SRA)</i> .....	24
<i>Hidroponía</i> .....	26
<i>Cultivo En Agua</i> .....	26
<i>Cultivo De Aguas Profundas o Balsas Flotantes (BF)</i> .....	27
<i>Acuaponía</i> .....	27
<i>Pepinillo</i> .....	28
<i>Condiciones Agroclimáticas Para El Cultivo De Pepinillo</i> .....	28
<i>Labores Culturales</i> .....	30
<i>Microalgas</i> .....	31
<i>Chlorella sp.</i> .....	31
<i>Chlorella sp. Biotipo 3 (B<sub>3</sub>)</i> .....	32
<i>Humus Líquido</i> .....	32
<i>Composición Del Humus Líquido</i> .....	32
<i>Beneficios Del Humus Líquido</i> .....	33
<i>Truchas</i> .....	34

## Capítulo II

<b>Metodología</b> .....	<b>35</b>
Ubicación Política .....	35
<i>Ubicación Del Lugar De Investigación</i> .....	35
<i>Ubicación Geográfica</i> .....	36
<i>Ubicación Ecológica</i> .....	36
<i>Área De Estudio</i> .....	36
Métodos .....	36
<i>Masificación De Microalgas Chlorella sp. B<sub>3</sub></i> .....	36

<i>Instalación Del Sistema Acuapónico</i> .....	38
<i>Preparación De Los Productos Foliare</i> .....	39
<i>Instalación Del Cultivo De Cucumis sativus</i> .....	40
<i>Análisis De Proteína Por El Método Kjeldahl</i> .....	41
<i>Análisis De Fibra Vegetal Por El Método Gravimétrico</i> .....	42
<i>Análisis De Ceniza Vegetal Por El Método Gravimétrico</i> .....	43
<i>Análisis De Humedad Por El Método Gravimétrico</i> .....	43
<i>Elaboración De Un Manual Divulgativo</i> .....	43
<i>Diseño Experimental</i> .....	44
<i>Tratamientos</i> .....	45
<i>Croquis experimental</i> .....	46
<i>Análisis Estadístico</i> .....	46
<i>Modelo Matemático</i> .....	47
<i>VARIABLES A MEDIR</i> .....	48

### Capítulo III

<b>Resultados</b> .....	<b>55</b>
Masificación De <i>Chlorella</i> sp. B <sub>3</sub> En El Laboratorio .....	55
Parámetros Ambientales (Temperatura Ambiental y Humedad Relativa).....	55
Sistema Acuapónico .....	56
<i>Maduración De Bacterias (Bacillus subtilis) En Laboratorio</i> .....	56
<i>Maduración Del Biofiltro</i> .....	57
<i>Condiciones Físico-químicas Del Agua Del Sistema Acuapónico</i> .....	58
<i>Proceso De Nitrificación</i> .....	59
<i>Análisis Químico Del Agua</i> .....	60
<i>Análisis Microbiológico Del Biofiltro</i> .....	61
<i>Incremento De La Biomasa Animal En Trucha Arco Iris</i> .....	61

	12
<i>Alimento Balanceado Consumido Por La Biomasa Animal De Trucha Arco Iris</i> .....	63
<i>Análisis Morfológico y Productivo De Las Plantas De Pepinillo</i> .....	63
<i>Análisis Bromatológico De Los Frutos De Pepinillo</i> .....	69
<i>Valoración De La Productividad En El Cultivo De Pepinillo</i> .....	70
Elaboración De Un Manual Divulgativo.....	72
 <b>Capítulo IV</b>	
<b>Discusión</b> .....	<b>74</b>
Masificación De <i>Chlorella sp. B<sub>3</sub></i> .....	74
Parámetros Ambientales (Temperatura Ambiental y Humedad Relativa).....	74
Sistema Acuapónico .....	74
<i>Incremento De La Biomasa Animal En Trucha Arco Iris</i> .....	78
<i>Análisis Morfológico y Productivo De Las Plantas De Pepinillo</i> .....	78
<i>Análisis Bromatológico De Los Frutos De Pepinillo</i> .....	81
<i>Análisis De La Productividad Del Cultivo De Pepinillo</i> .....	82
Análisis De Las Interacciones .....	84
Análisis Del Manual.....	84
 <b>Capítulo V</b>	
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>86</b>
Conclusiones.....	86
Recomendaciones.....	87
Referencias Bibliográficas.....	88

## Índice De Tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Requerimientos nutricionales en el cultivo de pepinillo.</i> .....	29
<b>Tabla 2</b>	<i>Ficha técnica del fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR), en presentación líquida concentrado soluble, registro ICA 2688.</i> .....	33
<b>Tabla 3</b>	<i>Dosis de aplicación de productos foliares al 75% y 100%.</i> .....	39
<b>Tabla 4</b>	<i>Tratamientos evaluados en el cultivo de pepinillo.</i> .....	45
<b>Tabla 5</b>	<i>Análisis de varianza para un trifactorial con 12 tratamientos y dos repeticiones.</i> .....	46
<b>Tabla 6</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar, mínimo y máximo de los parámetros físico-químicos del agua de los componentes del sistema acuapónico.</i> .....	58
<b>Tabla 7</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar, mínimo y máximo de los valores de compuestos nitrogenados en el sistema acuapónico.</i> .....	59
<b>Tabla 8</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> desviación estándar, mínimo y máximo de los valores de la concentración de nutrientes en el sistema acuapónico.</i> .....	60
<b>Tabla 9</b>	<i>Incremento y porcentaje de crecimiento de la biomasa animal en trucha arco iris.</i> .....	62
<b>Tabla 10</b>	<i>Cantidad de alimento balanceado consumido (kg) por la biomasa animal de trucha arco iris durante 3 meses.</i> .....	63
<b>Tabla 11</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error experimental de las características morfológicas de las plantas de pepinillo. Parte 1.</i> .....	65
<b>Tabla 12</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error experimental de las características morfológicas de las plantas de pepinillo. Parte 2.</i> .....	67
<b>Tabla 13</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error experimental de los parámetros morfométricos en frutos de pepinillo.</i> .....	68
<b>Tabla 14</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error experimental del análisis bromatológico de los frutos de pepinillo.</i> .....	69
<b>Tabla 15</b>	<i>Promedio <math>\pm</math> error experimental del peso de fruto, total de frutos por tratamiento, frutos por planta y rendimiento.</i> .....	71

## Índice De Figuras

<b>Figura 1</b>	<i>Ubicación del proyecto piscícola Pailones IASA I.</i>	35
<b>Figura 2</b>	<i>Proceso de centrifugación de <i>Chlorella B<sub>3</sub></i> y obtención del producto algal.</i>	37
<b>Figura 3</b>	<i>Diseño del sistema acuapónico semi-cerrado.</i>	38
<b>Figura 4</b>	<i>Distancia de siembra de plantas de pepinillo.</i>	40
<b>Figura 5</b>	<i>Procedimiento del trasplante de las plántulas de pepinillo.</i>	41
<b>Figura 6</b>	<i>Croquis experimental</i>	46
<b>Figura 7</b>	<i>Espectrofotómetro YSI 9000</i>	48
<b>Figura 8</b>	<i>Muestras de agua del sistema acuapónico</i>	48
<b>Figura 9</b>	<i>Muestras de agua del sistema acuapónico</i>	49
<b>Figura 10</b>	<i>Preparación de medios de cultivo</i>	50
<b>Figura 11</b>	<i>Planta de pepinillo en floración</i>	51
<b>Figura 12</b>	<i>Medición de clorofila con el equipo Hansatech CL-01.</i>	52
<b>Figura 13</b>	<i>Proceso de pesaje de truchas para la obtención de la biomasa.</i>	53
<b>Figura 14</b>	<i>Limpieza de piscinas de truchas.</i>	53
<b>Figura 15</b>	<i>Tratamiento de desinfección en trucha arco iris.</i>	54
<b>Figura 16</b>	<i>Curva de crecimiento de <i>Chlorella sp. B<sub>3</sub></i> y valores de pH durante el ensayo</i>	55
<b>Figura 17</b>	<i>Promedios, mínimos, máximos de la temperatura ambiental y humedad relativa de veinte días del mes de diciembre</i>	56
<b>Figura 18</b>	<i>Concentración de amoníaco, nitritos y nitratos en el ensayo de laboratorio.</i>	57
<b>Figura 19</b>	<i>Concentración de amoníaco, nitritos y nitratos en el biofiltro del sistema acuapónico</i>	58

<b>Figura 20</b> <i>Presencia de bacterias nitrificantes (Bacillus sp.) en diferentes medios de cultivo.....</i>	61
<b>Figura 21</b> <i>Incremento de la biomasa animal de trucha arco iris. ....</i>	62
<b>Figura 22</b> <i>Altura promedio de las plantas de pepinillo a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante.....</i>	64
<b>Figura 23</b> <i>Interacciones de bioestimulante por dosis de aplicación, bioestimulante por frecuencia de aplicación y frecuencia de aplicación por dosis.....</i>	72
<b>Figura 24</b> <i>Capítulos del manual divulgativo, enunciado en el objetivo específico número tres .....</i>	73
<b>Figura 25</b> <i>Portada del manual divulgativo. ....</i>	73

## Resumen

El cultivo de pepinillo en Ecuador se realiza en pequeñas extensiones de 5 ha, la posibilidad de exportación es una alternativa para los productores y el creciente aumento demográfico ha provocado que el recurso se reduzca, buscando técnicas innovadoras para producir. La acuaponía es un sistema integrado entre hidroponía y acuicultura, permitiendo el cultivo de especies acuáticas como trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y vegetales como pepinillo (*Cucumis sativus*), aprovechando los nutrientes del efluente de los peces para el desarrollo y crecimiento de plantas. Este estudio se desarrolló en Pailones (IASA I) a 2900 msnm, utilizando un sistema hidropónico tipo balsa flotante que constó de dos tinas de 7mx0.9 m con 144 plantas, además de 5 piscinas para truchas. Se evaluó un sistema acuapónico con pepinillo y la aplicación foliar de bio-estimulante algal (*Chlorella B<sub>3</sub>*) y humus líquido, en diferentes dosis y frecuencias, en total 12 tratamientos. Los mejores tratamientos fueron T4 (aplicación de *Chlorella B<sub>3</sub>* al 75% cada 10 días) para longitud de raíz con  $27,85 \pm 1,22$  cm, número de hojas  $7,2 \pm 0,29$ ; número de flores  $1,8 \pm 0,29$ ; relación hojas flores  $5,02 \pm 0,76$ ; y T11 (aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días) para porcentaje de clorofila  $22 \pm 2,1\%$ ; relación hojas frutos  $2,90 \pm 0,46$ ; peso del fruto  $5,93 \pm 0,76$  g; ancho del fruto  $1,79 \pm 0,11$  cm y productividad  $308,36$  g/m<sup>2</sup>. Para que un sistema acuapónico funcione debe existir una interacción adecuada en sus componentes, en los que se encuentran bacterias, peces y plantas, el sistema debe ser amigable con el ambiente y generar beneficios para los productores.

### Palabras Clave

*Acuaponía, pepinillo (Cucumis sativus), truchas (Oncorhynchus mykiss), bioestimulantes algales, humus líquido.*



### Abstract

The cultivation of cucumber in Ecuador is done in small extensions of 5 ha, the possibility of export opens new alternatives to producers, the increase populations has caused the soil resource is reduced; searching innovative techniques to produce. The aquaponics is an integrated system between hydroponics and aquaculture, allowing the cultivation of aquatic species such as rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and plant species as cucumber (*Cucumis sativus*), taking advantage nutrients from the effluent of fish pools for development and growth of plants. This study was developed in Pailones (IASA I) to 2900 meters above sea level, it was used a hydroponic system "floating raft" which consisted of two tubs of 7x0.9 m with 144 cucumbers plants, in addition to 5 pools for trout. A system aquaponic was evaluated with cucumber plants and foliar application of algae bio-stimulant (*Chlorella B<sub>3</sub>*) and liquid humus, in different doses and frequencies, it was 12 treatments. Treatments best were T4 (application of *Chlorella B<sub>3</sub>* to the 75% every 10 days) for length of root with  $27.85 \pm 1.22$ cm, number of sheets  $7.2 \pm 0.29$ ; number of flowers  $1.8 \pm 0.29$ ; sheets relationship lowers  $5.02 \pm 0.76$ ; and T11 (application of inorganic fertilizer to the 75% every 5 days) for percentage of chlorophyll  $22 \pm 2.1\%$ ;  $2.90 \pm 0.46$  sheets relationship fruit; fruit weight  $5.93 \pm 0.76$ g, width of fruit  $1.79 \pm 0.11$ cm and productivity  $308.36 \text{ g/m}^2$ . For a system aquaponic work there should be a proper interaction of their components, which it is bacteria, fish and plants, the system must be friendly to the environment and to generate benefits for producers.

### Keywords

*Aquaponics, cucumber (Cucumis sativus), trout (Oncorhynchus mykiss), algae bio stimulants, liquid humus.*

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

El cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus*) es originario del sur de Asia, esta especie es tan antigua que fue conocida por poblaciones griegas y romanas. Con la llegada de los conquistadores se extendió al continente Americano, debido a su facilidad de adaptación (Muñoz, 2015).

Es una planta rastrera perteneciente a la familia de las cucurbitáceas, con el tiempo ha llegado a ser la hortaliza más cultivada y su producción se ha distribuido a nivel mundial (Huang, et al., 2009). Esta hortaliza es consumida en fresco ya que se encuentra en los mercados durante todo el año, su alto contenido de ácido ascórbico, calcio, hierro, potasio, cloro y las pequeñas cantidades de vitamina B, han hecho que la industria farmacéutica ponga los ojos en ella, a más de la industria alimentaria (Muñoz, 2015).

En el 2017 el principal productor de pepinillo fue China con 64 millones de toneladas, seguido de Turquía, Irán, Estados Unidos y España. Mientras que en América Latina los países sobresalientes en este cultivo son: Brasil, Argentina y Chile. Ecuador en el 2017 produjo 4637 toneladas de pepinillo en una superficie cultivada de 549 ha, con un rendimiento total de 84514 kg/ha, las provincias con mayor producción son Guayas y Manabí con 1584,4 y 1486 toneladas respectivamente (FAO, 2019).

Se considera que la producción de pepinillo es rentable gracias al alto consumo como hortaliza fresca, debido a ello el precio en el mercado es rentable ya que no fluctúa

considerablemente. Otro motivo es la baja aplicación de pesticidas en este producto, pero un factor que juega en contra de los productores es la falta de investigación en el uso de nuevas tecnologías, esto hace que las plantas no expresen todo su potencial genético y los rendimientos no sean los óptimos en las cosechas.

Por otro lado en el país las tierras que son potencialmente agrícolas han sido reducidas debido a la disposición de estas para zona industrial y/o zona habitacional, por ello es conveniente buscar nuevas técnicas para la producción de alimentos, entre estas alternativas se encuentra la acuaponía.

La acuaponía es un sistema integrado entre la hidroponía y la acuicultura la cual consiste en la producción de algunas especies de peces, moluscos y crustáceos. El sistema integrado y de recirculación de agua debe ser sostenible en el tiempo, dicho sistema consiste en la utilización de las excretas de los peces, ricas en amonio y amoníaco, que en el sistema son transformados a nitritos y luego a nitratos gracias a bacterias nitrificantes, el producto final de los desechos es asimilado por las plantas como sus nutrientes principales. Una de las ventajas de este sistema es la disminución de contaminantes tanto para el medio ambiente, agua y también el suelo, debido a que no se puede utilizar pesticidas, ya que estos son dañinos para los peces y por lo tanto el producto final obtenido de las plantas serán totalmente orgánicos (Coronel, 2014).

En EE.UU en la ciudad de St. Paul del estado de Minnesota la empresa de tecnología acuífera Pentair en colaboración con Urban Organics desarrollaron un proyecto acuapónico con una producción de 125 toneladas de pez/año y 180 toneladas/año de cultivos de albahaca,

menta, acelga, lechuga y berros orgánicos en una superficie de 26500 m<sup>2</sup>. En esa misma línea y a fin de satisfacer la demanda de los consumidores de Chicago por alimentos orgánicos de origen sustentable la empresa Farmed Here obtiene 15 ciclos productivos en una extensión de 8000 m<sup>2</sup>. Algo similar sucede en China en donde utilizan la acuaponía para la producción de arroz (Fernández, 2016).

En Ecuador en la Carrera Agropecuaria, se han realizado estudios experimentales en acuaponía en zonas de altura utilizando la trucha arco iris asociada a hortalizas como lechuga, espinaca, albahaca y tomate riñón; mientras que Córdova (2019) realizó un estudio para el cultivo de fresa, todos estos con resultados satisfactorios en cuanto al rendimiento (Ortiz J., 2019).

Con todo lo mencionado se dice que al ser un sistema semi-cerrado, la contaminación disminuirá, al implementar plantas y animales los productores tendrán un rubro extra de producción y por lo tanto su economía se verá beneficiada. A la vez, se obtendrán productos orgánicos de buena calidad, libres de pesticidas y se los podrá vender a un buen precio, garantizando la seguridad alimentaria.

