



**Evaluación de un sistema acuapónico para girasol (*Helianthus annus L.*) Var. Vincent Choice y su
estimulación mediante fertilización foliar con *Chlorella sp.* Biotipo III**

Calvachi Quintanilla, Kevin Oscar

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

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD.

15 de agosto del 2022



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de ingeniería Agropecuaria

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **Evaluación de un sistema acuapónico para girasol (*Helianthus annuus* L.) Var. Vincent Choice y su estimulación mediante fertilización foliar con *Chlorella* sp. Biotipo III** fue realizado por el señor **Calvachi Quintanilla, Kevin Oscar**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; además ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenidos, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de agosto del 2022



JUAN
CRISTOBAL
ORTIZ TIRADO

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal PhD.

C.C: 170999816-3



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de autoría

Yo **Calvachi Quintanilla Kevin Oscar**, con cedula de ciudadanía N.º 172364241-7, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“Evaluación de un sistema acuapónico para girasol (*Helianthus annus* L.) Var. Vincent Choice y su estimulación mediante fertilización foliar con *Chlorella sp.* Biotipo III”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 15 de agosto de 2022

Kevin Oscar Calvachi Quintanilla

C.C.:172364241-7



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de publicación

Yo **Calvachi Quintanilla Kevin Oscar**, con cédula de ciudadanía N.º 172364241-7, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Evaluación de un sistema acuapónico para girasol (*Helianthus annus* L.) Var. Vincent Choice y su estimulación mediante fertilización foliar con *Chlorella sp.* Biotipo III”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 15 de agosto de 2022

Kevin Oscar Calvachi Quintanilla

C.C.:172364241-7

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos**Calvachi Kevin (3) revisión Copy leaks.docx**

Scanned on: 2:12 August 17, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	949
Words with Minor Changes	184
Paraphrased Words	95
Omitted Words	2642



Firmado digitalmente por:
**JUAN
CRISTOBAL
ORTIZ TIRADO**

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD.**C.C: 170999816-3**

Dedicatoria

A Dios, por haberme otorgado la vida, por ser la luz que guía mi camino y por darme la fuerza, resistencia y constancia para poder cumplir mis objetivos.

A mis abuelitos, que están en el cielo, sé que se hubieran sentido orgullosos de verme cumplir este objetivo.

A mis padres, quienes con paciencia, sacrificio y amor sacaron adelante a toda su familia, gracias por haberme otorgado el regalo de la educación y por haber inculcado en mí los valores y principios correctos para ser una persona de bien.

A mi hermana Fátima, por su cariño, amor y apoyo incondicional.

A mi hermana Gabriela, por siempre apoyarme y velar por mí, nunca terminaré de estar agradecido contigo por haber sido mi sustento durante gran parte de mi vida universitaria, todo esto fue posible gracias a ti.

Agradecimientos

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1, y a todos los docentes de esta carrera quienes impartieron su valioso conocimiento y experiencias a lo largo de mi formación como profesional.

A mi tutor, Dr. Juan Ortiz, por haberme aceptado como tesista y guiado brindándome sus consejos y observaciones durante todo el proceso de mi trabajo de titulación.

A la Ing. Daysi Muñoz, quien me brindó su guía durante la fase de laboratorio de mi trabajo de titulación.

Al Ing. José Masabanda, por su paciencia, amistad, consejos, apoyo y guía durante todo el proceso experimental de mi trabajo de titulación.

A los amigos de toda mi vida universitaria: Alexander, Esteban, Edison, Xavier, Evelyn, Brat gracias por hacer este proceso tan agradable y llevadero durante todos estos años, gracias por su amistad, por su empatía y por su apoyo incondicional siempre.

A Karina, Darío y Alex, quienes fueron excelentes personas y amigos durante toda la etapa de elaboración de mi trabajo de titulación, gracias por estar siempre presentes, por su apoyo y motivación durante los momentos difíciles en esta etapa.

Índice de contenido

Carátula	1
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	3
Autorización de publicación.....	4
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos	5
Dedicatoria	6
Agradecimientos	7
Resumen	17
Abstract	18
Capítulo I.....	19
Introducción.....	19
Antecedentes.....	19
Justificación	21
Objetivos.....	22
Objetivo General	22
Objetivos Específicos.....	22
Capítulo II.....	23
Marco Referencial.....	23
El girasol.....	23
Descripción taxonómica	23
Clasificación botánica	24
Manejo del cultivo	24

Preparación del terreno	24
Densidad de siembra.....	25
Riego	25
Fertilización.....	25
Requerimientos nutricionales	25
Principales enfermedades en el cultivo de girasol	26
Plagas	27
Trucha arcoíris	28
Morfología de la trucha arcoíris	28
Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris	29
Etapas del desarrollo biológico de la trucha arcoíris	29
Parámetros fundamentales para la producción de trucha arcoíris	30
Sistemas integrados de cultivo	31
Acuicultura - agricultura integrada (IAA)	31
Acuaponía.....	32
Sistemas de producción en acuaponía.....	32
Sistema RAS	32
Microalgas	34
Uso de microalgas en Agricultura.....	34
<i>Chlorella</i> sp.....	35

	10
Usos de <i>Chlorella</i> como biofertilizante.....	36
<i>Chlorella</i> sp. Biotipo 3	36
Capítulo III.....	37
Materiales y Métodos	37
Ubicación política	37
Ubicación geográfica.....	37
Adecuación del sistema acuapónico	38
Maduración de las bacterias nitrificantes	38
Manejo de plantas	39
Manejo de peces.....	40
Manejo sanitario de los peces	40
Masificación del alga <i>Chlorella</i> Biotipo 3 y obtención del fertilizante foliar	41
Conteo celular.....	42
Elaboración del fertilizante foliar	43
Determinación de macro y microelementos presentes en las plantas de girasol	44
Absorción atómica	44
Determinación de Nitrógeno por método Kjeldahl.....	44
Diseño experimental.....	46
Factores	46
Tratamientos	47
Croquis experimental.....	47

	11
Análisis estadístico.....	48
Capítulo IV	49
Resultados y Discusión.....	49
Resultados	49
Condiciones fisicoquímicas del agua del sistema acuapónico.....	49
Análisis del proceso de nitrificación.....	50
Desarrollo de los peces en el sistema acuapónico	51
Parámetros morfométricos	51
Parámetros productivos.....	53
Parámetros productivos del cultivo de girasol.....	55
Longitud del tallo	55
Ancho del tallo	58
Longitud de la raíz	60
Número de hojas.....	62
Área foliar	64
Diámetro del botón floral.....	65
Análisis de Correlación	67
Análisis químico	68
Macronutrientes	68
Micronutrientes	69
Discusión.....	71

Capítulo V	77
Conclusiones y Recomendaciones	77
Conclusiones.....	77
Recomendaciones.....	79
Bibliografía.....	80

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Requerimientos nutricionales del girasol (Helianthus annus L.)</i>	26
Tabla 2 <i>Principales enfermedades en el cultivo de girasol (Helianthus annus L.)</i>	26
Tabla 3 <i>Principales plagas del cultivo de girasol (Helianthus annus L.)</i>	27
Tabla 4 <i>Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris</i>	29
Tabla 5 <i>Desarrollo biológico de la trucha</i>	30
Tabla 6 <i>Parámetros fisicoquímicos de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i>	30
Tabla 7 <i>Descripción de los tratamientos</i>	47
Tabla 8 <i>Media ± desviación estándar, mínimo y máximo de los parámetros fisicoquímicos del agua de los componentes del sistema acuapónico.</i>	49
Tabla 9 <i>Media ± desviación estándar de la longitud total, longitud parcial, ancho e índice de condición corporal</i>	52
Tabla 10 <i>Media ± desviación estándar de los parámetros productivos de la trucha</i>	54
Tabla 11 <i>Media ± desviación estándar de la biomasa en las piscinas E2 y E3</i>	54
Tabla 12 <i>Media ± desviación estándar de la longitud del tallo de girasol en centímetros</i>	57
Tabla 13 <i>Media ± desviación estándar del ancho del tallo de girasol en centímetros</i>	59
Tabla 14 <i>Media ± desviación estándar de la longitud de la raíz de girasol en centímetros</i>	61

Tabla 15 <i>Media \pm desviación estándar del número de hojas</i>	63
Tabla 16 <i>Media \pm desviación estándar del área foliar de las hojas de girasol</i>	65
Tabla 17 <i>Media \pm desviación estándar del diámetro del botón floral del girasol</i>	66
Tabla 18 <i>Media \pm desviación estándar de macroelementos absorbidos por el girasol</i>	69
Tabla 19 <i>Media \pm desviación estándar de microelementos absorbidos por el girasol</i>	70

Índice de figuras

Figura 1 <i>Visión satelital del área de estudio</i>	37
Figura 2 <i>Adecuación del sistema acuapónico</i>	38
Figura 3 <i>Trasplante de plántulas a los sistemas de balsa flotante</i>	39
Figura 4 <i>Medición de parámetros morfométricos en truchas</i>	41
Figura 5 <i>Masificación de Chlorella Biotipo 3</i>	42
Figura 6 <i>Elaboración del fertilizante foliar con Chlorella Biotipo 3</i>	43
Figura 7 <i>Análisis de macro y microelementos por el método de absorción atómica</i>	44
Figura 8 <i>Análisis por método Kjeldahl</i>	45
Figura 9 <i>Croquis del diseño experimental</i>	47
Figura 10 <i>Concentración de nitritos, nitratos, amonio y amoniaco del sistema acuapónico</i>	50
Figura 11 <i>Longitud total, longitud parcial y ancho de truchas</i>	53
Figura 12 <i>Aumento de la biomasa en las piscinas E2 y E3</i>	55
Figura 13 <i>Evolución de la variable longitud del tallo de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días</i>	56
Figura 14 <i>Evolución de la variable ancho del tallo de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días</i>	58