### **Justificación**

El cultivo de pepinillo en Ecuador no ha sido muy difundido entre agricultores, por lo que actualmente se siembra en pequeñas extensiones de 5 ha, sin embargo, la posibilidad de exportar esta hortaliza una vez procesada abriría una nueva alternativa para los productores (Yaguache, 2014). Por tal motivo y pese a que en la actualidad el creciente aumento demográfico ha provocado que el recurso suelo para la agricultura cada vez se reduzca, por lo

que se deben buscar técnicas alternativas e innovadoras de producción en zonas de altura con los que se obtengan productos orgánicos de calidad.

La acuicultura se ha convertido en una de las actividades de producción de alimentos de origen animal con mayor crecimiento en el mundo durante los últimos años. El acelerado aumento de la demanda dado por el crecimiento demográfico y el cambio en los hábitos alimenticios son el mayor estímulo para el crecimiento acelerado de la Acuicultura. Por lo antes mencionado la Acuicultura se convierte estratégicamente en una necesidad, tal como se dio con la Agricultura en el siglo pasado, por la necesidad de abastecer los requerimientos del planeta (FAO, 2016).

La alimentación mediante especies de origen acuático ha formado parte de las tradiciones culturales de grupos humanos a lo largo del planeta, constituyendo una importante fuente de proteínas, ácidos grasos, vitaminas, minerales y micronutrientes esenciales. En los últimos años se ha observado una significativa transición en la producción de este tipo de alimentos que ha llevado a que se reduzca la importancia de la captura de especies acuáticas en su estado natural en favor de la acuicultura, es decir, el cultivo en ambientes controlados de un creciente número de especies. Así, la producción mundial acuícola en 2014 superó por primera vez a la pesca de captura como principal proveedor de especies acuáticas para consumo humano (Acebo, 2018).

Sin embargo al incrementarse los cultivos acuícolas en cautiverio se presenta otro problema, que es la contaminación ambiental, específicamente del agua con las excretas de los peces y los residuos de alimento que generan sustancias tóxicas como el amonio y nitritos. Por

lo que la utilización de un sistema acuapónico, reduce la contaminación del ambiente debido al aprovechamiento de las excretas que funcionarán como alimento para las bacterias nitrificantes; el resultado del proceso de nitrificación, será utilizado por las plantas para la producción vegetal, con el cual se obtendrá un producto final de manera orgánica. Además que este sistema obliga al productor a reducir el uso de pesticidas, optimizar el uso del espacio y por lo tanto disminuir los costos de producción (Candarle, 2006).

Bajo estas condiciones, se propone el cultivo acuapónico de pepinillo asociado con trucha arco iris en la zona de Pailones, Hcda. El Prado, debido a que Vaca (2018), realizó estudios de adaptación y rendimiento de ocho variedades de pepinillo a altitudes superiores a 2800 msnm bajo invernadero en Riobamba, condiciones ambientales que son similares a las de la propuesta de estudio obteniendo resultados satisfactorios para la variedad híbrida 1805. También se consideró que en la Carrera de Agropecuaria se realizó un ensayo en un sistema acuapónico con pepinillo obteniendo buenos resultados en un rango de tiempo similar al que normalmente tiene el cultivo.

Por consiguiente se debería investigar si un sistema acuapónico semi-cerrado con trucha arco iris a 2900 msnm, logra satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo y si un bio-estimulante como la microalga *Chlorella* Biotipo 3 y el humus líquido contribuyen al desarrollo adecuado dando como resultado un producto orgánico de buena calidad.

## Objetivos

### **Objetivo General**

Evaluar la productividad de pepinillo (*Cucumis sativus*) bajo el efecto de *Chlorella* biotipo 3 y humus líquido como productos foliares orgánicos, en un sistema acuapónico de altura, asociado con trucha arco iris (*Onchorynchus mikyss*).

### **Objetivos Específicos**

- Determinar la disponibilidad temporal de nutrientes minerales en un sistema de circulación semi-cerrado, entre truchas en etapa de engorde y el complejo de nitrificación bacteriana, así como el balance carbono, nitrógeno, fósforo y minerales traza disponibles en el sistema acuapónico instalado.
- Evaluar parámetros productivos de pepinillo en un sistema acuapónico (tipo balsa flotante), bajo la acción de *Chlorella* sp. Biotipo 3 y humus líquido como bioproductos foliares, así como el crecimiento de las biomásas de peces que integran el sistema a una altitud de 2940 msnm.
- Elaborar un manual que sirva para la divulgación del manejo en sistemas acuapónicos con pepinillo y trucha arco iris.

## Hipótesis

**H0** “El aporte nutritivo de excretas de trucha mediante los procesos de nitrificación en un sistema acuapónico tipo balsa flotante, el uso de *Chlorella* sp. Biotipo 3 y humus líquido

como bio-productos foliares orgánicos en diferentes dosis y frecuencias, no incrementa la productividad y calidad de pepinillo por área de trabajo en zonas de altura”.

**H1** “El aporte nutritivo de excretas de trucha mediante los procesos de nitrificación en un sistema acuapónico tipo balsa flotante, el uso de *Chlorella* sp. Biotipo 3 y humus líquido como bio-productos foliares orgánicos en diferentes dosis y frecuencias, incrementa la productividad y calidad de pepinillo por área de trabajo en zonas de altura”.

## **Marco Referencial**

### ***Acuicultura***

Es el cultivo en condiciones controladas de organismos acuáticos, que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción. Es el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento y representa el 50% del pescado destinado a la alimentación a nivel mundial (FAO, 2019).

### ***Sistemas De Recirculación En Acuicultura (SRA)***

Los SRA son procesos conjuntos que se utilizan para el cultivo de organismos acuáticos, garantizan una mínima pérdida de agua, calor y poblaciones animales. Son diseñados para remover y almacenar de manera segura los residuos, garantizar la limpieza, reutilizar el agua y mantener las condiciones ambientales óptimas para las especies de peces que se cultivan (International Aquafeed, 2014).

Este tipo de sistemas permite el monitoreo y control de parámetros fisicoquímicos tales como: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, CO<sub>2</sub>, pH, alcalinidad y metabolitos como el



nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos. El control adecuado de parámetros físico-químicos permite la producción continua a lo largo del año, logrando mejores tasas de crecimiento y conversión alimenticia (Jiménez, 2005).

El sistema de recirculación para un ambiente óptimo está formado por los siguientes componentes: a) Remoción de sólidos que consiste en remover los desechos producidos en los sistemas tales como las heces y el alimento no consumido, b) Biofiltración que tiene la función de controlar los compuestos nitrogenados producto del metabolismo de los organismos, c) Aireación y oxigenación que consiste en adicionar aire u oxígeno al agua, d) Desgasificación que es el proceso de eliminar el dióxido de carbono acumulado en el sistema, e) Circulación del agua (Losordo, et al., 1992).

Un problema importante en los sistemas cerrados de recirculación de agua, es la eliminación constante de sustancias tóxicas, como el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y nitrito ( $\text{NO}_2$ ). El nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), es excretado por los peces a través de sus branquias y la orina, también producido por la descomposición microbiana del alimento no consumido. Para un SRA, existen varias maneras de reducir o eliminar el  $\text{NH}_3$ , elemento tóxico para los peces y otros organismos. Lucchetti y Gray (1988), mencionan tres técnicas para eliminarlo: a) por arrastre de aire proporcionando la de-nitrificación, b) por intercambio iónico, c) por biofiltración. Este último, es el más utilizado en los sistemas cerrados de recirculación de agua, debido a su bajo costo, operación, mantenimiento y la más importante eficiencia (Córdova, 2019).

### ***Hidroponía***

Es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. Se deriva del griego HYDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa literalmente “trabajo en agua”. Se utiliza para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos nutricionales, a través del agua y solución nutritiva obteniendo plantas de excelente calidad y sanidad, permite una mayor concentración de plantas por metro cuadrado, mayor productividad por planta y eficiencia en el uso de los recursos agua, luz y nutrientes (Beltrano, 2015).

Estos sistemas poseen ciertas ventajas: un balance idóneo de agua, oxígeno y nutrientes; un control fácil y eficiente de pH y salinidad; ausencia de malezas, plagas y enfermedades en el sistema radicular en etapas iniciales; mejorar la calidad del fruto garantizando la eficiencia de la fertilización. Este conjunto de acciones permite optimizar insumos reduciendo el impacto ecológico y económico. Sin embargo también tiene algunas desventajas como: altos costos de instalación al inicio de la operación, adaptación de las plantas, y enfermedades radiculares en etapa adulta de la planta (Soria y Aguilar, 2002).

### ***Cultivo En Agua***

En este tipo de cultivo, las raíces se desarrollan total o parcialmente en agua, por lo que el contenedor debe poseer soportes para las plantas y además se deben cumplir con ciertos parámetros recomendados por Zárate (2014), un pH para las plantas de 6,5 a 7, mantener la solución nutritiva en la oscuridad, aireación para el proceso de respiración de las plantas ya sea

natural o por bombeo y la profundidad del lecho va dependerá de la especie a cultivar, debe ser superior a 10 cm.

### ***Cultivo De Aguas Profundas o Balsas Flotantes (BF)***

Es un sistema que implica la suspensión de las plantas en una plancha de poliestireno, con perforaciones que permiten el alojamiento de las plantas con sus raíces colgadas hacia abajo en dirección al agua que fluye por debajo de la plancha. La plancha protege al agua de la exposición solar y del incremento de la temperatura, brindando así estabilidad térmica al sistema hidropónico. En este tipo de diseño es fundamental que el sistema hidropónico tenga una buena oxigenación que se logra con aireadores de funcionamiento continuo (blower) (Candarle, 2006).

### ***Acuaponía***

La acuaponía es un sistema que tiene como principio aprovechar las excretas, alimento no consumido y diluido de los peces para transformarlos en fuente nutricional para el crecimiento de plantas mediante la acción de bacterias nitrificantes (biofiltro), encargadas de degradar los compuestos nitrogenados que son peligrosos para los peces (amonio, nitritos) (García, et al., 2005). Está basado en la combinación de dos sistemas, un sistema de acuicultura y un hidropónico (sistema acuícola-agrícola), formado por: tanque de peces, biofiltro, camas de crecimiento para plantas, sifón, sistema de bombas de agua y sistema de aireación (Ramírez, et al., 2008).

En los diseños acuapónicos, la disponibilidad de nutrientes está dada por el uso de dietas balanceadas para la alimentación piscícola y su contenido de proteína, y el grado de

retención del nitrógeno por kilogramo de biomasa de peces. De modo que la proteína contiene el 16 % de nitrógeno, del cual el 30% es retenido por la biomasa en proceso mientras que el 70 % restante es nitrógeno no asimilado que sale al ambiente en forma sólida (13%) y disuelta en un 87 % en forma N-NH<sub>3</sub>. Bajo estas circunstancias y en función del requerimiento de proteína del 45% para el crecimiento de trucha arco iris la disponibilidad de N-NH<sub>3</sub> es de 0,04 kg por cada kg de alimento balanceado suministrado por día al cultivo de peces en el sistema. Cabe recalcar que la transformación de N-NH<sub>3</sub> a NO<sub>3</sub> en función de la eficiencia nitrificante de las bacterias, permiten mantener una transformación del 60 hasta el 100% (Córdova, 2019).

### ***Pepinillo***

Es una planta herbácea anual, pertenece a la familia de las cucurbitáceas su nombre científico es *Cucumis sativus*. Posee un sistema radicular fasciculado que puede alcanzar una profundidad de hasta 1,20 m. El tallo es ramificado, rastrero o trepador, angular y veloso, que puede crecer de 0,7 a 2,5 m de longitud. Posee zarcillos simples ubicados opuestos a las hojas, útiles para el tutorado vertical. Las hojas son simples, palmeadas, pubescentes, lobuladas en cinco partes con bordes aserrados y su tamaño depende de la variedad. Tiene inflorescencias axilares amarillas de cinco pétalos. El fruto es pepónide, indehiscente de forma cilíndrica con un pericarpio de color verde (Reyes C., 2012).

### ***Condiciones Agroclimáticas Para El Cultivo De Pepinillo***

**Temperatura** Tolera temperaturas de 15 a 30°C, se adapta a climas cálidos y templados, sin embargo a una temperatura superior a 30°C ocasionan alteraciones en los procesos de fotosíntesis y respiración. Por otro lado, a una temperatura inferior a 15°C ocurre un cese en el

crecimiento, malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo nocturno es de 12°C y a -1°C se produce la helada de la planta pudiendo provocar la muerte (Guenkov, 1974).

**Humedad** Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su amplia superficie foliar, siendo la óptima durante el día de 60 a 70% y en la noche de 70 a 90% (Sandí, 2015).

**Luminosidad** El pepinillo es una planta que florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (menos de 12 horas luz), aunque soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar se incrementa la producción (López, 2003).

**pH** Se adapta a rangos que van de 5,5 a 8 (FAO, 2003).

**Requerimientos Nutricionales** En base a estudios realizados en curvas de absorción en pepinillo por Navarrete (2005), se establece los siguientes requerimientos según las diferentes etapas fenológicas del cultivo (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Requerimientos nutricionales en el cultivo de pepinillo.*

Nutriente	kg/ha/etapa				Total
	1	2	3	4	
N	7,5	42,4	74,3	187,8	312
P	1,8	13,2	36,72	68,16	120
K	2,4	19,3	47,3	118,2	187
Ca	1,9	12,9	29,3	55,9	100
Mg	1,1	8,6	13,3	27,1	60

Nota: Adaptado de Navarrete, (2005). 1= plántula, 2=crecimiento, 3=floración,

4=fructificación y cosecha.

**Conductividad Eléctrica** Puede soportar una CE de 1,6 ds/m sin que se generen daños en la planta, aunque lo ideal es contar con una CE de 1,2 a 1,4 ds/m (Casilimas, et al., 2012).

### ***Labores Culturales***

**Tutorado** Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, mejora la aireación favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de otras labores (podas, recolección, etc.). Proceso que repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades. La sujeción se debe realizar con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de una extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillas) y de otro a un alambre ubicado a determinada altura por encima de la planta. Conforme la planta va creciendo se va sujetando al hilo tutor mediante los zarcillos, hasta que la planta alcance el alambre (López, 2003).

**Podas** Es una labor que da una mayor precocidad en la cosecha, incrementa la calidad de los frutos, facilita las prácticas de cultivo, se hace un mayor control de plagas y enfermedades, facilita la recolección de frutos e incrementa la producción por unidad de superficie (Serrano, 1979).

La forma de poda más usada en pepino bajo condiciones de invernadero consiste en eliminar por debajo de los 40 a 50 cm del tallo principal todos los brotes laterales, dejando un fruto en cada axila, hasta que este alcance el alambre colocado en la parte superior del invernadero usado para el tutorado de la planta. Una vez que una o dos hojas se han desarrollado por arriba del alambre, el punto terminal del tallo principal es eliminado, dejando

crecer libremente en el extremo superior de la planta dos brazos laterales, eliminando la yema terminal cuando la planta está cerca del suelo (Hochmuth, 2001).

### ***Microalgas***

Las microalgas son microorganismos primitivos heterogéneos estructuralmente poco complejos compuestos por clorofila, son parte fundamental de la cadena trófica pues son los principales productores primarios en muchos sistemas acuáticos (Silva, 2015).

Son microorganismos fotosintéticos autótrofos o heterótrofos, que convierten la energía solar y sintetizan compuestos de carbono con la fijación de CO<sub>2</sub>. Están presentes en todos los cuerpos del agua, en el suelo y en la mayoría de ambientes terrestres inclusive en aquellos con condiciones extremas, por lo que han generado ciertas capacidades adaptativas a diversos ambientes. Existen algunas especies que son endémicas de ciertas regiones geográficas o cuerpos de agua específicos (Medina, et al., 2012).

### ***Chlorella sp.***

Es una especie endémica del Ecuador se encuentra ampliamente distribuido en agua dulce y salada, en el suelo y hábitats subaéreos como planctónicas, edáficas o endosimbióticas. Se han encontrado en todas las lagunas de los Parques Nacionales Sangay, Yasuní, Cajas, Cotopaxi, Llanganates, y de las Reservas Cotacachi-Cayapas, Antisana, El Ángel, Chimborazo y en laguna de Chinchillas, Loja (Guamán y González, 2016).

Sus células son esféricas, ovoides o elipsoidales, solitarias con pared celular ligeramente rugosa, con un diámetro de 2µm que forman colonias de hasta 64 células. Tiene un olor característico a hierba debido a las altas cantidades de clorofila que posee, siendo la más alta

concentración de cualquier planta en el mundo, razón a la cual se debe su coloración verde. Cuenta con un alto valor nutricional, contiene más de 20 vitaminas y minerales, incluyendo el complejo B, beta-caroteno, vitaminas C y E, hierro, calcio, hasta 70% de proteína. Además que posee 19 de los 22 aminoácidos esenciales para el adecuado funcionamiento del organismo (Guamán y González, 2016). Por lo mencionado varias investigaciones han demostrado que la biomasa puede ser utilizada como alimento funcional para animales, para remediación ambiental y como biofertilizantes (Infante y Ángulo, 2012).

### ***Chlorella sp. Biotipo 3 (B<sub>3</sub>)***

En un estudio realizado por Tipán (2017), en una biomasa de *Chlorella sp. B<sub>3</sub>* con una densidad celular promedio de 23 millones de células/mL, se determinó mediante un análisis proximal que tiene un contenido proteico del 45,3%; contenido lipídico de 9,62%; y 28,53% de ceniza. También verificó la capacidad antioxidante de la microalga dando un 31,57% por gramo de muestra seca con un contenido de clorofila de 16,2 mg/g.