Figura 15 <i>Evolución de la variable longitud de la raíz de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días</i>	60
Figura 16 <i>Evolución de la variable número de hojas de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días</i>	62
Figura 17 <i>Longitud del tallo, ancho del tallo, longitud de la raíz y número de hojas al día 70.</i>	64
Figura 18 <i>Área foliar y diámetro del botón floral al día 70</i>	67
Figura 19 <i>Correlación existente entre las variables medidas en las plantas de girasol</i>	68

Resumen

La acuaponía es un sistema en el cual se integra la producción acuícola e hidropónica dentro de un mismo sistema, dicha agua contiene material orgánico y otros compuestos del metabolismo de la actividad piscícola donde las excretas producidas por los peces son asimiladas por las plantas. En el Ecuador existen dos tipos de cultivo de girasol, el primero utilizado para aceite comestible y harinas, y el segundo la variedad ornamental. Este proyecto se desarrolló en el proyecto piscícola Pailones dentro de la Hacienda el prado IASA I, donde se evaluó un sistema acuapónico para girasol y la aplicación de *Chlorella* Biotipo 3 como fertilizante foliar en diferentes dosis y frecuencias con un total de 10 tratamientos. El mejor tratamiento fue el T1 (Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días) para la longitud del tallo con $122,5 \pm 1,6$, ancho de tallo $1,74 \pm 0,11$, longitud de raíz $41,27 \pm 2,2$, área foliar $105 \pm 3,64$, diámetro de botón floral $5,56 \pm 0,07$; para el número de hojas el mejor tratamiento fue el T3 (Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días) con $15,75 \pm 3,24$. De igual manera T1 presentó la mayor absorción de macro y micro nutrientes con N $55 \pm 0,04$, P $5,17 \pm 0,02$, K $8,87 \pm 0,07$, Ca $\pm 0,04$, Mg $2,88 \pm 0,01$, Mn $17,2 \pm 0,04$, Fe $65,89 \pm 2,22$, Cu $2,65 \pm 0,02$, Zn $12,72 \pm 0,02$. Se determinó que existió una alta correlación entre las variables morfométricas de la planta y la dosis de aplicación de *Chlorella* Biotipo 3, no existió correlación entre las variables morfométricas de la planta y la frecuencia de aplicación. En la extracción elementos de la planta de girasol existió una mayor absorción de N, F y P; y por el contrario existió una deficiencia de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn y Zn al compararlos con los requerimientos óptimos para el desarrollo del cultivo.

Palabras clave: Acuaponía, girasol (*Helianthus annus* L.), *Chlorella* Biotipo 3, truchas (*Oncorhynchus mykiss*).

Abstract

Aquaponics is a system in which aquaculture and hydroponic production are integrated within the same system. This water contains organic material and other compounds from the metabolism of the fish activity where the excreta produced by the fish are assimilated by the plants. In Ecuador there are two types of sunflower cultivation, the first used for edible oil and meal, and the second the ornamental variety. This project was developed in the Pailones fish farming project within the Hacienda el Prado IASA I, where an aquaponic system for sunflower and the application of *Chlorella* Biotype 3 as foliar fertilizer in different doses and frequencies were evaluated with a total of 10 treatments. The best treatment was T1 (foliar application of *Chlorella* Biotype 3 at 100% every 8 days) for stem length with 122.5 ± 1.6 , stem width 1.74 ± 0.11 , root length 41.27 ± 2.2 , leaf area 105 ± 3.64 , flower bud diameter 5.56 ± 0.07 ; for the number of leaves the best treatment was T3 (foliar application of *Chlorella* Biotype 3 at 75% every 8 days) with 15.75 ± 3.24 . Similarly, T1 presented the highest absorption of macro and micro nutrients with N 55 ± 0.04 , P 5.17 ± 0.02 , K 8.87 ± 0.07 , Ca ± 0.04 , Mg 2.88 ± 0.01 , Mn 17.2 ± 0.04 , Fe 65.89 ± 2.22 , Cu 2.65 ± 0.02 , Zn 12.72 ± 0.02 . It was determined that there was a high correlation between the morphometric variables of the plant and the application dose of *Chlorella* Biotype 3, there was no correlation between the morphometric variables of the plant and the frequency of application. In the extraction of elements from the sunflower plant, there was a greater absorption of N, F and P; and on the contrary, there was a deficiency of Ca, Mg, Cu, Fe, Mn and Zn when compared to the optimum requirements for crop development.

Keywords: *Aquaponics, sunflower (Helianthus annuus L.), Chlorella Biotype 3, trout (Oncorhynchus mykiss).*

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

A nivel mundial la cantidad de agua dulce en los últimos 40 años se redujo en un 60%, y para el año 2050 se estima otro 50%. Para la agricultura el factor agua es de gran importancia, y se encontrará en el futuro afectada por falta de la misma, generando reducción en su producción y grandes pérdidas para el sector agrícola. Dicho esto, la acuaponía es una gran alternativa porque reduce hasta en un 90% el consumo de agua en comparación a la agricultura convencional (FAO, 2018).

La acuaponía es un sistema en el cual se integra la producción acuícola e hidropónica dentro de un mismo sistema, donde las excretas producidas por los peces son asimiladas por las plantas; dicha agua contiene material orgánico y otros compuestos del metabolismo de la actividad piscícola (Oviedo-Carrascal et al., 2020). Este sistema presenta varias ventajas, como, por ejemplo: reducir la cantidad de agua, minimizar costos de operación, aprovechar los productos agrícolas otorgando un valor agregado considerando como productos orgánicos, y finalmente mitigar el uso de productos químicos (García-Ulloa et al., 2005).

En el año 2016 la producción mundial de girasol fue de 45,75 millones de toneladas, donde los principales productores fueron Ucrania (30,6%), Rusia (24,0%), Argentina (7,4%) y China (6,2%). En el Ecuador existen 6 empresas con certificados fitosanitarios dedicadas a flores de verano donde se incluyen a los girasoles con el 1,01%, demostrando que la producción es limitada para esta flor dentro del país (López-Rocha et al., 2018).

Según Cazares (2021) en el Ecuador existen dos tipos de cultivo de girasol, el primero utilizado para aceite comestible y harinas, y el segundo la variedad ornamental. Se considera que toda la producción de girasol ornamental (*Helianthus annuus*) se centraliza en la provincia de Pichincha.

Muñoz y Tipán (2020) implementaron un sistema acuapónico para pepinillo a 2940 msnm y la aplicación foliar de bioestimulante algal (*Chlorella* B3) y humus líquido, en diferentes dosis y frecuencias; dando como resultado un aprovechamiento de los efluentes de los peces como nutrientes para las plantas de pepinillo, además determinaron que la aplicación foliar de *Chlorella* B3 al 75% de concentración cada 10 días produjo mejores resultados en cuanto a longitud de raíz, número de hojas, número de flores y la relación hojas-flores en comparación al resto de tratamientos.

Heredia (2020) investigó el Efecto de cuatro concentraciones de *Chlorella* sp. Biotipo 1 (100%, 75%, 50% y 25%) como fertilizante foliar en la productividad de frutilla (*Fragaria vesca*) en sistemas acuapónicos de altura, concluyendo que la concentración de *Chlorella* sp. B1 obtuvo mejores resultados en cuanto a productividad y contenido nutricional en comparación al resto de concentraciones.

En el año 2007 en el Centro de Estudios e Investigación de la Universidad de Khalij-e-Fars, Busher (Irán) se realizó un estudio sobre la producción de flores y peces ornamentales en aguas residuales urbanas de Busher utilizando un sistema acuapónico a escala piloto donde se usaron 24 especies de flores ornamentales y 10 especies de peces. La finalidad de la investigación fue la reducción de cargas contaminantes de aguas costeras, y a su vez la adaptabilidad de las flores. Dicho estudio dio como resultado que el grupo de peces *Serrasalmus nattereri* y *Junit* sp y las flores ornamentales *Petunia hybrida*, *Verbena hybrida*, *Ficus* sp., *Phinix* sp. Y *Conokarpus* sp., presentaron una mayor adaptabilidad en un sistema acuapónico y crecimiento en aguas residuales (Agharokh, 2007).

Justificación

En el Ecuador existen aproximadamente 1.715 ha cultivadas con flores de verano las que se detallan a continuación; Cartuchos, *Liatris*, *Gypsophila*, Girasoles, Claveles, etc. El cultivo de girasol en el país ocupa alrededor de 110 ha, distribuidas principalmente en Pichincha, Imbabura, Azuay y Cotopaxi (Carrillo, 2020).

La acuaponía presenta varias ventajas al evaluarlos frente otros sistemas de producción, un sistema acuapónico se lo describe como un sistema de recirculación, donde se controlan los nutrientes residuales procedentes de las excretas, por ende, reduce el uso de fertilizantes inorgánicos. Las excretas producidas de la alimentación de peces abastecen en su totalidad los nutrientes necesarios para los cultivos (Villalobos & González, 2016).

De todas las microalgas, el género *Chlorella* ha sido el más usado para la biofertilización y fue la primera en ser cultivada (Faheed & Fattah, 2008). Las microalgas como *Chlorella vulgaris* mejoran las reacciones fisiológicas de los cultivos lo cual conduce un buen desarrollo de los mismos, a su vez aumenta significativamente el peso fresco y seco de plántulas, así como su contenido de pigmentos en *Letuga sativa* (Faheed & Fattah, 2008).

La *Chlorella* como biofertilizante es un promotor de crecimiento como son las citoquininas, y a su vez un complemento adecuado para realizar cosechas orgánicas y saludables, asegurando la producción de productos, así como la protección del medio ambiente y recursos naturales (Ortiz-Moreno et al., 2019).