### ***Humus Líquido***

Es un fertilizante orgánico líquido con efecto bioestimulante en los cultivos, se obtiene a partir de la extracción de los compuestos orgánicos e inorgánicos del humus sólido de lombriz o lombricomposto. Al aplicar este producto en las plantas de manera foliar o en la raíz tiene un efecto más rápido y efectivo que la misma lombricomposta (Ferruzzi, 1987).

### ***Composición Del Humus Líquido***

El humus líquido está compuesto por macronutrientes (N, K, Ca, Mg) y micronutrientes (B, Fe, Zn), contiene también una alta carga de microorganismos benéficos para las plantas



(hongos, bacteria y levaduras), además de sustancias bioactivas como ácidos húmicos, fúlvicos, hormonas vegetales como auxinas y citocininas que aceleran y mejoran los procesos fisiológicos de la planta tales como: crecimiento, nutrición, floración y fructificación (Sánchez, et al., 2005).

**Tabla 2**

*Ficha técnica del fertilizante orgánico de lombriz San Rafael (FOLSR), en presentación líquida concentrado soluble, registro ICA 2688.*

Nutrientes	Elemento	mg.L <sup>-1</sup>	g.L <sup>-1</sup>	%
Mayores	N – total	60.000	60	6
	N – orgánico	46.000	46	4,6
	N -NH <sub>4</sub>	3.000	3	0,3
	N - NO <sub>3</sub>	11.000	11	1,1
	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	35.000	35	3,5
	Potasio (K <sub>2</sub> O)	100.000	100	10
	Azufre (S)	2.300	2,3	0,23
	Calcio (CaO)	100	0,1	0,01
	Magnesio (MgO)	75	0,07	0,0075
	Hierro (Fe)	40	0,04	0,004
Menores	Manganeso (Mn)	80	0,08	0,008
	Cobre (Cu)	175	0,175	0,0175
	Zinc (Zn)	1.000	1	0,1
	Boro (B)	600	0,6	0,06
	pH	9,5		
CE	17,4 dS m <sup>-1</sup>			

Nota: Adaptado de Ramírez, et al., (2011).

### ***Beneficios Del Humus Líquido***

- Al utilizar de manera foliar ayuda al biocontrol de patógenos que generan enfermedades en las plantas, además fortalece y le da vigor a la planta contribuyendo a prevenir deficiencias en nutrientes (Sánchez, et al., 2005).

- Se utiliza vía foliar para fortalecer el follaje en diluciones 1:10, 1:20 (10 a 20 litros de agua por cada litro de producto) (Sánchez, et al., 2005).

### **Truchas**

La "Trucha arco iris" *Oncorhynchus mykiss*, no es una especie nativa de nuestro país pero es cultivada masivamente en diversas partes del territorio, debido a la ubicación geográfica y características ambientales. Pertenece a la familia *Salmonidae*, originaria de las cuencas que drenan al Pacífico en Norte América, abarcando desde Alaska a México, con cierto grado de domesticación. Desde 1874 ha sido introducida en las aguas de todos los continentes excepto la Antártica, con propósitos recreacionales para pesca deportiva y acuicultura (BIOINNOVA, 2016).

La producción se expandió en 1950 con el desarrollo de alimentos peletizados. La producción de trucha se realiza con poblaciones mayoritariamente hembras, que alcanzan la talla comercial de ración de una manera más eficiente y en menor tiempo (FAO, 2009).

## Capítulo II

### Metodología

#### Ubicación Política

#### *Ubicación Del Lugar De Investigación*

El estudio se realizó en el invernadero del proyecto Piscícola Pailones, ubicado en la Hcda. El Prado, barrio San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia Pichincha, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Carrera de Agropecuaria.

#### Figura 1

*Ubicación del proyecto piscícola Pailones IASA I.*



Nota: Adaptado de (Google maps, 2019). Las oficinas del IASA representadas con la letra A, el proyecto piscícola Pailones representado por la letra B y la letra C representa el invernadero donde se realizó el estudio dentro del proyecto piscícola.

### ***Ubicación Geográfica***

El proyecto Piscícola Pailones se encuentra a una longitud de 78°24'44''O, latitud de 0°25'23''S y altitud de 2900 msnm.

### ***Ubicación Ecológica***

La hacienda el Prado se encuentra en la zona de vida bosque húmedo Montano, humedad relativa de 69% y precipitación de 1200 mm/año (Estación de Meteorología e Hidrología - Hacienda El Prado, 2016).

### ***Área De Estudio***

El área total de estudio dentro del invernadero fue de 100 m<sup>2</sup>.

### **Métodos**

Previo a la instalación del sistema acuapónico se realizó un ensayo de nitrificación, se utilizó un producto comercial a base de *Bacillus subtilis* (Pond Plus- Bayer ®). El ensayo se llevó a cabo en el laboratorio de Acuicultura y Recursos Acuáticos del IASA I. Cada cinco días se midió la temperatura, pH, amoníaco, nitritos y nitratos; una vez que la cantidad de amoníaco y nitritos fue menor que los nitratos, el ensayo estuvo listo para ser utilizado en el sistema acuapónico.

### ***Masificación De Microalgas Chlorella sp. B<sub>3</sub>***

La solución madre estuvo compuesta de 20 gramos de fertilizante foliar (NITROFOSKA 30-10-10) por litro de agua, a partir de ella se obtuvo la solución de trabajo a una concentración del 5% (1g/L). Por cada balde de 20 litros se ocupó 200 mL de microalgas, 200 mL de solución de trabajo y se aforó con agua purificada.

La medición de pH y conteo celular se realizó cada tres días. El pH adecuado se encuentra en un rango de 7.2 a 9.2, para el conteo celular se ocupó una cámara de Neubauer y la siguiente fórmula:

$$DC_{Inóculo} = \left(\frac{N}{4}\right) * 10^4 ; \text{Dónde:}$$

**DC Inóculo** Densidad celular del inóculo (*células* ×  $mL^{-1}$ )

**N**  $\Sigma$  de células en los cuatro cuadrantes de la cámara.

Cuando la cantidad de microalgas llegó a  $23 \times 10^6$  células/mL se procedió a cosechar la biomasa de microalgas, para ello se centrifugó a 3500 rpm durante diez minutos con el objetivo de romper la pared celular y liberar los nutrientes (figura 2). La biomasa obtenida se colocó en recipientes herméticos y se almacenó en refrigeración a 4°C, hasta la aplicación del producto a las plantas.

### Figura 2

*Proceso de centrifugación de Chlorella B<sub>3</sub> y obtención del producto algal.*



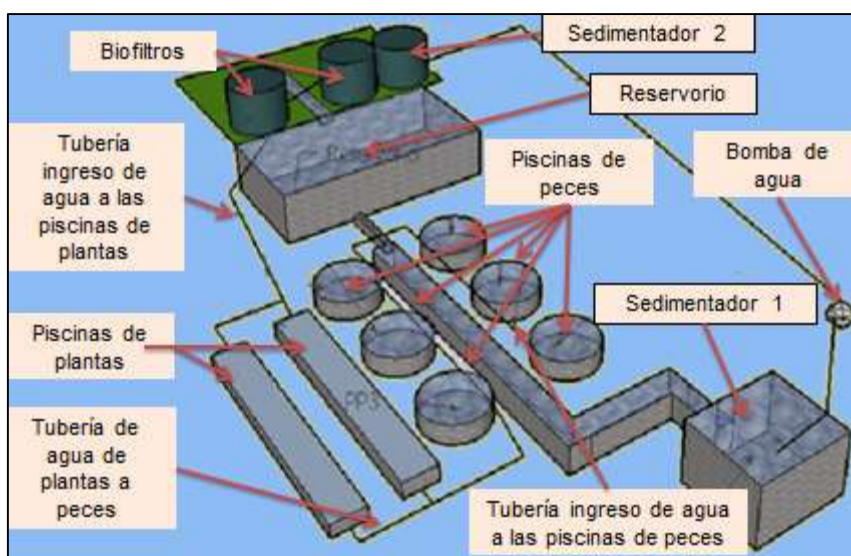
### ***Instalación Del Sistema Acuapónico***

El sistema acuapónico constó de cinco piscinas para truchas con diámetro de 2,66 m y 1,10 m de profundidad; un tanque de hormigón (reservorio) y uno de plástico que sirvió como sedimentador, dos tanques de plástico (2000 L) utilizados para el proceso de nitrificación (biofiltro), dos piscinas rectangulares para las plantas de 0,79 m de ancho y 7,06 m de largo con una lámina de agua de 0,24 m. Además se contó con un sistema de aireación continuo (blower).

Los tanques de 2000 L fueron cubiertos con plástico para evitar la proliferación de algas, se cubrieron las piscinas rectangulares con planchas de poliestireno, que sirvieron como soporte para las plantas. Una vez terminada la instalación del sistema, se realizó la limpieza, desinfección y verificación del funcionamiento del mismo.

### **Figura 3**

*Diseño del sistema acuapónico semi-cerrado.*



### **Preparación De Los Productos Foliare**

**Bioestimulante Algal** Una vez obtenido el número de células de 23 millones se consideró a esta cantidad como el 100%, mientras que para el 75% se realizó un cálculo de diluciones, como resultado 17 millones de células (Tabla 3).

**Humus Líquido** Se consideró como 100% a la dosis indicada por el fabricante en un litro de agua y el 75% se obtuvo con un cálculo de diluciones (Tabla 3).

**Fertilizante Inorgánico** En este caso se utilizaron dos productos uno para la etapa inicial (Nitrofoska) y otro para la etapa de floración (Fertifol Engrose), al igual que con el humus la dosis recomendada por el fabricante se consideró el 100% y el 75% con un cálculo de diluciones (Tabla 3).

**Tabla 3**

*Dosis de aplicación de productos foliars al 75% y 100%.*

Producto foliar	Unidades	Dosis	
		75%	100%
<i>Chlorella</i> sp. B <sub>3</sub>	Cel/mL en L	17'250.000	23'000.000
Humus líquido	mL/L	1,5	2
Fertilizante inorgánico	Inicial (g/L)	2,1	2,8
	Floración (g/L)	3,75	5

Nota: El fertilizante inorgánico se divide en Inicial y Floración. Las siglas

(Cel/mL en L), es la concentración de células de *Chlorella* por mililitro en

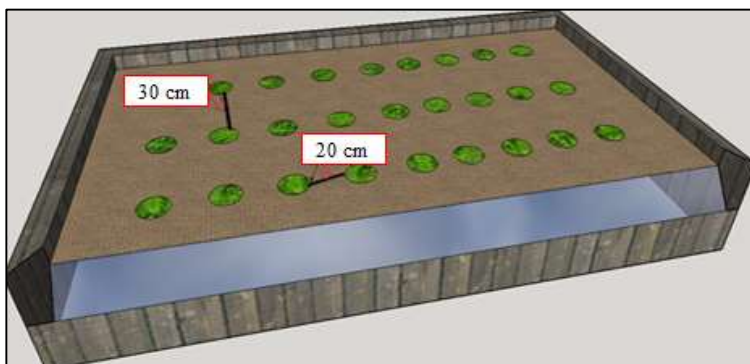
un litro de fertilizante foliar.

### ***Instalación Del Cultivo De Cucumis sativus***

**Trasplante** Una vez que el sistema acuapónico funcionó correctamente, se procedió a trasplantar las plántulas de pepinillo a una distancia de 20 centímetros entre plantas y 30 centímetros entre hileras (figura 4).

**Figura 4**

*Distancia de siembra de plantas de pepinillo.*



Para un correcto trasplante se tomaron las mejores plántulas de la pilonera, se eliminó la turba de las raíces sumergiendo a estas en agua y removiendo lentamente la turba, se colocó la esponja y el vaso en la unión de la raíz y el tallo de la plántula, por último las plántulas fueron llevadas a la cama de hidroponía como se muestra en la figura 5.



**Figura 5**

*Procedimiento del trasplante de las plántulas de pepinillo.*



### ***Análisis De Proteína Por El Método Kjeldahl***

Para obtener la proteína presente en los frutos de pepinillo se utilizó el siguiente protocolo (Romero, 2017):

**Digestión** Se pesó 1,5 g de la muestra homogenizada en papel parafina y se envolvió; se colocó en el tubo de Kjeldahl al cual se añadió 1/3 de pastilla de tableta catalizadora de Kjeldahl y 15 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para cada muestra; se llevó al digestor Kjeldahl durante 2 horas a 80°C, una vez pasado este tiempo se dejó enfriar.

**Destilación** Inmediatamente luego de dejar enfriar se añadió con cuidado por los bordes a cada tubo 75 mL de agua destilada y se lo instaló en la unidad de destilado. En un matraz Erlenmeyer se coloca 30 mL de ácido bórico al 4% y 2 gotas de Indicador de Tashiro, se mezclaron y se dispuso bajo el refrigerante del destilador VELP. Se encendió el equipo y se dejó destilar por 5:00 minutos.

**Titulación** El contenido del matraz obtenido del destilado se tituló con una solución 0,1N de ácido clorhídrico hasta observar una variación de color verde a rosado. Para finalizar el proceso se utilizó la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de nitrógeno:

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{1,4 * V}{m * 1000} * 100 ; \text{Dónde:}$$

V: Cantidad de ácido clorhídrico utilizado en la titulación.

m: Peso de la muestra que se va a analizar.

### ***Análisis De Fibra Vegetal Por El Método Gravimétrico***

**Digestión** Se pesó 3 g (con 4 dígitos) de la muestra homogenizada de cada tratamiento, se colocó en un matraz de 250 mL y se adicionan 100 mL de ácido clorhídrico 1N. Cada matraz fue colocado en la placa de calentamiento hasta ebullición durante 2 horas.

**Filtrado** Se realizó dos veces para el primero se instaló el embudo de vidrio con papel filtro sobre un matraz de 250 mL y se procedió a realizar el lavado con agua destilada (200 mL). Se lavó el papel filtro que contiene la muestra sobre el mismo matraz con 100 mL de hidróxido de sodio 1N y se colocó nuevamente en la placa de calentamiento durante 2 horas después se realizó el segundo filtrado con 200 mL de agua destilada.

**Secado** Se llevó el papel filtro con toda la muestra a la estufa a 80 C por 24 horas. Para finalizar se sacaron las muestras y se procedió a pesarlas, una vez obtenidos los datos se aplicó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de fibra:

$$\% \text{Fibra} = \frac{A-B}{C} * 100 ; \text{Dónde:}$$

A: Peso papel + muestra

B: Peso papel

C: Peso de la muestra que se va a analizar.

#### ***Análisis De Ceniza Vegetal Por El Método Gravimétrico***

Para dicho análisis se identificó y pesó cada crisol a ser utilizado, se pesaron 3 g de muestra para cada tratamiento, se las colocó en una mufla sobre la placa de calentamiento a 500°C por 4 horas.

Para finalizar se retiraron los crisoles dentro de un desecador, y se pesaron, con los datos obtenidos se aplicó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de ceniza:

$$\% \text{Ceniza} = \frac{\text{Pf} - \text{Pc}}{\text{M}} * 100 ; \text{Dónde:}$$

Pf: Peso final

Pc: Peso crisol

M: Peso de la muestra que se va a analizar.

#### ***Análisis De Humedad Por El Método Gravimétrico***

Las muestras tomadas en campo fueron pesadas inmediatamente y se las colocó en la estufa a 90°C por 48 horas, transcurrido ese tiempo se volvió a pesar cada una y por diferencia se obtuvo el porcentaje de humedad.

#### ***Elaboración De Un Manual Divulgativo***

Una vez terminado el estudio y con todos los resultados obtenidos se procedió a elaborar un manual divulgativo que lleva el nombre de **“Cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus*)**

**en sistemas acuapónicos semicerrados”**, el cual consta de seis capítulos, los mismos que están distribuidos de la siguiente manera:

- Capítulo uno, INTRODUCCIÓN.
- Capítulo dos, BIOPRODUCTOS ESTIMULANTES PARA LA AGRICULTURA.
- Capítulo tres, MADURACIÓN DEL SISTEMA ACUAPÓNICO.
- Capítulo cuatro, MANEJO DE PLANTAS Y TRUCHAS.
- Capítulo cinco, SISTEMA ACUAPÓNICO: MANEJO.
- Capítulo seis, ESTUDIOS DE ACUAPONÍA

Para la elaboración de este manual se tomó como referencia algunos aspectos de la guía técnica para la elaboración de manuales de procedimientos (SRE, 2004). Una vez terminado el manual se envió a dos pares para obtener su criterio con respecto al trabajo realizado.

### ***Diseño Experimental***

En el estudio se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), trifactorial 3x2x2 con dos repeticiones.

La unidad experimental constó de una planta de pepinillo, los factores que se evaluaron en el experimento fueron:

**Producto Foliar A Ser Aplicado** *Chlorella* B<sub>3</sub> “C”, humus líquido “HL”, Fertilizante inorgánico “F”, que fue utilizado como testigo con respecto a los demás productos.

**Dosis A Aplicar** Dosis uno (100%), dosis dos (75%).

**Frecuencia De Aplicación** F1 (5 días), F2 (10 días).

### Tratamientos

**Tabla 4**

*Tratamientos evaluados en el cultivo de pepinillo.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
T1	(CD1F1)	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 100% cada 5 días.
T2	(CD1F2)	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 100% cada 10 días.
T3	(CD2F1)	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 75% cada 5 días.
T4	(CD2F2)	Aplicación foliar de <i>Chlorella</i> Biotipo 3 al 75% cada 10 días.
T5	(HD1F1)	Aplicación foliar de humus líquido al 100% cada 5 días.
T6	(HD1F2)	Aplicación foliar de humus líquido al 100% cada 10 días.
T7	(HD2F1)	Aplicación foliar de humus líquido al 75% cada 5 días.
T8	(HD2F2)	Aplicación foliar de humus líquido al 75% cada 10 días.
T9	(FD1F1)	Aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 100% cada 5 días.
T10	(FD1F2)	Aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 100% cada 10 días.
T11	(FD2F1)	Aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días.
T12	(FD2F2)	Aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días.

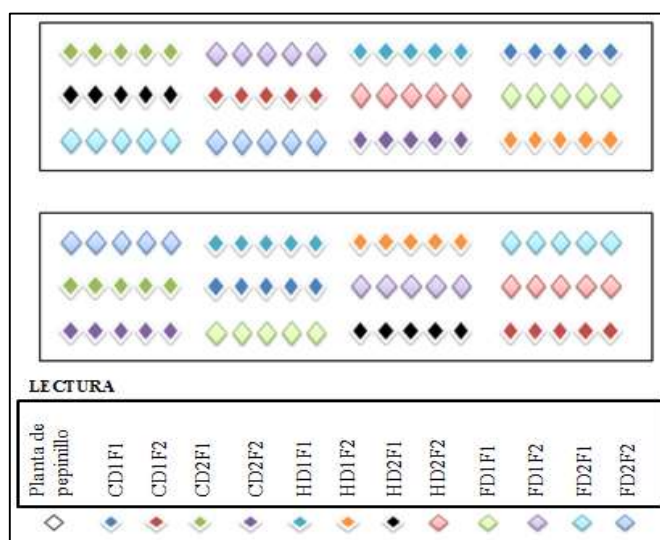
Nota: Los tratamientos T9, T10, T11, T12 son los testigos con respecto a los demás

tratamientos evaluados.

### *Croquis experimental*

**Figura 6**

*Croquis experimental*



### *Análisis Estadístico*

Se utilizó el programa estadístico Infostat en el que se realizó un análisis de varianza y se aplicó el test de Duncan a un nivel de confianza del 95% para las medias y relaciones de cada variable con una significancia de  $p\text{-valor}=0,05$ . El análisis de los supuestos se realizó mediante las pruebas de Shapiro Wilks y Levene (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Análisis de varianza para un trifactorial con 12 tratamientos y dos repeticiones.*

<b>Fuentes de Variación (F.V)</b>	<b>Grados de libertad (gl)</b>
Tratamiento	(11)
Producto Foliar	2
Dosis	1

Fuentes de Variación (F.V)	Grados de libertad (gl)
Frecuencia	1
Interacción PxD	2
Interacción PxF	2
Interacción DxF	1
Interacción PxDxF	2
Error experimental	12
Total	23

### **Modelo Matemático**

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + D_j + F_k + PD_{ij} + PF_{ik} + DF_{jk} + PDF_{ijk} + e_{ijkl} ; \text{Dónde:}$$

$Y_{ijkl}$ : Productividad del pepinillo

$\mu$ : Media experimental

$P_i$ : Efecto del i-ésimo producto foliar

$D_j$ : Efecto de la j-ésima dosis

$F_k$ : Efecto de la k-ésima frecuencia de aplicación

$PD_{ij}$ : Efecto de la interacción producto foliar dosis

$PF_{ik}$ : Efecto de la interacción producto foliar frecuencia de aplicación

$DF_{jk}$ : Efecto de la interacción dosis frecuencia de aplicación

$PDF_{ijk}$ : Efecto de la interacción producto foliar dosis y frecuencia de aplicación

$e_{ijkl}$ : Error experimental.

### ***Variables A Medir***

**Amonio, Nitritos y Nitratos** Se midieron cada diez días utilizando kits (YSI), con el espectrofotómetro YSI 9000 (figura 7) seleccionando la longitud de onda adecuada (640-Amonio, 520-Nitrito y 570-Nitrato), en la figura 8 se observa las muestras de agua ya procesadas Para los diferentes análisis.

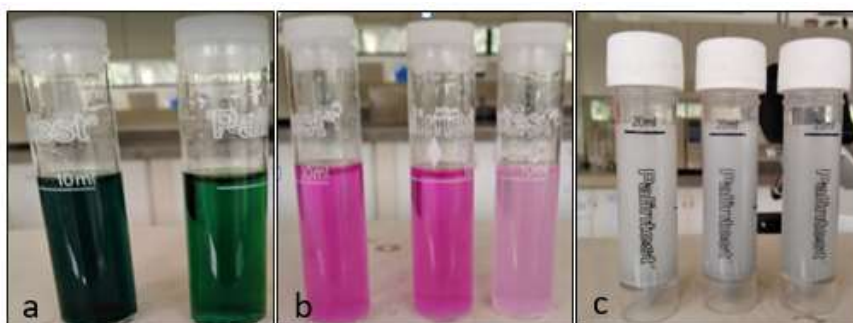
### **Figura 7**

*Espectrofotómetro YSI 9000*



### **Figura 8**

*Muestras de agua del sistema acuapónico*



Nota: a) diferentes concentraciones de amonio, b) diferentes concentraciones de nitrito, c) diferentes concentraciones de nitrato.



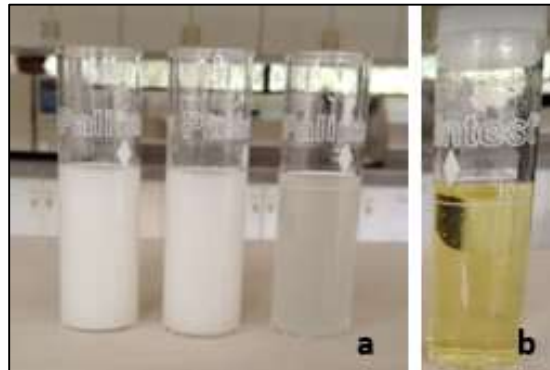
Para determinar la calidad del agua se midieron los siguientes parámetros.

**Conductividad Eléctrica, pH, Temperatura, Oxígeno** Estos parámetros se midieron cada diez días por medio de un conductivímetro, peachímetro, termómetro y un oxímetro.

**Fósforo, Potasio, Magnesio, Calcio** Se midió cada diez días utilizando kits (YSI), con un espectrofotómetro (YSI 9000) seleccionando la longitud de onda adecuada (figura 9).

### Figura 9

*Muestras de agua del sistema acuapónico*



Nota: a) diferentes concentraciones de potasio, b) análisis de magnesio.

**Determinación De Bacterias En El Sistema** Cada 30 días se realizaron medios de cultivos en los que se inoculó el agua del sistema para determinar la flora bacteriana existente y saber la estabilidad del sistema (figura 10).

**Figura 10**

*Preparación de medios de cultivo.*



Las variables medidas en las plantas fueron:

**Altura De La Planta, Grosor y Largo De La Raíz** Estos parámetros se midieron cada 15 días en las plantas de pepinillo a partir de su instalación y durante toda la fase de campo.

**Relación De Hojas/flores** Dicha relación se realizó mediante la toma de datos al inicio y finalización de la floración de las plantas de pepinillo.

**Relación De Hojas/fruto** Se realizó mediante la relación entre el número de hojas y el número de frutos obtenidos de las plantas de pepinillo.

**Peso Específico Hoja (PEH)** Al final de la fase de campo se seleccionaron plantas en buen y mal estado, se midió el área foliar con una fotografía en el programa Image J; posteriormente se secaron las hojas en una estufa a 100°C por 24 horas. Con estos datos se calculó el peso específico mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PEH: } \frac{\text{Peso seco (mg)}}{\text{Área foliar (cm}^2\text{)}}$$

**Productividad De Las Plantas** Se cosecharon todos los frutos de las plantas y se pesó la biomasa total de cada tratamiento para los respectivos análisis.

**Análisis Bromatológico De Los Frutos De Pepinillo** Se recolectaron los frutos por tratamientos, se los llevó al laboratorio de suelos del IASA I, donde fueron secados en la estufa a 100°C por 24 horas y se realizaron los análisis proximales de humedad, proteína, ceniza y fibra, utilizando el método gravimétrico y el método de Kjeldahl.

**Largo, Ancho y Peso Del Fruto** Estas variables se midieron una vez cosechado los frutos.

**Número De Hojas** Se contabilizó cada 15 días el número de hojas nuevas presentes en las plantas.

**Número De Flores** Las flores se contabilizaron al momento en que empezaron a brotar.

### Figura 11

*Planta de pepinillo en floración.*



**Clorofila** Esta variable se midió cada 30 días y se utilizó un medidor de clorofila Hansatech CL-01 (figura 12), que posee una longitud de onda dual de 620 y 940 nm. El muestreo se realizó entre las 10am -12 pm.

**Figura 12**

*Medición de clorofila con el equipo Hansatech CL-01.*



Las variables medidas en las truchas fueron:

**Peso En Biomasa De Truchas Por Estanque** Para obtener la muestra de cada piscina se utilizó la siguiente fórmula:

$$n (\text{muestra}) = 2 * \sqrt{\text{población de truchas en cada piscina}}$$

El pesaje se realizó cada diez días en una balanza electrónica, obteniendo la biomasa total por piscina (figura 13).

**Figura 13**

*Proceso de pesaje de truchas para la obtención de la biomasa.*



Se realizó la limpieza de las piscinas de las truchas (figura 14) cada vez que se realizaba el pesaje, además del tratamiento de desinfección en las truchas para prevenir y combatir las enfermedades bacterianas que se presentaba en ellas debido a la presencia de lodo en el agua por la época invernal (figura 15).

**Figura 14**

*Limpieza de piscinas de truchas.*



**Figura 15**

*Tratamiento de desinfección en trucha arco iris.*



**Cantidad De Balanceado Consumido** Se determinó la cantidad de balanceado consumido por los peces en cada piscina mediante un programa de alimentación cada diez días de acuerdo a la biomasa obtenida por piscina.

### Capítulo III

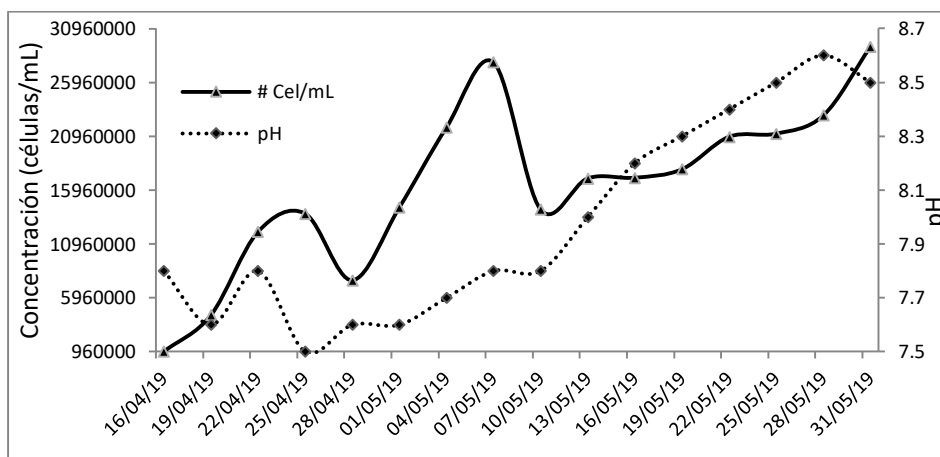
#### Resultados

##### Masificación De *Chlorella* sp. B<sub>3</sub> En El Laboratorio

El ensayo inició con cinco litros de agua destilada a una densidad de 960 mil células de *Chlorella* sp. B<sub>3</sub> por mL de agua, los picos que se observan en la figura 16, fueron provocados por el aumento de agua y nutrientes en el ensayo, la cosecha se realizó a los cuarenta y cinco días con una densidad de 29'292.500 células de *Chlorella* sp. B<sub>3</sub> por mL de agua y un pH de 8,5.

**Figura 16**

*Curva de crecimiento de Chlorella sp. B<sub>3</sub> y valores de pH durante el ensayo.*



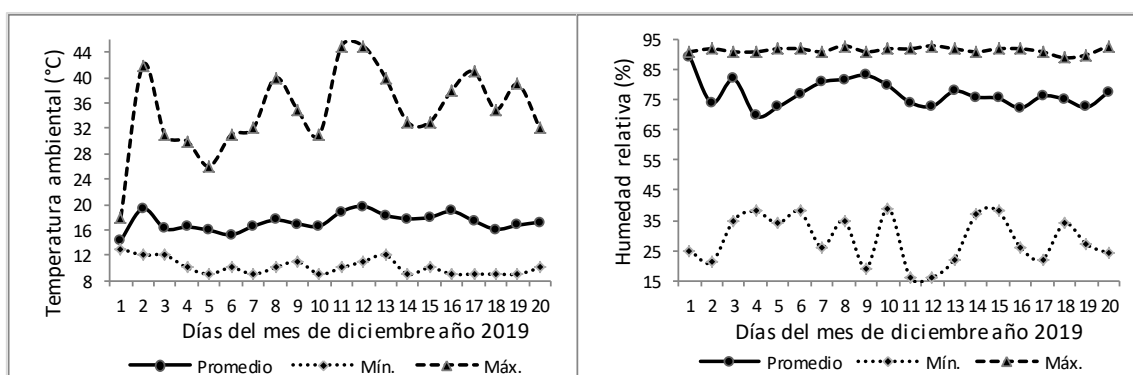
##### Parámetros Ambientales (Temperatura Ambiental y Humedad Relativa)

Se tomaron datos de temperatura ambiental y humedad relativa, durante veinte días del mes de diciembre, obteniendo una temperatura promedio durante el mes de 17°C y una

humedad relativa de 77%. La figura 17 muestra los promedios, mínimos y máximos para cada parámetro tomados por día.

**Figura 17**

*Promedios, mínimos, máximos de la temperatura ambiental y humedad relativa de veinte días del mes de diciembre.*



## Sistema Acuapónico

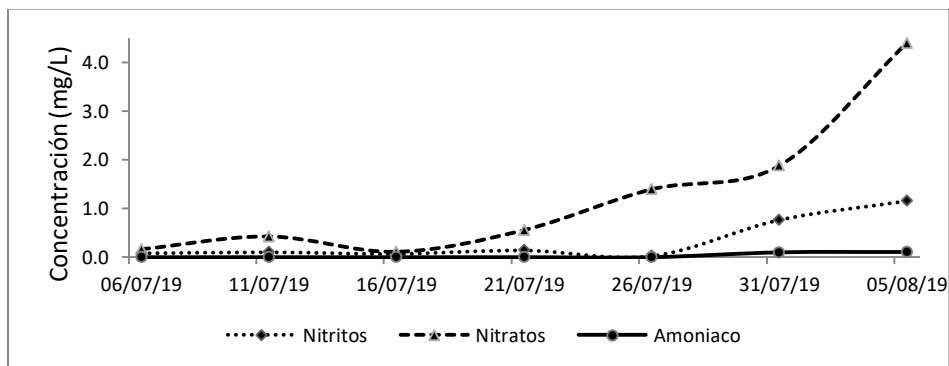
### *Maduración De Bacterias (Bacillus subtilis) En Laboratorio*

Al inicio del ensayo los valores de nitritos y nitratos son bajos, mientras transcurre el tiempo las bacterias consumen el hidróxido de amonio, produciendo mayores cantidades de dichos compuestos (figura 18). Cuando la producción de nitratos supera los 4 mg/L el ensayo fue trasladado al sistema acuapónico.



**Figura 18**

*Concentración de amoníaco, nitritos y nitratos en el ensayo de laboratorio.*



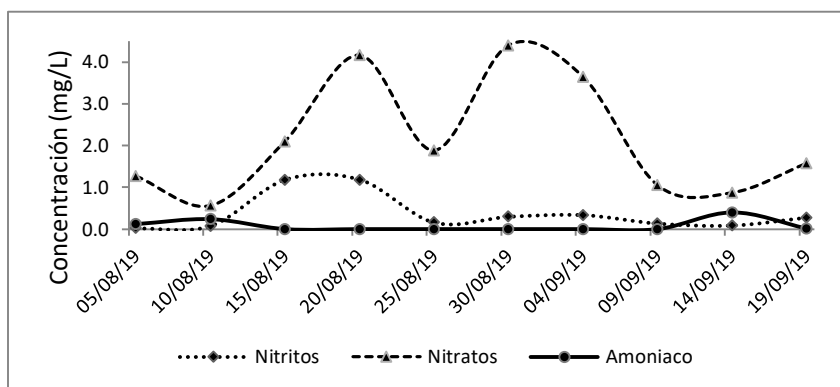
### ***Maduración Del Biofiltro***

Durante la maduración del biofiltro, se evaluaron las concentraciones de nitritos, nitratos y amoníaco (figura 19). La concentración de amonio aumenta levemente hasta los cinco días luego baja para estabilizarse en cero, llegando con dicha concentración al día treinta y cinco donde aumenta por cinco días y vuelve a bajar a cero. Los nitritos aumentan su concentración desde el día cinco hasta el día diez, luego se mantendrán estables por cinco días donde empiezan a descender paulatinamente hasta el día veinte para mantenerse constantes en los siguientes días.