En el Ecuador no se han realizado estudios de sistemas acuapónicos en flores de verano. Por tal razón, se planteó un sistema acuapónico en girasol ornamental (*Helianthus annuus*) para demostrar su factibilidad en cuanto a producción, rendimiento como un producto orgánico de calidad, haciendo uso de biofertilización foliar con *Chlorella sp.* Biotipo III al mismo tiempo que se aprovecharon los efluentes de los peces para la nutrición de las plantas de girasol, y de esta manera reducir la contaminación del

agua producto de la fertilización química, además de minimizar el desperdicio de agua existente en sistemas acuícolas.

Objetivos

Objetivo General

Valorar un sistema acuapónico para girasol (*Helianthus annus* L.) Var. Vincent Choice y su estimulación mediante fertilización foliar con *Chlorella* sp. Biotipo III.

Objetivos Específicos

- Evaluar los procesos nitrificantes de un consorcio bacteriano en un sistema acuapónico tipo balsa flotante.
- Evaluar la acción de *Chlorella* biotipo III como fertilizante foliar sobre la productividad del cultivo de girasol dentro de un sistema acuapónico tipo balsa flotante.
- Determinar la acumulación de macro y microelementos en girasoles en etapa de floración dentro de un sistema acuapónico tipo balsa flotante.

Hipótesis

HO: “Los nutrientes provenientes de las excretas de trucha arcoíris y la aplicación de *Chlorella* sp. Biotipo III como fertilizante foliar no afecta la productividad del cultivo de girasol (*Helianthus annus* L.) var. Vincent Choice”.

H1: “Los nutrientes provenientes de las excretas de trucha arcoíris y la aplicación de *Chlorella* sp. Biotipo III como fertilizante foliar afecta la productividad del cultivo de girasol (*Helianthus annus* L.) var. Vincent Choice”.

Capítulo II

Marco Referencial

El girasol

El girasol (*Helianthus annuus*, L.) es una especie originaria de Norteamérica, pero en el siglo XVI, fue llevada hasta Europa, se la utilizaba principalmente como alimento por sus semillas, como planta medicinal y de manera ornamental para adornar hogares y jardines (Arbelo & Ponce, 2011).

Actualmente es un cultivo de gran importancia a nivel mundial para la industria por sus semillas las cuales contienen grandes cantidades de aceite, también como forraje para el ganado y sus flores son empleadas en arreglos florales y confitería (Carmigniani, 2017).

La finalidad del cultivo del girasol como flor de corte es distinta respecto al oleaginoso, el de boca o el forrajero, en los dos primeros se suele buscar plantas con capítulos grandes con una alta producción de semillas por planta, y en el forrajero además se busca un alto peso de la planta (Acevedo Rico, 2017a).

Por el contrario, en el ornamental se busca un capítulo no muy grande, ya que ello impediría su uso como flor, diámetros inferiores a 7 u 8 centímetros se consideran adecuados para estos fines. La presencia de polen en las flores es un inconveniente para su uso como ornamental, ya que éste al desprenderse mancha los enseres o ropas próximos a ellas, por ello, los principales cultivares ornamentales no tienen polen (Acevedo Rico, 2017).

Descripción taxonómica

El girasol es una planta altamente diversificada, la cual posee 49 especies y 19 subespecies entre las que se encuentran 12 especies anuales y 37 perennes, la gran diversificación permite considerar varias opciones a utilizarse para obtener variedades mejoradas, con características agronómicas e

industriales dependiendo de la especie y el producto a obtener (Bonilla Sierra & Farfán Castiblanco, 2018).

Clasificación botánica

Según (Acevedo Rico, 2017) menciona la clasificación de la siguiente manera:

- **Reino:** *Plantae*
- **División:** *Magnoliophyta*
- **Clase:** *Liliopsida*
- **Subclase:** *Asteridae*
- **Orden:** *Asterales*
- **Familia:** *Asteraceae*
- **Género:** *Helianthus*
- **Especie:** *Anuus* L.
- **Nombre científico:** *Helianthus annus* L.

Manejo del cultivo

Preparación del terreno

El girasol es un cultivo que posee una cierta rusticidad, se desarrolla en suelos fértiles y profundos, que tengan buen drenaje para su mejor desarrollo y productividad, es un cultivo tolerante a la sequía, pero para ello se basa en el sistema de raíces el cual profundiza una gran cantidad de volumen de suelo. Se recomienda una arada y entre dos a tres pases con la rastra (Tenesaca, 2014).

Densidad de siembra

La densidad de siembra depende de factores como la precipitación, la fertilidad y por supuesto de los híbridos que se desea cultivar, actualmente los híbridos utilizados tienen un menor porte que los que se utilizaba anteriormente por lo que se puede sembrar mayores densidades para cubrir adecuadamente el suelo cuando llegue la floración, otro factor importante es el tamaño de la cabeza floral por lo que una densidad de siembra ideal es de 10 x 12 centímetros (Acevedo, 2017).

Riego

Este cultivo se caracteriza por aprovechar eficientemente el agua en condiciones de escasez, es por esto por lo que se requiere un suelo profundo, pues sus raíces extraen agua a profundidades que otros cultivos no llegan. Al inicio el cultivo requiere de 50 a 60 litros de agua por metro cuadrado hasta diez días después de que se desarrolla el capítulo, pasados los 25 la necesidad hídrica va en aumento por lo que se debe suministrar de 60 a 80 litros por metro cuadrado cuando la floración llega a plenitud (Gutierrez, 2014).

Fertilización

El girasol es un cultivo que no exige mucho en cuanto a nutrientes debido a su capacidad radicular, por lo que la fertilización se ajusta en función de los nutrientes que el suelo posea, a las precipitaciones y al riego, sin embargo la absorción de nutrientes es mayor durante los primeros estadios de desarrollo, se debe tener mucho cuidado con suelos que tengan gran cantidad de aluminio puesto que el cultivo es muy sensible a este elemento, puede dificultar el desarrollo radicular y por ende presentar síntomas de estrés hídrico en la parte aérea de la planta (Tenesaca, 2014).

Requerimientos nutricionales

En la tabla 1 se detallan los requerimientos nutricionales del girasol:

Tabla 1

Requerimientos nutricionales del girasol (Helianthus annus L.)

Nutriente	Requerimiento kg/ton	Extracción kg/ton
Nitrógeno	40	24
Fósforo	5	4
Potasio	28	7
Calcio	18	1
Magnesio	11	3
Azufre	5	2
	gr/ton	gr/ton
Boro	165	36.3
Cobre	19	12.9
Hierro	261	33.9
Manganeso	55	13.8
Molibdeno	29	6.1
Zinc	99	47.5

Nota: Recuperada de Nutrición Girasol (Sygenta, 2016).

Principales enfermedades en el cultivo de girasol

Según (Ivancovich & Lavilla, 2016) las enfermedades que más afectan al girasol son:

Tabla 2

Principales enfermedades en el cultivo de girasol (Helianthus annus L.)

Enfermedad	Agente causal	Síntomas
Podredumbre húmeda del tallo, hoja y capítulo	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Podredumbre basal, marchitamiento de la hojas y podredumbre del capítulo
Verticilosis	<i>Verticillium dahliae</i> Kleb	Marchitamiento desde la raíz hacia la base del tallo, amarillamiento de las hojas
Cancro del tallo	<i>Phomopsis helianthi</i> Munt	Manchas alargadas en el tallo de color pardo, necrosis en las hojas en forma de V

Enfermedad	Agente causal	Síntomas
Mildiu	<i>Plasmopara halstedii</i>	Enanismo en las plantas, presenta una masa algodonosa blanquecina
Podredumbre carbonosa	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Oscurecimiento del tallo y marchitamiento de las hojas
Roya negra	<i>Puccinia helianthi</i>	Manchas necróticas en las hojas inferiores que luego pasa a las hojas superiores
Oídio	<i>Erisiphe cichoracearum</i>	Manchas blanquecinas que pasa luego a ser necrosis desde la base de la planta hacia la parte superior

Nota: Adaptada de Diagnóstico y manejo de enfermedades en girasol (Ivancovich & Lavilla, 2016).

Plagas

Según (Acevedo Rico, 2017) este cultivo es susceptible a varias plagas depende de si el cultivo se desarrolla al aire libre o bajo invernadero, en girasoles ornamentales las plagas más comunes son:

Tabla 3

Principales plagas del cultivo de girasol (Helianthus annus L.)

Agente causal	Nombre común
<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Mosca blanca
<i>Frankliniella occidentalis</i>	Trips
<i>Myzus persicae</i>	Áfidos
<i>Liriomyza trifolii</i>	Minadores
<i>Heliothis zea, Omesoma nebullella</i>	Larvas de lepidópteros

Nota: Recuperado de diagnóstico del sistema de producción en cultivo de girasol ornamental (*Helianthus annus L.*) en San Bartolo, Amanalco de Becerra (Acevedo Rico, 2017).

Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

La trucha (*Oncorhynchus mykiss*) es procedente de lagos, lagunas y ríos situados en América del Norte, de la zona occidental encontrada entre Alaska y México (Rojas, 2005). Este pez se caracteriza por adaptarse en diversos entornos, la madurez sexual. Sin embargo, el promedio alcanza entre los 2 y 4 años, además varía de acuerdo con la disponibilidad tanto en temperatura y alimentos (FAO, 2014a).

La trucha arcoíris se caracteriza por presentar colores llamativos los cuales varían de acuerdo con su edad, hábitat y condición sexual. Las hembras son capaces de producir hasta 2 000 huevos/kg de peso corporal. Las hembras no suelen desovar naturalmente en sistemas de cultivos de truchas, por ende, los huevos son desovados artificialmente de peces reproductores de alta calidad cuando están totalmente maduros (FAO, 2009).

El cultivo de trucha en el Ecuador inició a principios de los años treinta, gracias a un convenio establecido entre Ecuador y Canadá, mediante el cual se seleccionaron varios ríos y lagos de la región interandina con el fin de introducir en estas zonas el cultivo de la especie (MAGAP, 2014).