A los quince días de estar en el biofiltro las bacterias sobrepasaron los 4 mg/L de nitratos, existiendo un descenso para volver a aumentar la concentración a los veinticinco días, fecha en la que existe mayor cantidad de nitratos en el biofiltro. La concentración de nitratos desciende hasta los cuarenta días donde dicha concentración empieza a aumentar nuevamente.

Figura 19

Concentración de amoníaco, nitritos y nitratos en el biofiltro del sistema acuapónico.



### Condiciones Físico-químicas Del Agua Del Sistema Acuapónico

En la tabla 6 se muestran los parámetros físicos químicos del agua en el sistema acuapónico.

Tabla 6

Promedio  $\pm$  desviación estándar, mínimo y máximo de los parámetros físico-químicos del agua de los componentes del sistema acuapónico.

Componente		Parámetros			
		Temperatura °C	pH	Oxígeno mg.L <sup>-1</sup>	Conductividad $\mu$ S.cm <sup>-1</sup>
Biofiltro	Media	13,88 $\pm$ 1,50	8,21 $\pm$ 0,14	8,5 $\pm$ 0,42	-
	Mín.	9,90	7,9	8,15	-
	Max.	18,5	8,4	9,6	-
Piscina Plantas 1	Media	15,37 $\pm$ 1,21	6,99 $\pm$ 0,29	8,37 $\pm$ 0,29	217,90 $\pm$ 9,19
	Mín.	12,6	6,5	7,93	198
	Max.	18,3	7,5	8,87	231
Piscina Plantas 2	Media	15,37 $\pm$ 1,21	7,09 $\pm$ 0,22	8,46 $\pm$ 0,34	226 $\pm$ 16,49
	Mín.	12,6	6,7	8,12	197
	Max.	18,3	7,4	9,33	254

Componente		Parámetros			
		Temperatura °C	pH	Oxígeno mg.L <sup>-1</sup>	Conductividad μS.cm <sup>-1</sup>
Peces	Media	13,51±1,61	8,49±0,09	8,92±0,73	-
	Mín.	10,8	8,4	8,11	-
	Max.	19,5	8,6	10,35	-

### ***Proceso De Nitrificación***

Una vez instalado el experimento se realizaron análisis de los compuestos nitrogenados del sistema para verificar el proceso de nitrificación en el cual se obtuvieron valores promedio de 0,92 mg/L de amoníaco proveniente del efluente de las piscinas de las truchas, en el biofiltro se obtuvo 0,08 mg/L de nitritos y 0,68 mg/L de nitratos, los valores de nitritos son bajos porque se trabajó en un sistema acuapónico semi cerrado y por ello los nutrientes provenientes de los peces se lixivian, sin llegar al biofiltro para su transformación; finalmente en la piscina de plantas 0.08 mg/L de nitritos y 0.4 mg/L de nitratos como se observa en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Promedio ± desviación estándar, mínimo y máximo de los valores de compuestos nitrogenados en el sistema acuapónico.*

Componentes		Parámetros		
		Amoniaco (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)
Salida de peces	Media	0,92±1,66	-	-
	Mín.	0,19	-	-
	Max.	5,6	-	-
Biofiltro	Media	-	0,08±0,17	0,68±0,29
	Mín.	-	0	0,18
	Max.	-	0,55	1,1

Componentes		Parámetros		
		Amoniaco (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)
Piscina plantas	Media	-	0,08±0,14	0,40±0,26
	Mín.	-	0,003	0,02
	Max.	-	0,47	0,97

### **Análisis Químico Del Agua**

En el experimento, la nutrición de las plantas de pepinillo se dio por el aprovechamiento de lixiviación de nutrientes provenientes del alimento balanceado, así como de los desechos metabólicos provenientes del efluente de las piscinas de las truchas. Los compuestos que estuvieron presentes en mayor cantidad fueron el carbonato de calcio, potasio y magnesio, mientras que las cantidades de fosfatos fueron bajas (Tabla 8).

**Tabla 8**

*Promedio ± desviación estándar, mínimo y máximo de los valores de la concentración de nutrientes en el sistema acuapónico.*

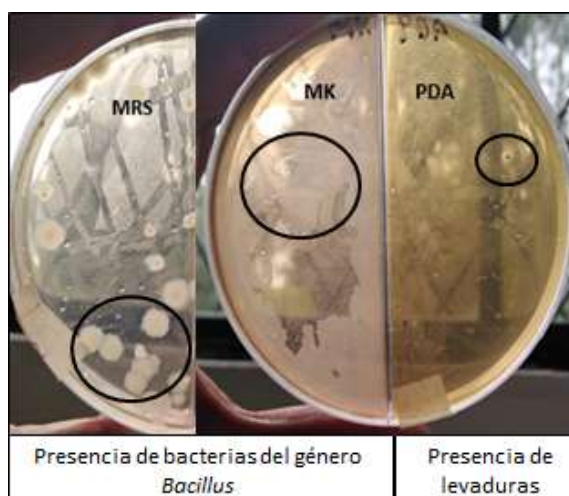
Componentes		Parámetros			
		Carbonato de calcio (mg/L)	Potasio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Fosfato (mg/L)
Biofiltro	Media	59,6±7,32	12,06±15,13	9,95±1,64	0,52±0,23
	Mín.	56	4,6	7,5	0,07
	Max.	80	50	13	0,9
Piscinas plantas 1	Media	54,30±7,66	15,53±23,95	9,20±2,12	0,44±0,30
	Mín.	34	3	4,5	0,04
	Max.	60	80	12,5	0,78
Piscinas plantas 2	Media	51,40±9,37	12,91±14,68	9,20±0,89	0,45±0,30
	Mín.	34	3,2	7	0,04
	Max.	65	41	10	0,78

### ***Análisis Microbiológico Del Biofiltro***

En los medios de cultivo MRS, EMB y MK se evidenció la presencia de bacterias del género *Bacillus sp.* Mientras que en el medio de cultivo PDA se observó la presencia de levaduras (figura 20).

#### **Figura 20**

*Presencia de bacterias nitrificantes (Bacillus sp.) en diferentes medios de cultivo.*



Nota: Los círculos indican la presencia de microorganismos en la figura.

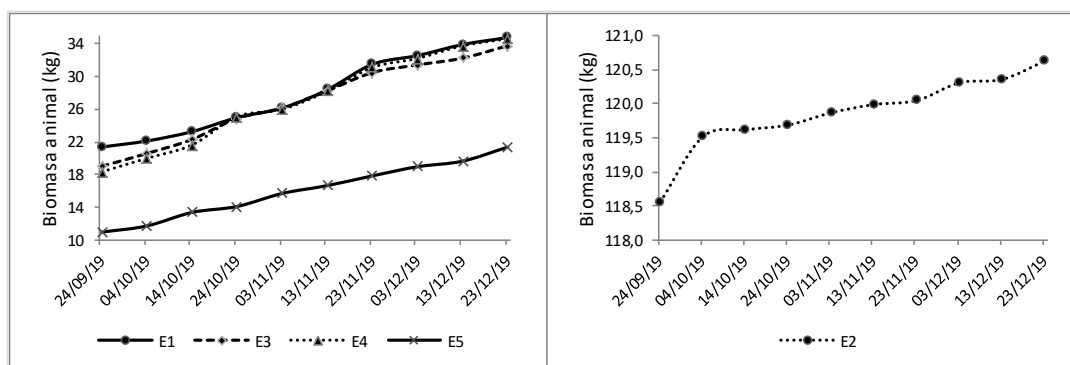
### ***Incremento De La Biomasa Animal En Trucha Arco Iris***

En el experimento las piscinas E1, E3, E4, E5 estuvieron conformadas por truchas de engorde con una biomasa inicial (BI) de 21,39 Kg; 19,04 Kg; 18,36 Kg y 10,98 Kg respectivamente, mientras que la piscina E2 estuvo conformada por truchas reproductoras con una BI de 118,56 Kg. Después de tres meses se obtuvo la biomasa final (BF) de 34,78 Kg para E1;

120,63 Kg E2; 33,78 Kg E3; 34,63 Kg E4 y 21,38 Kg E5 (Figura 21). El incremento de la biomasa en porcentaje fue de 63%, 77%, 89% y 95% para las Piscinas E1, E3, E4 y E5 respectivamente y para la E2 fue del 2%, es importante conocer el crecimiento de la biomasa de truchas, ya que dicha variable está directamente relacionada con el consumo de balanceado y por ende es un gasto económico que debe ser recompensado con la venta de la biomasa animal (Tabla 9).

**Figura 21**

*Incremento de la biomasa animal de trucha arco iris.*



Nota: La biomasa animal de las piscinas E1, E3, E4, E4 son de truchas de engorde, mientras que la biomasa de la piscina E2 es de truchas reproductoras.

**Tabla 9**

*Incremento y porcentaje de crecimiento de la biomasa animal en trucha arco iris.*

Piscina	Peso inicial (Kg) 24/09/19	Peso final (Kg) 23/12/19	% Crecimiento
E1	21,39	34,78	63
E2	118,56	120,63	2
E3	19,04	33,78	77
E4	18,36	34,63	89
E5	10,98	21,38	95

### ***Alimento Balanceado Consumido Por La Biomasa Animal De Trucha Arco Iris***

El alimento a consumir por las truchas se calculó cada 10 días en función de la biomasa animal (Tabla 10), durante los tres meses del experimento las truchas consumieron un total de 305,12 Kg de alimento balanceado.

**Tabla 10**

*Cantidad de alimento balanceado consumido (kg) por la biomasa animal de trucha arco iris durante 3 meses.*

Fecha	Piscinas				
	E1	E2	E3	E4	E5
24/09/2019	3,34	15,41	2,97	3,34	2,28
04/10/2019	3,45	15,54	3,21	3,12	2,44
14/10/2019	3,63	15,55	3,48	3,38	2,44
24/10/2019	3,9	15,56	3,88	3,92	2,57
03/11/2019	3,74	15,58	3,74	3,72	2,86
13/11/2019	4,06	15,6	4,04	4,03	3,03
23/11/2019	4,5	15,61	4,36	4,45	3,25
03/12/2019	4,66	15,64	4,49	4,61	2,96
13/12/2019	4,85	15,65	4,61	4,83	3,07
23/12/2019	4,97	15,68	4,83	4,95	3,34
Subtotal	41,1	155,82	39,61	40,35	28,24
Total	305,12				

Nota: Las piscinas E1, E3, E4, E4 son de truchas de engorde, mientras que la piscina E2 es de truchas reproductoras.

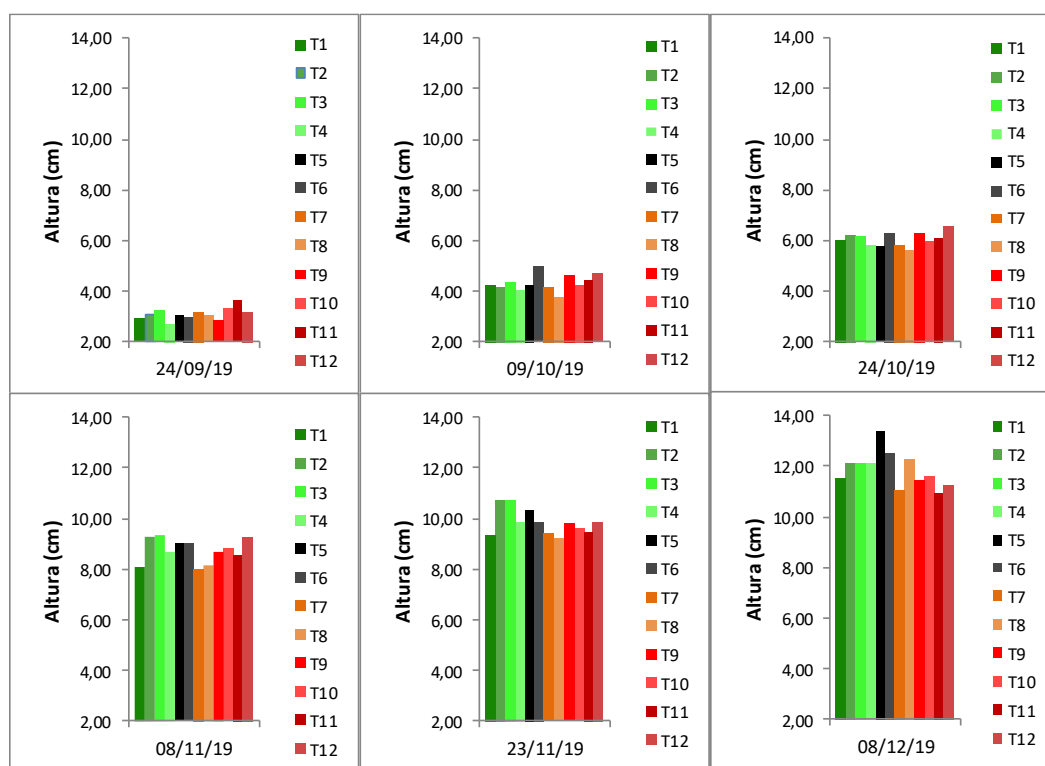
### ***Análisis Morfológico y Productivo De Las Plantas De Pepinillo***

Durante el experimento se tomaron en las plantas datos de altura (figura 22), largo de raíz, grosor de tallo, número de hojas cada 15 días y porcentaje de clorofila cada 30 días. Sin

embargo, para ninguna de estas variables hubo diferencias significativas entre tratamientos como se muestra en la Tabla 11.

### Figura 22

*Altura promedio de las plantas de pepinillo a los 15, 30, 45, 60 y 75 días después del trasplante.*



Nota: Los enunciados T1 hasta T12 en los gráficos hacen referencia a los tratamientos, cada gráfico corresponde a una fecha, en que se tomó la altura de las plantas.

T1: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 100% cada 5 días, T2: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 100% cada 10 días, T3: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 75% cada 5 días, T4: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 75% cada 10 días, T5: aplicación de humus líquido al 100% cada 5 días, T6: aplicación de humus líquido al 100% cada 10 días, T7: aplicación de humus



líquido al 75% cada 5 días, T8: aplicación de humus líquido al 75% cada 10 días, T9: aplicación de fertilizante inorgánico al 100% cada 5 días, T10: aplicación de fertilizante inorgánico al 100% cada 10 días, T11: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días, T12: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días.

**Tabla 11**

*Promedio  $\pm$  error experimental de las características morfológicas de las plantas de pepinillo. Parte 1.*

Tratamiento	Parámetro				
	Altura (cm)	Largo de raíz (cm)	Grosor de tallo (cm)	Nº Hojas	Clorofila %
T1	11,50 $\pm$ 0,66	24,65 $\pm$ 1,85	0,5	7,20 $\pm$ 0,29	19,80 $\pm$ 3,10
T2	12,15 $\pm$ 0,75	25,90 $\pm$ 1,12	0,5	6,80 $\pm$ 0,33	19,80 $\pm$ 1,60
T3	12,10 $\pm$ 1,18	24,35 $\pm$ 1,74	0,5	6,50 $\pm$ 0,50	21,90 $\pm$ 2,60
T4	12,15 $\pm$ 0,56	27,85 $\pm$ 1,22	0,5	7,20 $\pm$ 0,29	16,50 $\pm$ 1,10
T5	13,40 $\pm$ 0,69	25,40 $\pm$ 2,12	0,5	7,00 $\pm$ 0,49	17,75 $\pm$ 3,75
T6	12,50 $\pm$ 1,10	24,05 $\pm$ 2,09	0,5	7,00 $\pm$ 0,63	16,85 $\pm$ 0,65
T7	11,05 $\pm$ 0,74	23,50 $\pm$ 1,93	0,5	7,30 $\pm$ 0,40	18,45 $\pm$ 0,65
T8	12,25 $\pm$ 0,71	23,45 $\pm$ 2,04	0,5	6,80 $\pm$ 0,51	19,90 $\pm$ 4,20
T9	11,45 $\pm$ 0,82	24,20 $\pm$ 0,88	0,5	7,20 $\pm$ 0,51	15,70 $\pm$ 2,70
T10	11,60 $\pm$ 0,84	24,40 $\pm$ 1,58	0,5	6,80 $\pm$ 0,53	17,15 $\pm$ 4,85
T11	10,90 $\pm$ 1,0	22 $\pm$ 20,71	0,5	6,60 $\pm$ 0,64	22,00 $\pm$ 2,10
T12	11,25 $\pm$ 0,67	24,65 $\pm$ 1,12	0,5	7,10 $\pm$ 0,31	19,20 $\pm$ 0,70

Nota: Medias sin letras no son significativamente diferentes (Duncan  $p > 0,05$ ).

T1: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 100% cada 5 días, T2: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 100% cada 10 días, T3: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 75% cada 5 días, T4: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 75% cada 10 días, T5: aplicación de humus líquido al 100% cada 5 días, T6: aplicación de humus líquido al 100% cada 10 días, T7: aplicación de humus líquido al 75% cada 5 días,

T8: aplicación de humus líquido al 75% cada 10 días, T9: aplicación de fertilizante inorgánico al 100% cada 5 días, T10: aplicación de fertilizante inorgánico al 100% cada 10 días, T11: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días, T12: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días.

A partir del inicio de la etapa de producción en el cultivo se contabilizó el número de flores y número de frutos por tratamiento, con estos datos se estableció la relación hojas flores (RHFL) y relación hojas frutos (RHFR), además que al momento de realizar la cosecha se obtuvo el peso específico de la hoja (PEH).