Morfología de la trucha arcoíris

Presentan franja longitudinal de color iridiscente con prevalencias rosas que recorre a lo largo de los lados. En la parte superior poseen una coloración de azul a verde, debajo del abdomen pueden llegar a ser de color gris, plateado o blanquecino (Arregui, 2013).

Como características sexuales secundarias en el macho, la raya iridiscente se volverá más brillante y la mandíbula inferior será más pronunciada hacia arriba. Las hembras tendrán el abdomen hinchado y la abertura genital estará hinchada y de color rojizo. El color varía según el hábitat, el tamaño y el estado sexual. Los especímenes que se encuentran en los ríos y los reproductores en sistemas de

producción presentan colores más fuertes y oscuros que las especies salvajes de ríos y lagos, los cuales tienden a presentar colores plateados y brillantes (Arregui, 2013).

Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris

(Ucros, 2009) indica la clasificación taxonómica de la trucha arcoíris de acuerdo con Walbaum en el año 1792.

Tabla 4

Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris

Clasificación taxonómica	
Reino	<i>Animal</i>
Phylum	<i>Chordata</i>
Superclase	<i>Pisces</i>
Clase	<i>Osteichthyes</i>
Subclase	<i>Actinopterygii</i>
Orden	<i>Salmoniformes</i>
Familia	<i>Salmonidae</i>
Género	<i>Oncorhynchus</i>
Especie	<i>mykiss</i>
Nombre científico	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre común	<i>Trucha arcoíris</i>

Nota: Recuperado de Efectos del glifosato sobre el desarrollo embrionario de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) (Ucros Garrido, 2009).

Etapas del desarrollo biológico de la trucha arcoíris.

En la tabla 5 se indican cada una de las etapas en el desarrollo biológico de esta especie:

Tabla 5*Desarrollo biológico de la trucha*

Etapa	Talla promedio (cm)	Talla máxima (cm)	Peso aproximado (g)	Duración (meses)
Alevinaje	0,5	10	12	3
Juvenil	10	17	68	2
Engorde	17	26	250	3

Nota: Recuperado del Manual de Crianza de Trucha en Ambientes Convencionales (FONDEPES, 2021).

Parámetros fundamentales para la producción de trucha arcoíris

En la tabla 6 se encuentran los parámetros para el manejo de producción de truchas, lo que garantiza la viabilidad del proyecto:

Tabla 6*Parámetros fisicoquímicos de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*

Parámetro	Valor
Turbidez	< 400 mg/lit
Color	Aguas claras
Temperatura	9 - 11 °C para reproducción y 11 - 15 °C para crecimiento y engorde
Oxígeno disuelto	Óptimo 6,5 - 10 ppm
Anhídrido carbónico	Óptimo 2 ppm
pH	Óptimo 6,5 - 8,5
Alcalinidad	20 - 200 ppm
Amoniaco	< 0,02 ppm
Dureza	60 -300 ppm
Nitrito	0,055 ppm

Parámetro	Valor
Nitrato	< 100 ppm
Fosfato	< 500 ppm
Mercurio	0,05 ppm

Nota: Recuperado de Evaluación de buclizina en la estimulación del apetito en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en etapa de engorde (Crespo, 2018).

Sistemas integrados de cultivo

Dentro de la producción agropecuaria, se ha visto necesario mantener la sostenibilidad a largo plazo, para evitar la degradación de los recursos naturales y mantener la estabilidad y rentabilidad de los ingresos agrícolas, por lo que se han desarrollado los sistemas agrícolas integrados. Este sistema busca que los residuos de cultivos se puedan usar como alimento para animales, mientras que los desechos de los mismos mejoren la productividad agrícola (Parvatha, 2016).

Acuicultura - agricultura integrada (IAA)

El sector acuícola es un factor de gran importancia para la industria alimenticia, ya que es responsable de mantener la seguridad alimentaria de gran parte de la población, por este motivo se han desarrollado sistemas que reducen los impactos ambientales de la producción. Uno de estos sistemas es, la acuicultura multitrófica integrada (IMTA) ha sido identificada como una tecnología importante dentro del (IAA) para mejorar de manera sostenible la producción de peces de agua dulce. En este sistema los peces cultivados se nutren de los desechos producidos por otras especies, lo que ayuda a remediar aguas residuales y minimizar el impacto ambiental de esta industria (Paolacci et al., 2022). Sin embargo, existen tres aspectos interrelacionados dentro de los IAA (tecnología de producción, aspectos socioeconómicos y aspectos ambientales) ya que este tipo de sistemas se ajustan tanto a grandes industrias como a fincas de pequeños productores (Edwards, 2008).

Acuaponía

La acuaponía es un método de cultivo intensivo conformado por un sistema de producción integrada de peces y de cultivos hidropónicos en el que los desechos resultantes del metabolismo de los peces son asimilados por bacterias, que posteriormente van a generar nutrientes que aporten al crecimiento y desarrollo de las plantas (Medina et al., 2016).

Un sistema acuapónico se desarrolla en un entorno controlado en el que no existe suelo por lo que los problemas relacionados con la contaminación y la erosión del mismo son nulos, además se reduce el efecto de las temperaturas diurnas esto se refleja en la productividad de los cultivos vegetales (Addy et al., 2017). Estos sistemas de recirculación están constituidos por cinco elementos fundamentales los cuales son: un tanque que alberga a los peces, un tanque sedimentador, un biofiltro, un componente hidropónico, y una bomba de sumidero (Castillo-Castellanos et al., 2015).

Los factores que intervienen en la liberación de nutrientes por parte de los peces son: la especie del pez, la densidad de cultivo, la temperatura y el tipo de plantas del sistema (frutales o vegetales de hojas verdes). Con esta información se puede realizar la predicción de las posteriores dietas a base de minerales que deben realizarse a los peces para que beneficien a futuro al desarrollo óptimo de las plantas (Goddek et al., 2015).

Sistemas de producción en acuaponía

Sistema RAS

Este sistema es un sustituto alternativo a los sistemas abiertos habituales, en donde es común el establecimiento de tratamientos con microalgas con la finalidad de obtener una descarga mínima de aguas residuales concentradas y de esta manera mantener la sostenibilidad en el manejo del agua y reutilizarla (Tejido-Nuñez et al., 2019). Estos sistemas son intensivos y muy controlados para mejorar el

rendimiento y la productividad del cultivo de peces y, al mismo tiempo, disminuir la contaminación del medio en el que se desarrollan (Medina et al., 2016).

Un sistema acuapónico maneja la producción de alimentos multitróficos, los sistemas acuícolas de recirculación (RAS) e hidroponía reutilizan aguas residuales RAS enriquecidas en macronutrientes (nitrógeno [N], fósforo [P], potasio [K], calcio [Ca], magnesio [Mg] y azufre [S]) y micronutrientes (hierro [Fe], manganeso [Mn], zinc[Zn], cobre [Cu], boro [B] y molibdeno [Mo]) (Delaide et al., 2018), además, de nutrientes como el amoníaco (NH_4^+) proveniente de la orina de los peces y la excreción branquial, sin embargo, este compuesto debe ser manejado adecuadamente debido a que puede existir una acumulación del mismo y causar toxicidad en el sistema (Goddek et al., 2015).

Es necesaria la conversión microbiana de este tipo de elementos nitrogenados en nitratos, asimilables para las plantas, esto es posible gracias al consorcio de bacterias autótrofas nitrificantes que comúnmente se encuentran como una biopelícula en las superficies sólidas al interior del sistema y está compuesto principalmente por nitrosobacterias y nitrobacterias (Goddek et al., 2015).

El proceso se da cuando amoníaco dentro del sistema se convierte en nitrito (NO_2^-) por las nitrosobacterias, y posteriormente se transforman en nitratos (NO_3^-) debido a la actividad metabólica de las nitrobacterias, al final de esta actividad se obtienen el nitrato, que es un compuesto considerablemente menos tóxico para los peces y, debido a su bioconversión, es la principal fuente de nitrógeno para el crecimiento de las plantas en los sistemas acuapónicos (Goddek et al., 2015).

Al evaluar esta tecnología fundamentada en microalgas, en el tratamiento y valorización del agua RAS se determinó que es muy eficaz en la eliminación de los nutrientes, siempre y cuando la elección de la especie y el pretratamiento del agua RAS antes del cultivo sea la adecuada (Tejido-Nuñez et al., 2019).

Al ser un sistema muy productivo, éste puede funcionar con facilidad en zonas urbanas, independientemente del clima y de la disponibilidad de agua a diferencia de los sistemas de producción de flujo continuo, que requieren fuentes de agua próximas a sus instalaciones, otra ventaja es que los RAS tienen la capacidad de reutilizar el 90% del agua y al integrarse al sistema un elemento hidropónico que produce cultivos de plantas con fines comerciales, la eficiencia y productividad del sistema elevan su rentabilidad (Medina et al., 2016).

Microalgas

Son organismos foto-autótrofos y unicelulares presentes en la mayoría de ambientes debido a su gran capacidad de adaptación, las microalgas se encuentran especialmente en los entornos acuáticos y están caracterizados por su rápido crecimiento comparado de las plantas superiores (Kotzen et al., 2019). Son capaces de transformar la energía luminosa en energía química con una eficiencia cuatro veces mayor a las plantas (Ardila Forero, 2012).

Actualmente la investigación en el área de las microalgas ha aumentado rápidamente y esto se debe a su amplia gama de aplicaciones entre ellas su uso como fertilizante debido a su alto valor nutritivo (Barros et al., 2015). (Addy et al., 2017) determinaron que las microalgas mejoran la calidad del agua en los sistemas acuapónicos ya que puede estabilizar el pH relacionado al proceso de nitrificación, además de aportar con oxígeno disuelto lo que beneficia la integridad del sistema.

Uso de microalgas en Agricultura

Las microalgas desempeñan un rol importante dentro de la nutrición vegetal, pues se emplean para procesos como: biorremediación, fertilización y acondicionamiento del suelo (Arce, 2018).