En cuanto a número de flores el mejor tratamiento fue T4 (aplicación foliar de *Chlorella* al 75% cada 10 días), con un promedio de  $1,8 \pm 0,29$  flores por planta siendo significativo con respecto a los demás tratamientos, para el número de frutos el tratamiento que presentó la mayor cantidad fue T12 (aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días), con un promedio de  $2,7 \pm 0,3$  frutos por planta. Para la variable relación hojas flores los tratamientos no mostraron diferencias significativas y el mejor tratamiento para relación hojas frutos fue T11 (aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días), con un promedio de  $2,9 \pm 0,46$  hojas por fruto, es decir que la planta necesita 2,9 hojas para producir un fruto.

Para la variable peso específico de la hoja el tratamiento T12 (aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días), fue el mejor con un promedio de  $12,13 \pm 3,94$  mg/cm<sup>2</sup>, todas las variables mencionadas se evidencian en la tabla 12.

**Tabla 12**

*Promedio  $\pm$  error experimental de las características morfológicas de las plantas de pepinillo. Parte 2.*

Tratamiento	Parámetro				
	Nº Flores	Nº Frutos	RHFL	RHFR	PEH
T1	1,1 $\pm$ 0,1 a	1,5 $\pm$ 0,17 abc	6,85 $\pm$ 0,47 a	5,5 $\pm$ 0,74 cd	9,6 $\pm$ 1,35 ab
T2	1,3 $\pm$ 0,15 a	1,6 $\pm$ 0,27 abc	5,75 $\pm$ 0,54 a	5,05 $\pm$ 0,59 bcd	7,53 $\pm$ 0,87 ab
T3	1,3 $\pm$ 0,15 a	2 $\pm$ 0,21 abcde	5,4 $\pm$ 0,6 a	5,4 $\pm$ 0,6 abc	8,95 $\pm$ 2,2 ab
T4	1,8 $\pm$ 0,29 b	1,4 $\pm$ 0,16 ab	5,02 $\pm$ 0,76 a	5,02 $\pm$ 0,76 cd	8,61 $\pm$ 0,53 ab
T5	1,1 $\pm$ 0,1 a	2,4 $\pm$ 0,58 cde	6,55 $\pm$ 0,5 a	4,51 $\pm$ 0,86 abcd	7,67 $\pm$ 0,76 ab
T6	1,2 $\pm$ 0,13 a	1,7 $\pm$ 0,21 a	6,35 $\pm$ 0,81 a	4,58 $\pm$ 0,68 abcd	7,45 $\pm$ 0,55 ab
T7	1,2 $\pm$ 0,13 a	1,2 $\pm$ 0,13 abcd	6,45 $\pm$ 0,5 a	6,45 $\pm$ 0,5 d	8,13 $\pm$ 0,4 ab
T8	1,2 $\pm$ 0,2 a	2,2 $\pm$ 0,29 bcde	6,33 $\pm$ 0,68 a	3,73 $\pm$ 0,68 abc	7,41 $\pm$ 0,3 ab
T9	1,1 $\pm$ 0,1 a	1,6 $\pm$ 0,22 abc	6,85 $\pm$ 0,63 a	5,28 $\pm$ 0,81 cd	7,39 $\pm$ 1,46 ab
T10	1,2 $\pm$ 0,13 a	2,3 $\pm$ 0,3 bcde	6 $\pm$ 0,6 a	3,76 $\pm$ 0,78 abc	5,57 $\pm$ 2,72 a
T11	1 $\pm$ <0,01 a	2,6 $\pm$ 0,37 de	6,6 $\pm$ 0,64 a	2,9 $\pm$ 0,46 a	10,83 $\pm$ 2 ab
T12	1,2 $\pm$ 0,13 a	2,7 $\pm$ 0,3 e	6,3 $\pm$ 0,47 a	2,97 $\pm$ 0,35 ab	12,13 $\pm$ 3,94 b

Nota: Medias con una letra común son estadísticamente iguales (Duncan  $p > 0,05$ );

RHFL (relación hojas flores), RHFR (relación hojas frutos), PEH (peso específico de la hoja  $\text{mg}/\text{cm}^2$ ), los tratamientos resaltados son el resultado de la aplicación foliar de *Chlorella* sp. B<sub>3</sub>; T1: aplicación de *Chlorella* B<sub>3</sub> al 100% cada 5 días, T2: aplicación de *Chlorella* B<sub>3</sub> al 100% cada 10 días, T3: aplicación de *Chlorella* B<sub>3</sub> al 75% cada 5 días, T4: aplicación de *Chlorella* B<sub>3</sub> al 75% cada 10 días, T5: aplicación de humus líquido al 100% cada 5 días, T6: aplicación de humus líquido al 100% cada 10 días, T7: aplicación de humus líquido al 75% cada 5 días, T8: aplicación de humus líquido al 75% cada 10 días, T9: aplicación de fertilizante inorgánico al 100% cada 5 días, T10: aplicación de fertilizante inorgánico al 100% cada 10 días, T11: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días, T12: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días.

Los parámetros morfométricos de los frutos de pepinillo se evaluaron al momento de la cosecha tales como: peso, ancho y largo; para las variables peso y ancho del fruto el mejor tratamiento fue T11 (aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días), con un promedio de  $5,93 \pm 0,76$  g y  $1,79 \pm 0,1$  cm respectivamente. En el caso del largo del fruto el tratamiento T8 (aplicación foliar de humus líquido al 75% cada 10 días), obtuvo frutos más largos con un promedio de  $4,17 \pm 0,11$  cm; dichas variables se evidencian en la tabla 13.

**Tabla 13**

*Promedio  $\pm$  error experimental de los parámetros morfométricos en frutos de pepinillo.*

Tratamiento	Parámetro		
	Peso (g)	Ancho (cm)	Largo (cm)
T1	$2,64 \pm 0,11$ f	$1,23 \pm 0,08$ e	$1,96 \pm 0,13$ f
T2	$4,40 \pm 0,17$ cd	$1,44 \pm 0,10$ bcde	$3,75 \pm 0,22$ abc
T3	$3,49 \pm 0,12$ e	$1,49 \pm 0,11$ bcd	$3,45 \pm 0,26$ cd
T4	$1,82 \pm 0,12$ g	$1,24 \pm 0,04$ de	$3,06 \pm 0,06$ de
T5	$3,23 \pm 0,16$ ef	$1,35 \pm 0,08$ cde	$2,92 \pm 0,09$ e
T6	$3,29 \pm 0,19$ ef	$1,52 \pm 0,06$ bc	$3,59 \pm 0,12$ bc
T7	$4,40 \pm 0,09$ cd	$1,65 \pm 0,10$ ab	$3,79 \pm 0,13$ abc
T8	$4,37 \pm 0,06$ cd	$1,49 \pm 0,05$ bcd	$4,16 \pm 0,11$ a
T9	$5,25 \pm 0,21$ ab	$1,57 \pm 0,08$ abc	$3,9 \pm 0,18$ abc
T10	$4,64 \pm 0,23$ bc	$1,54 \pm 0,07$ abc	$3,86 \pm 0,19$ abc
T11	$5,93 \pm 0,76$ a	$1,79 \pm 0,11$ a	$4,03 \pm 0,13$ ab
T12	$3,66 \pm 0,13$ de	$1,65 \pm 0,05$ ab	$3,44 \pm 0,16$ cd

Nota: Medias con una letra común son estadísticamente iguales

(Duncan  $p > 0,05$ ); los tratamientos resaltados son el resultado de la aplicación foliar de Chlorella sp. B<sub>3</sub>; T1: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 100% cada 5 días, T2: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 100% cada 10 días, T3: aplicación de Chlorella

B<sub>3</sub> al 75% cada 5 días, T4: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 75% cada 10 días, T5: aplicación de humus líquido al 100% cada 5 días, T6: aplicación de humus líquido al 100% cada 10 días, T7: aplicación de humus líquido al 75% cada 5 días, T8: aplicación de humus líquido al 75% cada 10 días, T9: aplicación de fertilizante inorgánico al 100% cada 5 días, T10: aplicación de fertilizante inorgánico al 100% cada 10 días, T11: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días, T12: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días.

#### **Análisis Bromatológico De Los Frutos De Pepinillo**

Una vez realizado el análisis del fruto se obtuvo que el tratamiento T11 (aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días), presentó mayor cantidad de humedad en porcentaje con un promedio de 93,23±0,45 %; en el caso de las variables proteína, ceniza y fibra los frutos del T10 (aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 100% cada 10 días), tuvieron un mayor porcentaje con un promedio de 3,96±0,02 %; 12,7±0,02 % y 14,78±0,01 % respectivamente, resultados evidenciados en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Promedio ± error experimental del análisis bromatológico de los frutos de pepinillo.*

Tratamiento	Parámetro			
	Humedad %	Proteína %	Cenizas %	Fibra %
T1	91,36±0,16 ab	3,04±0,04 f	10,56±0,01 g	13,71±0,02 d
T2	90,66±2,05 ab	3,52±0,01 c	11,04±0,02 e	13,9±0,09 c
T3	92,36±0,16 b	3,58±0,01 bc	10,6±0,01 g	13,84±0,01 c
T4	90,23±2,59 ab	3,58±0,02 b	10,99±0,01 f	13,73±0,01 d
T5	85,55±4,12 b	2,65±0,02 h	9,87±0,02 h	12,63±0,02 e
T6	91,8±0,56 a	2,77±0,01 g	9,51±0,01 j	12,3±0,02 f

Tratamiento	Parámetro			
	Humedad %	Proteína %	Cenizas %	Fibra %
T7	90,52±0,82 <b>ab</b>	3,44±0,01 <b>d</b>	9,41±0,01 <b>k</b>	12,26±0,01 <b>fg</b>
T8	90,74±0,9 <b>ab</b>	2,52±0,02 <b>i</b>	9,69±0,01 <b>i</b>	12,21±0,02 <b>g</b>
T9	92,71±0,79 <b>a</b>	3,52±0,02 <b>bc</b>	12,34±0,01 <b>b</b>	14,71±0,02 <b>a</b>
T10	92,36±2,33 <b>a</b>	3,96±0,02 <b>a</b>	12,7±0,02 <b>a</b>	14,78±0,01 <b>a</b>
T11	93,23±0,45 <b>a</b>	3,56±0,01 <b>bc</b>	11,32±0,01 <b>d</b>	14,71±0,02 <b>a</b>
T12	92,53±0,02 <b>a</b>	3,38±0,01 <b>e</b>	11,97±0,01 <b>c</b>	14,37±0,02 <b>b</b>

Nota: Medias con una letra común son estadísticamente iguales (Duncan  $p>0,05$ ); los

tratamientos resaltados son el resultado de la aplicación foliar de *Chlorella* sp. B<sub>3</sub>.

T1: aplicación de *Chlorella* B<sub>3</sub> al 100% cada 5 días, T2: aplicación de *Chlorella* B<sub>3</sub> al 100%

cada 10 días, T3: aplicación de *Chlorella* B<sub>3</sub> al 75% cada 5 días, T4: aplicación de *Chlorella*

B<sub>3</sub> al 75% cada 10 días, T5: aplicación de humus líquido al 100% cada 5 días, T6: aplicación

de humus líquido al 100% cada 10 días, T7: aplicación de humus líquido al 75% cada 5 días,

T8: aplicación de humus líquido al 75% cada 10 días, T9: aplicación de fertilizante

inorgánico al 100% cada 5 días, T10: aplicación de fertilizante inorgánico al 100% cada

10 días, T11: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días, T12: aplicación de

fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días.

### **Valoración De La Productividad En El Cultivo De Pepinillo**

La tabla 15 muestra la productividad de las plantas de pepinillo, el tratamiento con mayor cantidad de frutos fue el T2 (aplicación foliar de *Chlorella* al 100% cada 10 días), con 16 frutos dando como resultado 1,33 frutos por planta. El tratamiento con menos frutos fue el T7 (aplicación foliar humus líquido al 100% cada 10 días), con 9 frutos dando un resultado de 0,75 frutos por planta, mientras que el tratamiento con mayor rendimiento expresado en

gramos por metro cuadrado fue T11 (aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días), con 128,48 esto se debe a que el peso promedio de los frutos en dicho tratamiento es mayor al expresado por T2 donde existen más frutos con menor peso promedio.

**Tabla 15**

*Promedio  $\pm$  error experimental del peso de fruto, total de frutos por tratamiento, frutos por planta y rendimiento.*

Tratamiento	Peso medio del fruto (g)	Total de frutos	Frutos por planta	Rendimiento (g/0,60 m <sup>2</sup> )	Rendimiento (g/m <sup>2</sup> )
T1	2,64	18	1,5	47,52	79,2
T2	4,4	19	1,6	84,48	140,8
T3	3,49	24	2	83,76	139,6
T4	1,82	17	1,4	30,58	50,96
T5	3,23	29	2,4	93,02	155,04
T6	3,29	20	1,7	67,12	111,86
T7	4,4	14	1,2	63,36	105,6
T8	4,37	26	2,2	115,37	192,28
T9	5,25	19	1,6	100,8	168
T10	4,63	28	2,3	127,79	212,98
T11	5,93	31	2,6	185,02	308,36
T12	3,66	32	2,7	118,58	197,64

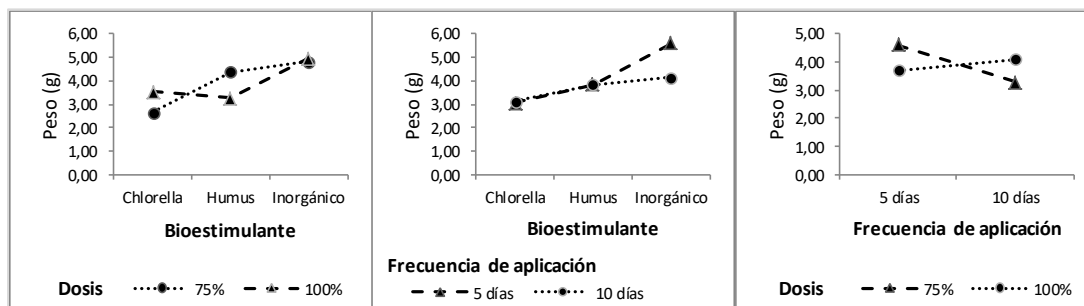
Nota: T1: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 100% cada 5 días, T2: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 100% cada 10 días, T3: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 75% cada 5 días, T4: aplicación de Chlorella B<sub>3</sub> al 75% cada 10 días, T5: aplicación de humus líquido al 100% cada 5 días, T6: aplicación de humus líquido al 100% cada 10 días, T7: aplicación de humus líquido al 75% cada 5 días, T8: aplicación de humus líquido al 75% cada 10 días, T9: aplicación de fertilizante inorgánico al 100% cada 5 días, T10: aplicación de fertilizante inorgánico

al 100% cada 10 días, T11: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días, T12: aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días.

Con la finalidad de establecer el mejor tratamiento se realizaron gráficas de interacción entre bioestimulante por dosis de aplicación, bioestimulante por frecuencia de aplicación y frecuencia de aplicación por dosis, dichas interacciones se muestran en la figura 23.

**Figura 23**

*Interacciones de bioestimulante por dosis de aplicación, bioestimulante por frecuencia de aplicación y frecuencia de aplicación por dosis.*



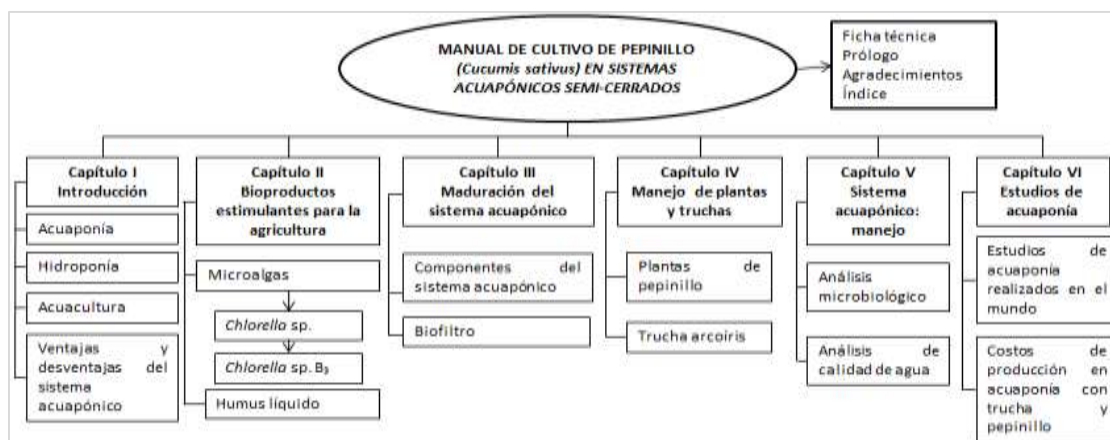
### Elaboración De Un Manual Divulgativo

El manual divulgativo consta de un total de 56 páginas, las cuales están divididas en seis capítulos como se indica en la figura 24.



**Figura 24**

*Capítulos del manual divulgativo, enunciado en el objetivo específico número tres*



La portada del manual se puede observar en la figura 25.