Gracias a la versatilidad de las microalgas se las utiliza en diversas presentaciones dentro del campo agrícola (Arce, 2018). Tras la obtención de biomasa seca, se pulveriza el contenido y se disuelven

en agua tanto para aplicaciones edáficas como en cultivos hidropónicos. Si se administran vía drench al suelo, se efectúan procesos de regeneración de suelos erosionados o contaminados gracias a la capacidad de las microalgas para absorber metales pesados (Hernández-Pérez & Labbé, 2014).

Chlorella sp.

Es un alga unicelular de forma esférica que se encuentra en agua dulce y generalmente se la encuentra agrupada en colonias, contiene altas cantidades de clorofila, vitamina c y e, y minerales como el hierro y el calcio, además puede contener hasta un 70% de proteína, 10 aminoácidos esenciales y 9 complementarios. En cuanto a su reproducción esta es asexual mediante la ruptura de su pared celular y liberación de auto esporas (Guamán & González, 2016).

Dentro del diverso mundo de las microalgas se categoriza a *Chlorella vulgaris* como un alga clorofita, al ser un organismo unicelular de agua dulce. Al ser un organismo fotosintético comparte ciertas características del reino Plantae, es decir, dependen de las condiciones ambientales para el desarrollo de sus funciones (fotosíntesis, respiración etc.). Dependen de características básicas como: luz, temperatura, pH del medio y fuente de nutrientes (López et al., 2020).

En este tipo de algas se han identificado una serie de metabolitos como: fitohormonas (auxinas y citoquinas), reguladores de crecimiento, antioxidantes. Dentro de la caracterización de sus propiedades, se ha identificado que presenta polisacáridos (alginatos, carragenatos y fucoidanos), compuestos que a largo plazo son capaces de mejorar las características fisicoquímicas del suelo (García-González & Sommerfeld, 2016).

Usos de *Chlorella* como biofertilizante

Chlorella ha sido aprovechada como biofertilizante debido a que contienen altos niveles de carbohidratos, proteínas, lípidos y hormonas de crecimiento reportando mejoras tanto en el crecimiento como en el rendimiento de cultivos hortícolas (Kim et al., 2018).

Por otra parte, la aplicación de *Chlorella* en campo ha demostrado mejorar la biomasa, calidad y cantidad en rendimiento; más aún, los extractos de esta microalga se utilizan como fuentes coadyuvantes a los fertilizantes debido a que estimulan la absorción de nutrientes, inducen resistencia al stress y confieren una mejor calidad del producto en postcosecha (Özdemir et al., 2016).

De acuerdo con la naturaleza de *Chlorella vulgaris*, es capaz de asimilar nutrientes del suelo y crear una sinergia con las plantas debido a la funcionalidad adaptativa, ya que la microalga puede absorber minerales y nutrientes cuando estos están disponibles en el medio y acumularlos de manera intracelular, para después ser liberados; esta facultad le permite proveer o ayudar a asimilar elementos necesarios para los cultivos (Becerra & Sánchez, 2020).

***Chlorella* sp. Biotipo 3**

(Tipán, 2017) mediante un análisis proximal determinó las características presentes en una biomasa promedio de 23×10^6 células.mL⁻¹ de *Chlorella* sp. B3, con un 45.3% de contenido proteico, 9.62% de contenido lipídico y un 28.53% de ceniza. Adicionalmente se obtuvo un 31.59% de capacidad antioxidante por gramo de muestra seca, y un contenido de clorofila total de 16.2 mg.g⁻¹.

Capítulo III

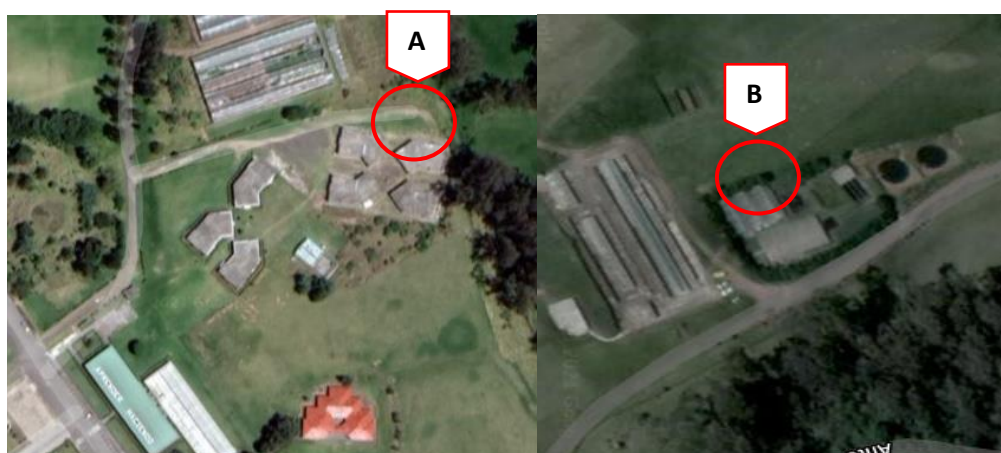
Materiales y Métodos

Ubicación política

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el invernadero del proyecto acuícola Pailones y en el laboratorio de acuicultura, ubicados en la Hacienda El Prado, barrio San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

Figura 1

Visión satelital del área de estudio



Nota: A) Laboratorio de acuicultura, B) Proyecto acuícola Pailones (Google Maps, 2022).

Ubicación geográfica

El laboratorio de acuicultura se encuentra ubicado a una latitud de $0^{\circ}23'15.66''S$, longitud de $78^{\circ}24'51.40''O$ y altitud de 2723 m.s.n.m; mientras que el proyecto acuícola Pailones se encuentra a una latitud de $0^{\circ}25'23.66''S$, longitud de $78^{\circ}24'44''W$ y altitud de 2926 m.s.n.m.

Adecuación del sistema acuapónico

El sistema acuapónico constó de tres tanques de PVC con capacidad de 2000 litros cada uno, los mismos que se cubrieron con plástico negro para evitar la proliferación de algas, un tanque actuó de sedimentador y los otros dos tanques actuaron como tanques de nitrificación; dos piscinas rectangulares con un capacidad de 1350 litros cada uno, en donde se ubicarán las plántulas de girasol mediante un sistema tipo balsa flotante; dos piscinas circulares de hormigón con volumen de 6.1 m³ en donde se colocaron 200 truchas por piscina; un tanque de recolección 500 litros; una bomba de 0.5 HP la cual se encargó de recircular el agua del tanque de recolección hacia los tanques sedimentación y nitrificación; tanto los tanques como las piscinas constaron de un sistema aireación constante mediante un blower.

Figura 2

Adecuación del sistema acuapónico



Nota: En la figura A) Limpieza de piscinas, B) Instalación del sistema de aireación.

Maduración de las bacterias nitrificantes

Se colocó 20 gramos del complejo bacteriano FreshPlus el cual posee *Paracoccus pantotrophus*, *Bacillus megaterium*, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. pumilus*, *B. amyloliquefancies* en una concentración de $\geq 1.5 \times 10^9$ UFC disueltos en un balde de 20 litros de agua con aireación, para la activación de las

bacterias se utilizó melaza disuelta en el agua, una vez transcurridas 24 horas se trasvasó esta solución a 2 tanques de PCV de 2000 litros capacidad cada uno, los cuales cumplirán la función de tanques de nitrificación.

El proceso de maduración de las bacterias nitrificantes se monitoreó realizando análisis de agua para determinar la concentración de amonio, nitritos y nitratos cada 10 días durante 70 días, una vez obtenido los datos del análisis de agua se realizó una curva en donde se indicó el comportamiento de las bacterias a lo largo del tiempo.

Manejo de plantas

Se utilizaron plántulas de girasol variedad Vincent Choice de 10 días de germinación, se las colocó en planchas de espuma Flex con un distanciamiento de 25 cm entre plantas y 25 cm entre hileras.

Cada 10 días se tomaron los siguientes datos: longitud de la planta, ancho del tallo, longitud de raíz, número de hojas y área foliar; una vez que las plantas lleguen a etapa de floración se midió el diámetro del botón floral.

Figura 3

Trasplante de plántulas a los sistemas de balsa flotante



Nota: La figura muestra las plantas de girasol trasplantadas a los sistemas acuapónicos tipo balsa flotante.

Manejo de peces

Se utilizaron 400 truchas pertenecientes al proyecto acuícola de Pailones, las cuales fueron distribuidas en igual número en dos piscinas de hormigón.

Cada 10 días se tomaron los siguientes datos: peso promedio, biomasa, longitud total, longitud parcial, ancho; de igual manera se calcularon los parámetros productivos de la trucha:

- **Ganancia de peso (g):** $\frac{\text{Peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}}{\text{Tiempo (días)}}$
- **T.C.E (Tasa de crecimiento específico):** $\frac{(\ln P \text{ final} - \ln P \text{ inicial})}{\text{Tiempo (días)}} * 100$
- **F.C.A (Factor de conversión alimenticia):** $\frac{\text{Total alimento consumido (g)}}{\text{Peso ganado (g)}}$
- **E.A (Eficiencia alimenticia):** $\frac{\text{Peso ganado (g)}}{\text{Alimento ingerido (g)}} * 100$
- **I.C.C (Índice de condición corporal):** $\frac{\text{Peso corporal (g)}}{(\text{Longitud total})^3} * 100$

Manejo sanitario de los peces

Una vez al mes se sometió a los peces a un tratamiento en una solución de sal en grano (20 g.l⁻¹), ácidos orgánicos (0.5 g.l⁻¹) y azul de metileno (0.1 ml.l⁻¹) con el fin de prevenir enfermedades. Se colocó la solución en tinajas de 200 litros, con ayuda de una red de pesca se sumergió a las truchas dentro de esta solución durante un tiempo de 10 a 60 segundos, a continuación, se llevó a las truchas a sus respectivas piscinas.

Figura 4*Medición de parámetros morfométricos en truchas*

Nota: La figura muestra la medición de los parámetros morfométricos de truchas con ayuda de un ictiómetro.

Masificación del alga *Chlorella* Biotipo 3 y obtención del fertilizante foliar

Se procedió a preparar una solución madre utilizando el fertilizante NITROFOSKA el cual es un fertilizante inorgánico de aplicación foliar en concentración 10 N, 30 P, 10 K, a una razón de 20 g en 1 litro de agua, en base a esta se obtuvo una solución nutritiva de trabajo con una concentración de 50 ml de solución madre por litro de agua.

Se cultivaron cinco muestras de *Chlorella* Biotipo 3 en tubos de ensayo de 20 ml en donde se colocaron 10 ml de la solución nutritiva de NITROFOSKA antes preparada. Transcurridos 10 días se trasvasó el contenido de los tubos de ensayo a matraces Erlenmeyer de 500 ml previamente esterilizados y se aumentó solución nutritiva a razón de 3 partes de solución por 1 parte de *Chlorella* Biotipo 3, se colocó un sistema de aireación utilizando aireadores y manguera de acuario.

Cuando el cultivo de *Chlorella* Biotipo 3 alcanzó la cantidad de 2×10^6 células. ml^{-1} se lo cambió a recipientes de 6 litros manteniendo aireación e iluminación, se aumentó solución nutritiva cada que el cultivo lo requirió hasta llegar a una concentración de 23×10^6 células. ml^{-1} .

Figura 5

Masificación de *Chlorella* Biotipo 3



Nota: La figura muestra la masificación de *Chlorella* Biotipo 3 desde matraces de 250 ml hasta botellones de 6 litros.

Conteo celular

Para determinar las concentraciones celulares requeridas en cada etapa de la masificación, se realizó un conteo celular en la cámara de Neubauer, y se utilizó la siguiente fórmula:

$$DC_{\text{Inóculo}} = N * 10^4 * FD$$

Dónde:

$DC_{\text{Inóculo}}$ = Densidad celular de inóculo en células. ml^{-1} .

N = Promedio de células en base al número de cuadrantes dentro de la cámara de Neubauer.

10^4 = Factor de conversión de 0.1 μL a mL.

FD = Factor de dilución.

Elaboración del fertilizante foliar

Una vez alcanzada la cantidad de 23×10^6 células. ml^{-1} la misma que fue la concentración al 100%, se procedió a retirar la aireación y la luz. Para la liberación de los nutrientes contenidos dentro de las células de *Chlorella* Biotipo 3 se realizó lisis de su pared celular para lo cual se trabajó con el consorcio bacteriano FreshPlus de Bayer a razón de 0.5 mg/L de *Chlorella* B3. A continuación se conectaron con mangueras de acuario los recipientes con *Chlorella* Biotipo 3 a botellas plásticas con agua para la salida del gas y se cubrió todo con plástico negro con el fin de evitar el ingreso de luz.

Transcurridos 15 días se revisó en el microscopio el proceso de lisis de las paredes celulares y una vez verificada la misma se procedió a preparar concentraciones de *Chlorella* Biotipo 3 al 75%, 50% y 25%.

Finalmente se envasaron y etiquetaron las respectivas concentraciones en frascos herméticos y se los refrigeró a 4° Celsius en el refrigerador del laboratorio de acuicultura.

Figura 6

Elaboración del fertilizante foliar con Chlorella Biotipo 3



Nota: La figura muestra A) Lisis de la pared celular de *Chlorella* Biotipo 3 vista a través del microscopio, B) Proceso de lisis celular de *Chlorella* Biotipo 3 dentro de un biodigestor.

Determinación de macro y microelementos presentes en las plantas de girasol

Absorción atómica

Se recolectaron 200 gramos de peso húmedo por cada tratamiento de las hojas más cercanas al botón floral de las plantas de girasol, a continuación, se procedió a secar las hojas en una estufa separadas por tratamiento. Una vez secas las hojas se procedieron a moler las mismas en el molino de centrifugación, y a continuación se pesó 3 gramos de la muestra molida y se procedió a realizar el análisis de nutrientes por absorción atómica.

Figura 7

Análisis de macro y microelementos por el método de absorción atómica



Nota: Equipo de absorción atómica.

Determinación de Nitrógeno por método Kjeldahl

Se pesó 1.5 gramos de muestra por cada tratamiento y se colocó en un tubo de digestión Kjeldahl, a continuación, se procedió a seguir el protocolo para la determinación de proteínas por el método Kjeldahl del laboratorio de química del IASA I.

Para determinar el porcentaje de nitrógeno se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%N = \frac{14 * N * V * 100}{m * 1000}$$

Donde:

N = Normalidad de la solución.

V = Gasto de titulación de HCl al 0.1 N.

m = Masa de la muestra en gramos.

Figura 8

Análisis por método Kjeldahl



Nota: Equipos del método Kjeldahl

Diseño experimental

El experimento se dispuso en un Diseño Completamente al Azar (DCA) 5x2 con 4 repeticiones, para un total de 40 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo conformada por 4 plantas de girasol.

El modelo matemático que se siguió fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de la ij-ésima unidad experimental.

μ = Media general de la variable.

A_i = Efecto de i-ésimo nivel del factor A sobre la variable de respuesta.

B_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B sobre la variable de respuesta.

AB_{ij} = Efecto de la interacción entre el factor A y B sobre la variable de respuesta.











e_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

Factores

Los factores que se evaluaron en el experimento fueron los siguientes:

- **Dosis a aplicar:** (Heredia, 2020) utilizó cuatro concentraciones de *Chlorella sp.* B1; en la presente investigación se utilizó *Chlorella sp.* Biotipo 3 en 4 concentraciones diferentes que fueron las siguientes: 23×10^6 células.ml⁻¹ (100%), 17.25×10^6 células.ml⁻¹ (75%), 11.5×10^6 células.ml⁻¹ (50%), 5.75×10^6 células.ml⁻¹ (25%), y el testigo 0×10^6 células.ml⁻¹ (0%).
- **Frecuencia de aplicación:** cada 8 días, cada 15 días.

Donde:

 = T1 (ChB3D100%F8)	 = T6 (ChB3D50%F15)
 = T2 (ChB3D100%F15)	 = T7 (ChB3D25%F8)
 = T3 (ChB3D75%F8)	 = T8 (ChB3D25%F15)
 = T4 (ChB3D75%F15)	 = T9 (ChB3D0%F8)
 = T5 (ChB3D50%F8)	 = T0 (ChB3D0%F15)

Análisis estadístico

Las variables evaluadas se las definió por medio de estadística descriptiva: media, desviación estándar y varianza. Las variables morfométricas y productivas de los peces y plantas fueron desarrolladas mediante análisis de varianza, del mismo modo los datos obtenidos durante la presente investigación se analizaron utilizando el software estadístico Infostat.

Para todos los análisis se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey al 5%.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Resultados

Condiciones fisicoquímicas del agua del sistema acuapónico

En la tabla 8, se puede observar la media y la desviación estándar de los parámetros fisicoquímicos medidos durante los 70 días de duración del experimento. La temperatura se mantuvo en un rango promedio de 13 a 14 °C; el pH en 7; la conductividad eléctrica se mantuvo en un rango de 181.23 uS.cm⁻¹ a 223.93 uS.cm⁻¹; el oxígeno disponible mantuvo un rango de 8.84 mg.L⁻¹ a 11.50 mg.L⁻¹; la cantidad de sólidos disueltos en un rango de 198.26 mg.L⁻¹ a 210.11 mg.L⁻¹. No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (p>0.05).

Tabla 8

Media ± desviación estándar, mínimo y máximo de los parámetros fisicoquímicos del agua de los componentes del sistema acuapónico.

Parámetro	Parámetros								
	Biofiltro			Tanque de peces			Tanque de plantas		
	Media ± D.E	Min	Max	Media ± D.E	Min	Max	Media ± D.E	Min	Max
Temperatura (°C)	14,1 ± 1,29	10,4	19,1	13,5 ± 1,34	12,6	18,1	13,4 ± 1,14	13,2	18,3
pH	7,12 ± 0,11	6,4	7,9	6,94 ± 0,31	6,3	7,8	7,05 ± 0,27	6,6	7,5
Conductividad (uS.cm ⁻¹)	181,23 ± 22,91	140,21	217,12	205,12 ± 13,71	184,63	224,65	223,93 ± 86,45	194,27	259,11
Oxígeno(mg.L ⁻¹)	8,84 ± 0,45	8,2	9,46	10,98 ± 0,46	7,44	13,13	11,50 ± 0,51	6,24	14,25
Sólidos(mg.L-1)	198,26 ± 36,43	146,33	215,22	210,11 ± 35,41	188,45	224,31	207,36 ± 14,45	195,2	250,17

Nota: La tabla muestra los resultados parámetros fisicoquímicos de los análisis realizados al agua perteneciente al sistema acuapónico.