**Figura 25**

*Portada del manual divulgativo.*



El manual se encuentra disponible en la siguiente página web:

<https://sites.google.com/site/acuaculturajuanortiz/manuales>

## Capítulo IV

### Discusión

#### **Masificación De *Chlorella sp. B<sub>3</sub>***

Transcurridos los 60 días del inicio del ensayo se realizó la cosecha con una densidad celular de 28'612.500 células/mL, ocurre algo semejante con los estudios realizados por Tipán (2017), que menciona que las microalgas en el mismo medio Nitrofoska (N 0,17 g/L; P 0,05 g/L; K 0,05 g/L; Mg 0,0003 g/L) presentan un crecimiento al día 27 de 23'000.000 células/mL. De igual manera Villafuerte (2016), obtiene en su investigación una densidad celular de 18 '000.000 células/mL en el mismo medio a los 19 días.

#### **Parámetros Ambientales (Temperatura Ambiental y Humedad Relativa)**

La temperatura promedio del lugar de investigación fue de 17 °C, con un mínimo de 9 °C y un máximo de 44 °C, fluctuaciones de temperatura que ocasionan estrés a la planta ya que Guenkov (1974), menciona que a una temperatura inferior a 15 °C ocurre un cese en el crecimiento de las plantas y a una temperatura superior a 30 °C provoca alteraciones en los procesos de fotosíntesis y respiración. Por otro lado, el promedio de humedad fue del 77% cumpliendo con el rango establecido por Sandí (2015), que va del 60 al 90%.

#### **Sistema Acuapónico**

La FAO (2014), menciona que un sistema acuapónico, debe tener una correcta interacción entre los organismos que lo componen, para ello el rango de los parámetros debe ser el siguiente: temperatura (°C) 18-30, pH 6-7, nitrito (mg/L) <1, nitrato (mg/L) 5-150, oxígeno

disponible (OD) (mg/L) >5. En un estudio realizado por Córdova (2019), en cultivo de fresas en sistemas acuapónicos cerrados (SAC) tipo BF obtuvo los siguientes resultados: temperatura (°C) 17,67; pH 7,77; nitrito (mg/L) 0,81; nitrato (mg/L) 11,43; OD (mg/L) 11,12 en el mismo invernadero donde se realizó este estudio.

Los valores de temperatura son inferiores a lo expresado por la FAO (2014) y Córdova (2019), en todos los componentes del sistema acuapónico (SA). Estos resultados retrasan procesos biológicos tanto en las plantas como en las bacterias del biofiltro, sin embargo la temperatura promedio de  $13,51 \pm 1,16$  en las piscinas de peces es adecuada ya que Blanco (1995), menciona que esta debe ser inferior a 20 °C en el cultivo de truchas en cautiverio.

Los valores de pH en las piscinas de plantas están dentro del rango citado por la FAO (2014), y son inferiores al enunciado por Córdova (2019), sin embargo la FAO (2003), menciona que las plantas de pepinillo requieren un pH entre 5,5 y 6,8 llegando a soportar hasta 7,7 de pH; los promedios de pH fueron de  $6,99 \pm 0,29$  y  $7,09 \pm 0,22$  que se encuentran dentro del rango, pero la absorción de nutrientes no será la más idónea porque Zárata (2014) menciona que la mayor absorción de estos se da en un pH de 6 a 6,5 ya que los nutrientes se encuentran fácilmente disponibles. En cambio el pH del biofiltro y las piscinas de truchas son superiores a los enunciados por la FAO (2014) y Córdova (2019), en el mismo estudio de la FAO (2014), se menciona que para una transformación idónea del amoníaco en nitritos y estos en nitratos por las bacterias nitrificantes, el pH debe estar entre 6 a 8,5 y en el biofiltro existe un pH de  $8,21 \pm 0,14$  adecuado para el proceso; sin embargo al tener una temperatura inferior a 18 °C este proceso se vuelve más lento.

Blanco (1995), menciona que el pH adecuado para la producción de trucha arcoíris debe estar en 6 a 9, en el estudio se obtuvo un pH de  $8,49 \pm 0,09$  el cual se encuentra dentro del rango, lo que favorece a la producción de peces pero tiene repercusión en el SA (sistema acuapónico), ya que dicho sistema debe tener un balance adecuado en todos sus componentes.

Los nitritos expresados en el SA se encuentran dentro del rango emitido por la FAO (2014), y por debajo del valor emitido por Córdova (2019). La cantidad de nitritos y nitratos es igual en el biofiltro y en las piscinas de plantas con un promedio de  $0,08 \pm 0,17$  mg/L, el valor es igual debido a que el agua se encuentra en constante movimiento y va a llevar nitrito hacia las piscinas de plantas y como esta sustancia no es absorbida por las plantas se mantiene en el agua.

En cuanto a los nitratos los valores se encuentran muy por debajo del rango emitido por la FAO (2014) y por lo que expresa Córdova (2019). La cantidad de nitratos en el biofiltro fue de  $0,68 \pm 0,29$  mg/L y en las piscinas de plantas fue de  $0,40 \pm 0,26$  mg/L, esto indica que las plantas están absorbiendo cierta cantidad de este compuesto para su nutrición. Blanco (1995), menciona un rango de nitratos en mg/L de 0 a 10 que pueden soportar las truchas, por lo tanto la diferencia de nitratos que las plantas absorbieron, no son dañinos para los truchas.

La cantidad de oxígeno se encuentra dentro de los rangos expresados por la FAO (2014), pero son inferiores al valor expresado por Córdova (2019), de acuerdo a ello el biofiltro, las raíces de las plantas y los peces tienen una buena oxigenación para cumplir con sus procesos biológicos.

Los valores promedios de carbonato de calcio en el biofiltro y las piscinas de plantas (1 y 2) fueron:  $59,6 \pm 7,32$  mg/L,  $53,30 \pm 7,66$  mg/L y  $51,40 \pm 9,37$  mg/L respectivamente, esto indica que el SA tiene una clasificación de suave en la escala de dureza del agua que va desde 0 a 60 mg/L de acuerdo a lo expuesto por la FAO (2014). El carbonato de calcio en el SA indica la presencia de carbonatos y bicarbonatos; los que ayudan a mantener un pH constante, ya que si estos no estuvieran presentes los iones de hidrógeno ( $H^+$ ) aumentan en el sistema, haciendo que el pH baje drásticamente causando estrés e incluso la muerte de los organismos existentes en el SA. El aumento de iones ( $H^+$ ) se da, debido al proceso de nitrificación en el que se produce ácido nítrico y al disociarse en el agua se producen iones de hidrógeno y nitratos, estos últimos sirven como nutrientes para las plantas (FAO, 2014).

La concentración promedio de potasio (K), magnesio (Mg) y fósforo (P) en el tanque del biofiltro fue de  $12,06 \pm 15,13$  mg/L;  $9,95 \pm 1,64$  mg/L;  $0,52 \pm 0,23$  mg/L respectivamente. Los valores de K en las piscinas de plantas fueron mayores a los del biofiltro, esto indica que las plantas en vez de absorber dicho nutriente lo están regresando al sistema, en cambio el Mg y el P son absorbidos por las plantas en pequeñas cantidades.

En el trabajo de Rojas, et al. (2016), muestran las soluciones nutritivas realizadas por Cooper 1979 y Steiner 1964 los cuales expresan que la cantidad de K, Mg y P necesarias para una adecuada nutrición de las plantas son de "300 o 277 mg/L, 50 o 49 mg/L y 60 o 31 mg/L" respectivamente, estos valores son mucho mayores a los obtenidos en el biofiltro, indicando que existe una deficiencia nutricional en el sistema los cuales se contrarrestaron, en un valor mínimo mediante la aplicación de *Chlorella* sp. B<sub>3</sub>, Humus líquido y fertilizante vía foliar con respecto a los tratamientos utilizados.

### ***Incremento De La Biomasa Animal En Trucha Arco Iris***

En la piscina de truchas E2 (truchas reproductoras) el aumento de biomasa animal (BA) fue mínimo ya que los peces de dicha piscina eran reproductoras, en cambio la BA de las demás piscinas aumentó constantemente debido a que eran peces de engorde con un porcentaje de incremento promedio de 81%, similar a lo obtenido por Córdova (2019) en el mismo lugar de investigación con un porcentaje promedio de 67,22%, igual que sucede en el estudio realizado por Savidov (2005), en un SA en pepinillo con tilapias con un porcentaje promedio de 75%. El incremento de la biomasa animal no fue afectado por el biofiltro ni las plantas, esto indica que el componente hidropónico no afecta la producción de truchas dentro de un sistema acuapónico semi-cerrado.

### ***Análisis Morfológico y Productivo De Las Plantas De Pepinillo***

Los resultados de las variables altura, largo de raíz, grosor del tallo, número de hojas y porcentaje de clorofila no fueron significativas, sin embargo entre tratamientos si existió una diferencia mínima, solo en la variable grosor de tallo no hubo diferencia alguna.

El T5 (aplicación de humus líquido al 100% cada 5 días), obtuvo la mayor altura con respecto a los demás tratamientos con un promedio de  $13,4 \pm 0,69$  cm en los noventa días del experimento, este valor está muy por debajo de los valores obtenidos por Gashgari, et al. (2018), en un sistema hidropónico a los 30 días en la que midieron la altura, también está por debajo a los expresados por Coveña (2015) y Mendoza (2016).

En cuanto al largo de raíz no existieron diferencias significativas entre tratamientos el T4 (aplicación de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 10 días), presentó el mayor valor promedio con

27,85±1,22 cm, valor inferior al que menciona López (2003), que va en un rango de 1 a 1,2 m de largo. En la última medición los promedios de la variable grosor del tallo en todos los tratamientos fue de 5 milímetros, en cambio los valores obtenidos por Ortiz, et al. (2009), en un sistema hidropónico se estuvieron en un rango de 6 a 6,7 milímetros y los valores expresados por Mendoza (2016), para la misma variable se encuentran en un rango de 1,22 a 1,45 centímetros a los 35 días del experimento.

En este estudio no se encontró diferencias significativas entre tratamientos para la variable número de hojas al igual que en el realizado por Usiña y Usiña (2010). Obteniendo en esta investigación que el T7 (aplicación de humus líquido al 75% cada 5 días) alcanzó el mayor número de hojas a los 90 días con un promedio de 7,3±0,40 hojas por planta, valor que difiere completamente con los obtenidos por Usiña y Usiña (2010), ya que a los 60 días reportaron un promedio de 30,16 hojas por planta.

En el caso del contenido de clorofila en el experimento no hubo diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo T11 (aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días) alcanzó el mayor porcentaje con 22±2,1; cabe mencionar que no existen estudios de los niveles de clorofila en esta especie.

El mayor número de flores fue dado por T4 (aplicación de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 10 días), con un promedio de 1,8±0,29; teniendo una diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos, sin embargo dicho valor está muy por debajo de los valores promedios obtenidos por Usiña y Usiña (2010).

La variable número de frutos por planta no existe una diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo el T12 (aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días), tiene un promedio de  $2,7 \pm 0,30$  frutos llegando a ser el tratamiento con mayor número de frutos por planta, sin embargo en el estudio realizado por Usiña y Usiña (2010) y Mendoza (2016), el promedio de frutos por planta es mucho mayor pero aun así el estudio de Usiña y Usiña (2010), no se encontraron diferencias entre tratamientos ( $p > 0,05$ ).

En cuanto a la RHFL y RHFR en el estudio se obtuvieron valores promedio de  $5,02 \pm 0,76$  en T4 (aplicación de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 10 días) y  $2,90 \pm 0,46$  en T11 (aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días) respectivamente; valores que difieren completamente con el estudio realizado por Usiña y Usiña (2010) en el cual alcanza valores promedio de 0,88 para RHFL y 0,91 para RHFR. Es decir que su cultivo es más eficiente ya que para la producción de una flor requiere de 0,88 hojas y para producir un fruto necesita 0,91 hojas.

El tratamiento con mayor peso específico de la hoja fue T12 (aplicación foliar de fertilizante inorgánico al 75% cada 10 días), con un promedio de  $12,13 \pm 3,95$  mg/cm<sup>2</sup>, considerando que no existen estudios previos para esta variable en pepinillo se menciona el resultado reportado por Córdova (2019), en plantas de fresa en un sistema acuapónico desarrollado en el mismo lugar de este estudio teniendo un valor de  $6,11 \pm 0,69$  mg/cm<sup>2</sup>, De la misma manera un estudio realizado por Reyes, et al. (2000), en árboles de naranjo arroja un valor promedio de  $14,07 \pm 0,98$  mg/cm<sup>2</sup>; quienes utilizaron la misma metodología para la obtención de dicho valor en sus investigaciones. Cabe mencionar que estos valores son



atribuidos a la variación de la capacidad fotosintética o a las diferencias morfológicas de las hojas en cada especie.

Para las variables peso, ancho y largo tomadas en los frutos, existe diferencia significativa con un índice de confianza del 5% para la prueba de Duncan con un p-valor <0,0001. El peso promedio de los tratamientos se encuentra distribuido entre 1,82 g a 5,93 g, que son pesos inferiores a los expresados por Danyluk, et al. (2012), en frutos de pepinillo con una distribución de 4,42 g a 7,83 g.

A pesar de que el mejor diámetro del fruto, se obtuvo en el T11 (aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días) con  $1,79\pm 0,11$  cm y el mejor largo en el T8 (aplicación de humus líquido al 75% cada 10 días) con  $4,17\pm 0,11$  cm; estos valores son inferiores a los indicados por Coveña (2015), en hidroponía y Usiña y Usiña (2010), en un cultivo con fertilizantes foliares orgánicos, pero cabe indicar que en ambos estudios no existieron diferencias significativas en sus tratamientos, mientras que en los tratamientos del experimento si existió diferencia significativa.

### ***Análisis Bromatológico De Los Frutos De Pepinillo***

En las variables del análisis bromatológico existieron diferencias significativas entre tratamientos. Los porcentajes de humedad en el fruto fueron menores a los expresados por Cortés, et al. (2011) y Flores (2015), quienes cosecharon frutos de 10 cm de largo en adelante y tuvieron un porcentaje de 96,68% y  $96,43\pm 0,2\%$  respectivamente, lo que no sucede con los frutos de este estudio ya que fueron cosechados en forma de pickles y por ende la cantidad de agua en el fruto fue menor. Para la proteína los valores son similares al que menciona Ramón, et

al. (2009), que es de 3%; mientras que para las variables cenizas y fibra expresan valores mayores a los mencionados por Flores (2015), que son de 0,3067% y 1,21% respectivamente, la variable fibra es mayor ya que si el fruto es pequeño tendrá mayor concentración de sólidos y menor cantidad de agua.

### ***Análisis De La Productividad Del Cultivo De Pepinillo***

Para evaluar la variable productividad de las plantas de pepinillo se debe tomar en cuenta todo lo mencionado anteriormente, ya que las fluctuaciones de temperatura ocasionan estrés térmico en las plantas. Las bajas temperaturas influyen en el retraso del desarrollo, provocan daños en los tejidos y alteran la capacidad de absorción de nutrientes FAO (2014).

Se menciona que el SA que se utilizó para el estudio es semi-cerrado, por ende existió deficiencia nutricional en las plantas para los siguientes elementos N, P, K y Mg. La deficiencia de nitrógeno causa un crecimiento lento en la planta, los brotes y ramas más cortos y menos numerosos y un rendimiento reducido en la productividad, mientras que la deficiencia de fósforo causa inhibición en el crecimiento de las hojas haciendo que estas sean más pequeñas de lo normal McCauley, et al. (2011). La deficiencia de potasio causa reducción del crecimiento de las plantas y la deficiencia de magnesio afecta al proceso de fotosíntesis, ya que a bajas concentraciones de esta molécula la fotooxidación es mayor causando quemaduras en las hojas McCauley, et al. (2011). También se menciona que el pH ideal para una buena absorción de nutrientes por parte de las plantas está en un rango de 6 a 6,5 ya que en ese rango todos los nutrientes se encuentran disponibles y asimilables para la planta, valor que es más alto en el sistema.

Por lo tanto para la variable rendimiento expresada en gramos por metro cuadrado el mejor tratamiento fue T11 (aplicación de fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días) con 308,36 g/m<sup>2</sup>; los rendimientos más bajos se obtuvieron con la aplicación foliar de *Chlorella*; aun así el tratamiento T4 (aplicación de *Chlorella* al 75% cada 10 días) obtuvo mayor número de flores con respecto a los tratamientos de humus líquido y fertilizante inorgánico por lo dicho producto puede ser aplicada vía foliar al inicio de la floración para que exista mayor cantidad de flores en las plantas.

Los rendimientos obtenidos con las aplicaciones foliares de humus líquido fueron bajas con respecto a los del fertilizante inorgánico, indicando que la aplicación foliar de humus líquido no es la mejor alternativa para obtener mayor rendimiento, sin embargo este producto puede ser aplicado en fase vegetativa de las plantas ya que la mejor altura se obtuvo con el T5 (aplicación de humus líquido al 100 cada 5 días) esto se debe a las altas cantidades de nitrógeno que se encuentran en el producto, haciendo que la planta lo sintetice fácilmente al ser aplicado vía foliar. Borges, et al. (2014), realizaron un estudio similar con humus obteniendo un mejor desarrollo de las plantas con dichas aplicaciones.

En el estudio se obtuvo el mejor número de frutos por planta con el tratamiento T2 (aplicación de *Chlorella* B<sub>3</sub> al 100% cada 10 días) con 1,33 a una temperatura promedio de 17,20°C; mientras que Coveña (2015), obtuvo un promedio general de 14,17 frutos por planta a una temperatura promedio de 25,2 °C en un sistema hidropónico en cultivo de pepinillo.