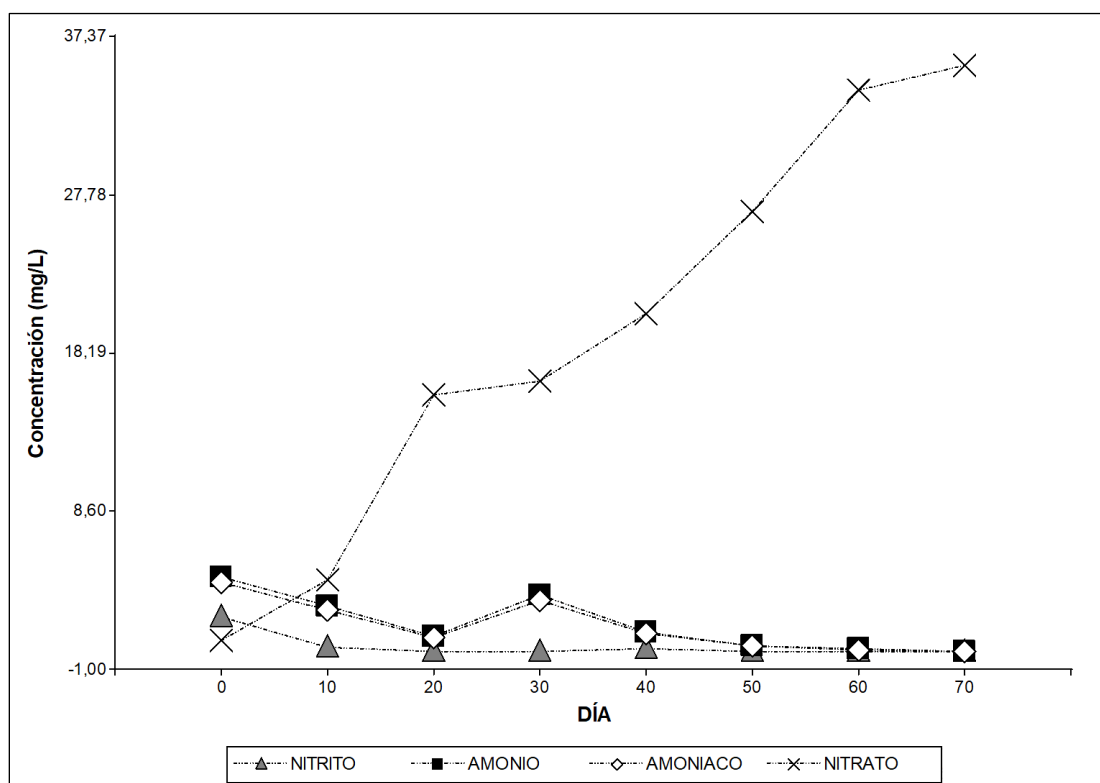
Análisis del proceso de nitrificación

En la figura 10 se muestra el proceso de nitrificación con el uso del consorcio bacteriano FreshPlus, en el cual puede evidenciar el aumento de nitratos y la reducción de nitritos, amonio y amoniaco.

Los nitratos tuvieron un incremento de 0.748 mg.L^{-1} a 35.63 mg.L^{-1} a lo largo del tiempo; los nitritos, amonio y amoniaco tuvieron un decrecimiento de 2.15 mg.L^{-1} a 0.0916 mg.L^{-1} , 4.615 mg.L^{-1} a 0.081 mg.L^{-1} y 4.26 mg.L^{-1} a 0.078 mg.L^{-1} respectivamente.

Figura 10

Concentración de nitritos, nitratos, amonio y amoniaco del sistema acuapónico



Nota: El gráfico muestra el comportamiento de los compuestos nitrogenados a lo largo de 70 días.

Desarrollo de los peces en el sistema acuapónico

Parámetros morfométricos

En la tabla 9 se muestra la media y desviación estándar de las variables morfométricas de las truchas presentes en las piscinas E2 y E3, donde, el peso inicial al día 0 fue de 171,3 g y el peso final al día 30 (cosecha) fue de 249.14 g obteniendo una ganancia de peso de 77.84 g para E2, mientras que para E3 el peso inicial al día 0 fue de 168.41 g y el peso final al día 30 (cosecha) fue de 238.27 g obteniendo una ganancia de peso total de 69.86 g.

La longitud total en E2 fue desde los 24.41 cm en el día 0 a los 29.07 cm en el día 30 obteniendo un crecimiento total de 4.66 cm; mientras que para E3 fue desde los 23.86 cm en el día 0 a los 27.34 cm en el día 30 obteniendo un crecimiento total de 3.48 cm. Para la longitud parcial en E2 fue desde los 22.33 cm en el día 0 a los 28.43 cm en el día 30 obteniendo un crecimiento total de 6.1 cm; mientras que para E3 fue desde los 21.29 cm en el día 0 a los 25.93 cm en el día 30 obteniendo un crecimiento total de 4.64 cm.

Al ancho para E2 tuvo un aumento de 1.67 cm al empezar con 5.59 cm en el día 0 y llegar a 7.26 cm en el día 30, en cuanto a la piscina E3 tuvo un aumento de 1.47 cm al empezar con 5.29 cm en el día 0 y llegar a 6.76 cm en el día 30.

Finalmente, para el índice de condición corporal E2 empezó con un ICC de 1.17 en el día 0 y finalizó con un ICC de 1.02 en el día 30; mientras que para E3 empezó con un ICC de 1.23 en el día 0 y finalizó con un ICC de 1.16 en el día 30.

Tabla 9

Media \pm desviación estándar de la longitud total, longitud parcial, ancho e índice de condición corporal

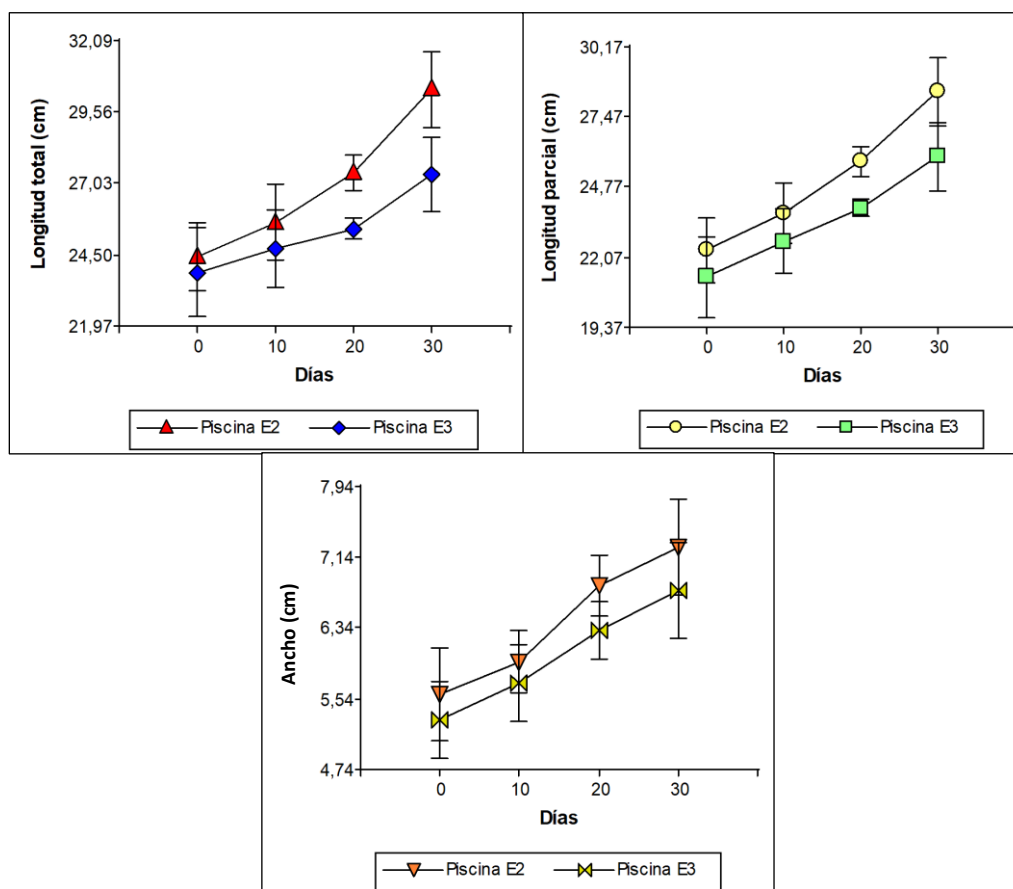
Piscina	Día	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud parcial (cm)	Ancho (cm)	ICC
E2	0	171,3 \pm 0,63	24.41 \pm 1.21	22.33 \pm 1.28	5.59 \pm 0.52	1.17
	10	198.96 \pm 0.54	25.64 \pm 1.35	23.76 \pm 1.18	5.96 \pm 0.35	1.18
	20	227.65 \pm 0.67	27.4 \pm 0.63	25.76 \pm 0.58	6.82 \pm 0.34	1.10
	30	249,14 \pm 0,00	29.07 \pm 1.32	28.43 \pm 1.3	7.26 \pm 0.54	1.02
E3	0	168,41 \pm 0,57	23.86 \pm 1.57	21.29 \pm 1.55	5.29 \pm 0.43	1.23
	10	186.37 \pm 0.26	24.71 \pm 1.37	22.67 \pm 1.25	5.71 \pm 0.43	1.23
	20	214.35 \pm 0.35	25.42 \pm 0.36	23.97 \pm 0.34	6.32 \pm 0.33	1.30
	30	238,27 \pm 0,00	27.34 \pm 1.32	25.93 \pm 1.3	6.76 \pm 0.54	1.16

Nota: La tabla muestra los resultados parámetros morfométricos de la trucha perteneciente al sistema acuapónico.

En la figura 11 se muestran las gráficas de variación de los parámetros morfométricos de trucha (longitud total, longitud parcial y ancho) desde el pesaje inicial hasta la cosecha.

Figura 11

Longitud total, longitud parcial y ancho de truchas



Parámetros productivos

En la tabla 10 se presentan los valores más relevantes en el desarrollo productivo de los peces durante la duración total del experimento, en esta tabla podemos apreciar que la piscina E2 mostró una mayor ganancia de peso diaria con 2.59 g/día frente a los 2.32 g/ día de la E3.

La tasa de crecimiento específico para E2 fue de 1.24 %/día mientras que para E3 fue de 1.16 %/día; en cuanto al factor de conversión alimenticia tanto para las dos piscinas tuvieron 1.30; la eficiencia alimenticia nos indica el peso ganado (g) por cada gramo de alimento consumido expresado

en porcentaje que para E2 fue de 79.77% y para E3 fue de 75.06%. Los valores ligeramente superiores en la piscina E2 se deben principalmente a que se trabajó con un peso inicial mayor al de la piscina E3.