### ***Análisis De Las Interacciones***

En la interacción bioestimulantes dosis se hace mención que se obtiene un mejor peso del fruto aplicando fertilizante inorgánico tanto al 75% como al 100%, esto indica que al aplicar dicho fertilizante al 75% se utilizaría menos compuesto obteniendo el mismo peso. Mientras que para la interacción bioestimulante frecuencia de aplicación el mejor peso del fruto se obtuvo al aplicar fertilizante inorgánico a una frecuencia de aplicación de cinco días. En cambio en la interacción frecuencia de aplicación dosis se obtiene un mayor peso al aplicar cada cinco días a una dosis del 75%, esto indica que al acortar los períodos de aplicación existe una mejor respuesta en la planta para su producción.

### ***Análisis Del Manual***

El manual fue elaborado con la finalidad de compartir la experiencia y resultados obtenidos en el estudio, además de comparar con información de otros estudios similares en acuaponía. En los cuáles se enuncia que las verduras de hoja (lechuga, acelga, albahaca) han sido los cultivos más exitosos en sistemas acuapónicos, por su corto período de crecimiento, no tienen altos requerimientos nutrimentales y generalmente existe mercado disponible tanto a nivel local como mundial Bailey y Ferrarezi (2017), mientras que los cultivos que llegan a fructificar tienen un mayor valor económico que los vegetales de hoja, pero son más difíciles de cultivar en sistemas acuapónicos debido a sus altos requerimientos de nutrientes de fósforo y potasio, su mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, y sus ciclos de crecimiento más largos Rakocy (2003). Por tal motivo y con la finalidad de mejorar los rendimientos de los

cultivos, han implementado el uso de fertilizantes foliares o agregan fertilizantes en el agua del sistema.

Por otro lado, las principales especies acuáticas (peces) utilizadas en sistemas acuapónicos comerciales son la tilapia (*Oreochromis niloticus*) con un 69%, los peces ornamentales con un 43% y los Siluros (pez gato - bagres) con un 25%. Otras especies utilizadas en acuaponía son la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), carpa común (*Cyprinus carpio*), cachama blanca (*Piaractus mesopotamicus*), mojarra negra (*Pomoxis*) y bacalao de Murray (*Maccullochella peelii*) Rakocy (2003). Cabe resaltar que Knaus y Palm (2017), descubrieron que el uso del efluente de la carpa común resultó en mayores rendimientos de pepino sobre el efluente de tilapia, mientras que el efluente de tilapia resultó en mayores rendimientos de tomates; este comportamiento está directamente relacionado con la actividad metabólica de alimentación del animal, esto indica que la tilapia estaba liberando más heces (nutrientes) en el agua que la carpa.

## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- La disponibilidad de nutrientes minerales en el sistema acuapónico semi-cerrado fue de 0,68 mg.L<sup>-1</sup> en nitratos, en potasio fue de 12,06 mg.L<sup>-1</sup>, en magnesio fue de 9,95 mg.L<sup>-1</sup> y en fosfatos fue de 0,52 mg.L<sup>-1</sup>; cantidades que no fueron suficientes para satisfacer los requerimientos nutrimentales de las plantas.
- El tratamiento T4 (*Chlorella* sp. B<sub>3</sub> al 75% cada 10 días), alcanzó un mejor desempeño en las variables largo de raíz, número de hojas, número de flores y relación hoja flor (RHFL); en cambio el tratamiento T11 (fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días) fue mejor para las variables concentración de clorofila y relación hoja fruto (RHFR); mientras que el tratamiento T5 (humus líquido al 100% cada 5 días) se destacó en la variable altura de planta.
- Los tratamientos que presentaron mejor productividad de pepinillo fueron: con el fertilizante inorgánico el T11 (al 75% cada 5 días) con 308,36 g/m<sup>2</sup>, con *Chlorella* B<sub>3</sub> el T2 (al 100 % cada 10 días) con 140,80 g/m<sup>2</sup> y con humus líquido el T8 (al 100% cada 5 días) con 192,28 g/m<sup>2</sup>.
- En el manual divulgativo se recopiló las experiencias y recomendaciones del estudio, se realizó un análisis de ingresos con la mejor productividad que fue el tratamiento 11 (fertilizante inorgánico al 75% cada 5 días); además se compartió información de otros estudios similares a fin de facilitar la implementación de este tipo de sistemas por parte de los productores.

### Recomendaciones

- Se recomienda realizar un sistema acuapónico completamente cerrado con la finalidad de garantizar una correcta disponibilidad de nutrientes a fin de abastecer los requerimientos nutrimentales de las plantas.
- Se debería fomentar la implementación de este tipo de sistemas en lugares de producción acuícola de poca extensión y con limitada cantidad de agua, obteniendo dos tipos de producciones incrementando los ingresos de los pequeños productores.
- Para la instalación del sistema se debe considerar los parámetros ambientales ya que de ellos dependerá la selección del tipo de cultivo acuícola y vegetal a fin de conseguir una producción eficiente y de calidad.
- Debido a que en el estudio realizado se obtuvo una mejor altura al aplicar humus líquido cada cinco días, es recomendable aplicarlo vía foliar durante la etapa de crecimiento, luego se debe aplicar la formulación de *Chlorella* sp. B<sub>3</sub> para que exista una mayor cantidad de flores, finalmente aplicar fertilizante inorgánico para que cuaje una mayor cantidad de frutos.
- Se puede utilizar el fertilizante inorgánico al 75 % de la dosis indicada por el fabricante con una frecuencia de aplicación de cada 5 días, para obtener un mejor peso del fruto.

## Referencias Bibliográficas

- Acebo, M. (2018). *Estudios industriales: orientación estratégica para la toma de decisiones*.  
Obtenido de Industria de Acuicultura.: [http://www.espae.espol.edu.ec/wp-content/uploads/2018/01/ei\\_acuicultura.pdf](http://www.espae.espol.edu.ec/wp-content/uploads/2018/01/ei_acuicultura.pdf)
- Bailey, D., & Ferrarezi, R. (2017). *Valuation of vegetable crops produced in the UVI commercial aquaponic system*. Obtenido de Aquac Reports, 7, 77-82:  
<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.06.002>
- Beltrano, J. (2015). Introducción al cultivo hidropónico. En J. Beltrano, & D. Gimenez. *Cultivo en hidroponía (págs. 10-33)*., Editorial de la Universidad de la Plata.
- BIOINNOVA. (2016). *BIOINNOVA*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de  
<https://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/anatomia-oncorhynchus-mykiss/>
- Blanco, M. (1995). *Cría Industrial de la Trucha Arco Iris*. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
- Borges, J., Barrios , M., Chávez, A., & Avendaño, R. (2014). Efecto de la fertilización foliar con humus líquido de lombriz durante el avivamiento de la morera (*Morus alba* L.). *Bioagro*, 26(3), 159-164.
- Candarle, P. (2006). Técnicas de Acuaponia. *Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), Dirección de acuicultura.*, 14-20.



- Casilimas, H., Bojacá, C., & Monsalve, O. (2012). *Producción de hortalizas bajo invernadero*. Bogotá: Gente Nueva.
- Córdova, J. (2019). Valoración de dos sistemas acuapónicos para el cultivo de fresa (*Fragaria vesca*) y su estimulación mediante bioproductos algales. (*tesis de pregrado*). Sangolquí, Pichincha, Ecuador.
- Coronel, M. (2014). *Comparación de rendimientos de cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) bajo los sistemas de hidroponía y acuaponía*. Obtenido de Universidad Técnica Particular de Loja:  
<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/11140/1/Coronel%20Ochoa%2C%20Martin%20Emanuel.pdf>
- Cortés, M., Martelo, Y., & Rodríguez, E. (2011). Valoración de atributos de calidad en pepino (*Cucumis sativus* L.) fortificado con vitamina E. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 9 No. 1*, 24-34.
- Coveña, L. (2015). *Evaluación de tres híbridos de pepino (Cucumis sativus L.) con dos poblaciones de siembra bajo el sistema hidroponía*. Obtenido de Repositorio Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8371>
- Danyluk, M., Tyson, R., Simonne, E., & Treadwell, D. (2012). Aquaponics—Sustainable Vegetable and Fish Co-Production. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 125, 381-385.
- Estación de Meteorología e Hidrología - Hacienda El Prado. (2016). *Boletín Climatológico Anual*. Sangolquí.

- FAO. (2003). *El cultivo protegido en clima mediterráneo*. Obtenido de [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/DOCREP/005/S8630S/s8630s08.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/005/S8630S/s8630s08.htm)
- FAO. (2009). *FAO*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de [http://www.fao.org/tempref/Fl/CDrom/aquaculture/l1129m/file/es/es\\_rainbowtrout.htm](http://www.fao.org/tempref/Fl/CDrom/aquaculture/l1129m/file/es/es_rainbowtrout.htm)
- FAO. (2014). *Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>
- FAO. (2016). *Resumen El estado mundial de la pesca y acuicultura. Contribución, seguridad alimentaria y nutrición para todos*. Obtenido de <https://doi.org/978-92-5-306675-9>
- FAO. (2019). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/aquaculture/es/>
- FAO. (2019). *FAOSTAT*. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Fernández, X. (2016). *La acuaponía se desarrolla como industria en el mundo y en Chile no logra despegar*. Obtenido de El Mercurio.
- Ferruzzi, C. (1987). *Manual de lombricultura*. Madrid: Ediciones Mundi- Prensa.
- Flores, F. (2015). *"Determinación de las características físicas y químicas de las variedades de pepinillo, Asterix F1 y Marketmore para conservas y consumo en fresco"*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5644/1/03%20EIA%20381%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf>

- García, U., León, C., Hernández, F., & Chávez, R. (2005). Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 9(1). Obtenido de Avances en Investigación Agropecuaria.
- Gashgari, R., Alharbi, K., & Mughrbil, K. (2018). Comparison between Growing Plants in Hydroponic System and Soil Based System. *Proceedings of the 4th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering (MCM'18)*, (pág. Paper No. ICMIE 131). Madrid.
- Google maps. (2019). *Google maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@-0.387229,-78.4178954,734m/data=!3m1!1e3?hl=es-ES>
- Guamán, M., & González, N. (2016). Biodiversidad de los principales géneros de microalgas y cianobacterias encontradas en sistemas lacustres de áreas protegidas de los andes y amazonía del Ecuador. *Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador*, 5-142.
- Guenkov, G. (1974). Fundamentos de la Horticultura Cubana. *La Habana, Cuba*.
- Hochmuth, R. (2001). *Greenhouse cucumber production- Florida greenhouse vegetable production handbook*. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, Florida.
- Huang, S., Li, R., Zhang, Z., Li, L., Gu, X., Fan, W., & Ren, Y. (2009). El genoma del pepino, *Cucumis sativus* L. *Nature genetics*, 41(12), 1275.

- Infante, C., & Angulo, E. (2012). Cultivation of *Chlorella* sp. microalge in batch culture: cell growth kinetics. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 159-164.
- International Aquafeed. (2014). *AQUAFEED*. Obtenido de <http://www.aquafeed.co/ras-sistemas-de-recirculacion-acuicola/>
- Jiménez, A. (2005). *Sistemas de recirculación en acuicultura: una visión y retos diversos para Latinoamérica*. Obtenido de México.
- Knaus, U., & Palm, H. (2017). Effects of the fish species choice on vegetables in aquaponics under spring-summer conditions in northern Germany (Mecklen- burg Western Pomerania). *Aquaculture*, 473, 62-73. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.020>.
- López, C. (2003). *Guía Técnica Cultivo de pepino*. El Salvador: CENTA.
- Losordo, T., Masser, M., & Rakocy, J. (1992). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: an overview of critical considerations principles of biofiltration.
- Lucchetti, G., & Gray, G. (1988). Water reuse systems: a review of principal components.
- McCauley, A., Jones, C., & Jacobsen, J. (2011). *Plant Nutrient Functions and Deficiency and Toxicity Symptoms*. Obtenido de Nutrient Management Module No. 9: <http://landresources.montana.edu/nm/documents/NM9.pdf>
- Medina, A., Piña, P., Nieves, M., Arzola, J., & Guerrero, M. (2012). La importancia de las microalgas. *Biodiversitas*, 113.

Mendoza, H. (2016). *Respuesta a la aplicación de fertilizantes foliares en la productividad*.

Obtenido de Repositorio Universidad de Guayaquil:

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/12330>

Muñoz, N. (2015). "*Respuesta del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) a la nutrición química y orgánica bajo riego por goteo*". Obtenido de UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL:

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7393/1/TESIS%20NELLY%20MU%C3%91OZ.pdf>

Navarrete, N. (2015). *Curvas de absorción de nutrientes en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) bajo condiciones de campo en Zamorano*. Obtenido de Zamorano.

Ortiz, J. (2019). Acuaponia en el Ecuador. (K. Tipán, Entrevistador)

Ortiz, J., Sánchez, F., Mendoza, M., & Torres, A. (2009). Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. *Revista Fitotecnia Mexicana, Vol. 32, Núm. 4,* 289-294.

Rakocy, J. (2003). *Aquaponics integrating fish and plant culture*. Obtenido de Aquaculture Production Systems, 343-386: <https://doi.org/10.1002/9781118250105.ch14>.

Ramírez, D., Sabogal, D., Hurtado, H., & Jiménez, P. (2008). La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Básicas 4(1)*, 32-51.

Ramírez, F., Gómez, J., & Flórez, V. (2011). Evaluación del Fertilizante Orgánico Líquido de Lombriz San Rafael. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín, 2(64)*, 6147-6157.

- Ramón, G., Mendoza, J., Isea, D., Araujo, I., Vargas, L., & Angulo, N. (2009). Chemical and microbiological evaluation of cucumber (*Cucumis sativus* L.) using wastewaters irrigation. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia* v.32 n.1, 68-76.
- Reyes, C. (2012). *Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino en sistemas hidropónicos con recirculación de la solución nutritiva*. Obtenido de Universidad Autónoma Chapingo, Fitotecnia, Chapingo.
- Reyes, M., Villegas, Á., & Colinas, M. (2000). Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranja y tangerino. *Agrociencia*, vol. 34, núm. 1,, 49-55.
- Rojas, L., Muñoz, L., Soto, S., Arancibia, V., Pérez, C., Gonzáles, R., & Ibacachi, G. (2016). *Antecedentes técnicos sobre producción de hortalizas baby en cultivos sin suelo bajo las condiciones de la región de Atacama*. Obtenido de INIA:  
<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40579.pdf>
- Romero, N. (2017). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ah833s/ah833s17.htm>
- Sánchez, G., Rodríguez, C., & Milanés, M. (2005). Influencia de los abonos orgánicos y biofertilizantes en la calidad de las especies medicinales *Calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 10(1), 1-7.
- Sandí, C. (2015). Crecimiento, producción y absorción nutricional del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) con dos soluciones nutritivas en ambiente protegido en la zona de San Carlos, Costa Rica. *San Carlos*.

- Savidov, N. (2005). *Evaluation of Acuaponics Technology in Alberta, Canada*. Obtenido de <https://aquaponics.com/wp-content/uploads/articles/Evaluation-of-Aquaponics-Technology-in-Alberta.pdf>
- Serrano, Z. (1979). *Cultivo de hortalizas en invernadero*. España: AEDOS.
- Silva, S. (2015). Aislamiento y cultivo de microalgas., (págs. 1-94). Manabí.
- Soria, C., & Aguilar, J. (2002). *Cultivo sin Suelo de Hortalizas. Aspectos Prácticos y Experiencias*. Valencia: GENERALITAT VALENCIANA.
- SRE. (2004). *Guía Técnica para la Elaboración de Manuales de Procedimientos*. Obtenido de Secretaria de Relaciones Exteriores: [https://www.uv.mx/personal/fcastaneda/files/2010/10/guia\\_elab\\_manu\\_proc.pdf](https://www.uv.mx/personal/fcastaneda/files/2010/10/guia_elab_manu_proc.pdf)
- Tipán, M. (2017). *Uso de microalgas endémicas del Ecuador (Chlorella sp. Biotipo 3) en la bioacumulación de insecticidas a nivel de laboratorio. Tesis de grado*. Sangolquí, Ecuador.
- Usiña, G., & Usiña, W. (2010). *Evaluación agronómica del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.) híbrido Panther F1 a la aplicación complementaria de tres fertilizantes orgánicos foliares, con tres diferentes dosis, en la parroquia de Tumbaco, provincia de Pichincha*.
- Vaca, G. (2018). *Estudio de la adaptación y rendimiento de 8 variedades de pepinillo (Cucumis sativus L.) bajo invernadero, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo*. Obtenido de Riobamba.

Villafuerte, G. (2016). *Valoración nutricional de la microalga andina Chlorella sp. sobre el crecimiento de alevines de tilapia nilotica, Oreochromis niloticus*. Obtenido de <http://acuacultura.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2016/05/20-Chlorella-en-Dietas-de-Tilapia-Roja-Gabriel-Villafuerte.pdf>

Yaguache, J. (2014). *Estudio del comportamiento agronómico de cuatro híbridos de pepino, bajo un programa de corte en el estado de pepinillo, para la exportación, en la zona de Babahoyo (Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo)*. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/755/6/T-UTB-FACIAG-AGROP-000032.pdf>

Zárate, M. (2014). *Manual de Hidroponía*. México: Instituto de Biología.