Tabla 10

Media \pm desviación estándar de los parámetros productivos de la trucha

Piscina	GP (g/día)	TCE (%/día)	FCA (g)	EA (%)
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
E2	2,59 \pm 0,02	1,24 \pm 0,05	1,30 \pm 0,04	79,77 \pm 0,01
E3	2,32 \pm 0,01	1,16 \pm 0,04	1,30 \pm 0,07	75,06 \pm 0,04

Nota: PIP: peso inicial promedio; PFP: peso final promedio; GP: ganancia de peso; TCE: tasa de crecimiento específico; FCA: factor de conversión alimenticia; EA: eficiencia alimenticia.

Tanto en la tabla 11 como en la figura 11 se puede observar la media del incremento de la biomasa en las piscinas E2 y E3 desde el día 0 con una biomasa de (36,26 \pm 0,5) kg y (32,48 \pm 0,74) kg, hasta el día 30 con E2 (49,83 \pm 0,32) kg y E3 (47,65 \pm 0,26) kg.

Tabla 11

Media \pm desviación estándar de la biomasa en las piscinas E2 y E3

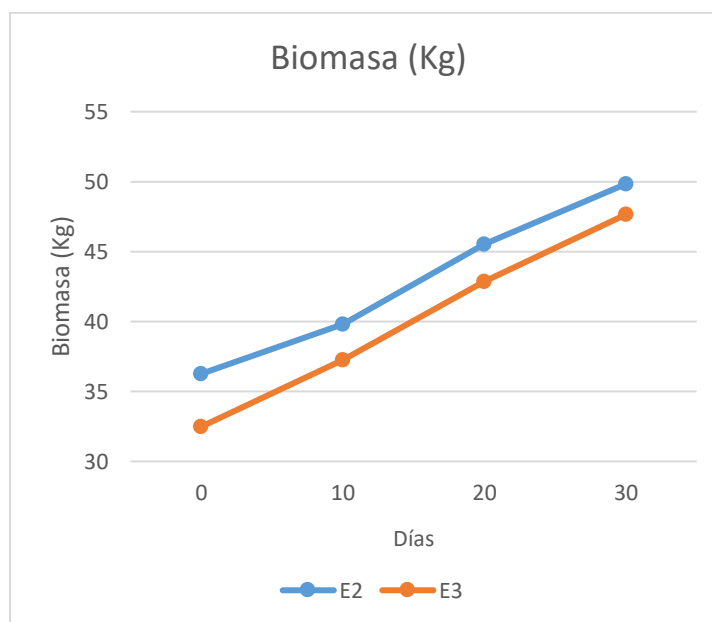
Días	BIOMASA (Kg)	
	E2	E3
	Media \pm D.E	Media \pm D.E
0	36,26 \pm 0,5	32,48 \pm 0,74
10	39,79 \pm 0,14	37,27 \pm 0,33
20	45,53 \pm 0,47	42,87 \pm 0,81
30	49,83 \pm 0,32	47,65 \pm 0,26

Nota: Valores de la biomasa a lo largo de 30 días.

En la figura 12 podemos observar el incremento de la biomasa a través del tiempo en las piscinas de peces E2 y E3.

Figura 12

Aumento de la biomasa en las piscinas E2 y E3



Nota: Aumento de la biomasa a lo largo de 30 días.

Parámetros productivos del cultivo de girasol

Longitud del tallo

En la tabla 12 se realizó un ANOVA en donde se indica el crecimiento del tallo en centímetros en los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo hasta la cosecha de los girasoles (día 70) sembrados en un sistema acuapónico tipo balsa flotante, en donde se puede observar que a lo largo del tiempo el tratamiento T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días y el tratamiento T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron una mayor longitud del tallo con respecto al resto de tratamientos con una longitud total final media de $(122,5 \pm 1,6)$ cm para T1 y $(115 \pm 1,69)$ cm para T3. Los tratamientos T9 y T10 (testigos) presentaron las menores longitudes de tallo con $(94,35 \pm 0,79)$ cm y $(89,97 \pm 1,14)$ cm respectivamente.

En la figura 13 se observa el desarrollo de la longitud del tallo de girasol en centímetros en los diferentes tratamientos a lo largo de 70 días.

Figura 13

Evolución de la variable longitud del tallo de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días

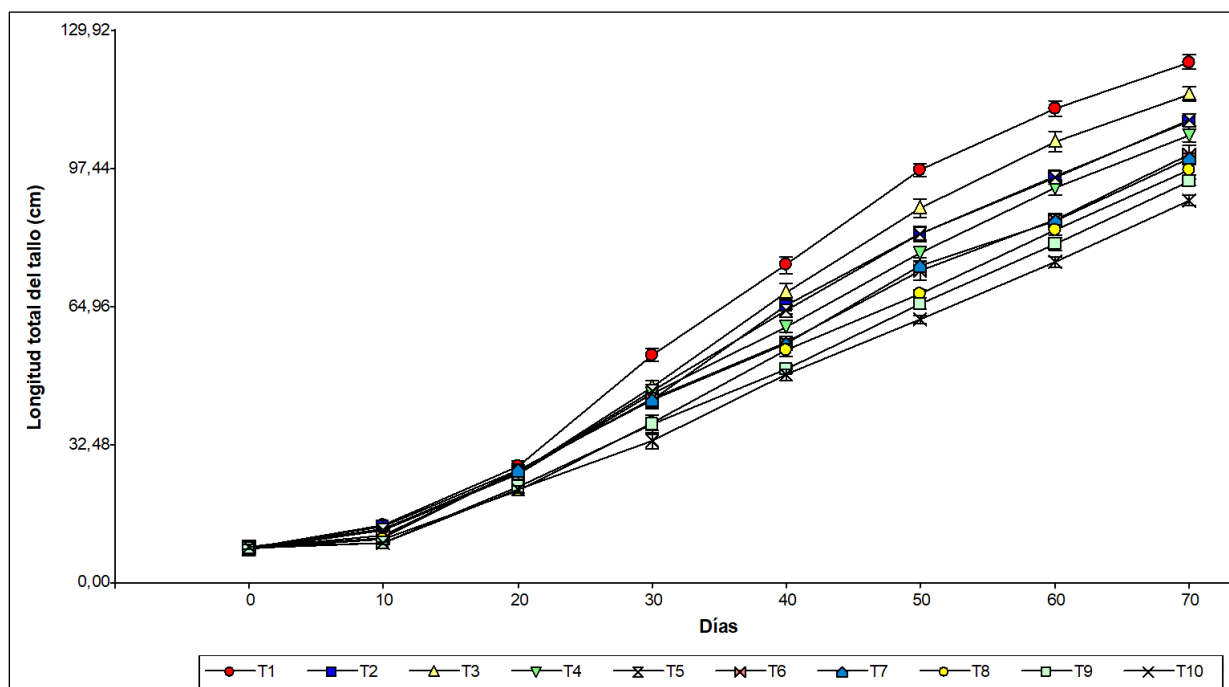


Tabla 12

Media \pm desviación estándar de la longitud del tallo de girasol en centímetros

Tratamiento	Día						
	10	20	30	40	50	60	70
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
T1: Chl100, 8d	13,47 \pm 0,31 ^a	27,50 \pm 1,13 ^a	53,61 \pm 1,48 ^a	74,75 \pm 1,91 ^a	97,00 \pm 1,51 ^a	111,5 \pm 1,85 ^a	122,5 \pm 1,6 ^a
T2: Chl100, 15d	13,19 \pm 0,59 ^a	26,41 \pm 1,29 ^a	42,88 \pm 1,96 ^c	65,36 \pm 0,97 ^c	82,10 \pm 1,60 ^c	95,53 \pm 1,27 ^c	108,6 \pm 1,92 ^c
T3: Chl75, 8d	12,75 \pm 0,38 ^{ab}	25,88 \pm 1,46 ^a	46,01 \pm 1,40 ^b	68,38 \pm 2,00 ^b	88,13 \pm 2,23 ^b	103,75 \pm 2,49 ^b	115 \pm 1,69 ^b
T4: Chl75, 15d	12,31 \pm 0,53 ^b	25,49 \pm 1,35 ^a	44,41 \pm 0,68 ^{bc}	60,25 \pm 1,36 ^d	77,71 \pm 1,28 ^d	92,89 \pm 1,71 ^d	105,24 \pm 1,39 ^d
T5: Chl50, 8d	12,19 \pm 0,59 ^b	26,00 \pm 1,32 ^a	45,11 \pm 1,53 ^{bc}	64,20 \pm 1,16 ^c	82,06 \pm 1,77 ^c	95,3 \pm 1,4 ^{cd}	108,95 \pm 1,56 ^c
T6: Chl50, 15d	11,13 \pm 0,35 ^c	26,06 \pm 1,57 ^a	43,33 \pm 1,54 ^c	56,61 \pm 1,54 ^e	73,35 \pm 2,17 ^e	85,45 \pm 1,49 ^e	100,81 \pm 2,1 ^e
T7: Chl25, 8d	10,56 \pm 0,50 ^{cd}	26,32 \pm 1,07 ^a	43,06 \pm 1,84 ^c	56,19 \pm 1,22 ^e	74,61 \pm 1,24 ^e	85,19 \pm 1,39 ^e	99,88 \pm 1,22 ^e
T8: Chl25, 15d	10,25 \pm 0,60 ^d	21,75 \pm 1,39 ^b	37,58 \pm 1,79 ^d	54,75 \pm 1,60 ^e	67,99 \pm 0,88 ^f	83,06 \pm 1,12 ^e	97,28 \pm 1,29 ^f
T9: Chl0, 8d	9,38 \pm 0,44 ^e	22,44 \pm 1,29 ^b	37,39 \pm 2,15 ^d	50,29 \pm 1,07 ^f	65,63 \pm 1,30 ^f	79,75 \pm 1,41 ^f	94,35 \pm 0,79 ^g
T10: Chl0, 15d	9,31 \pm 0,37 ^e	21,90 \pm 0,98 ^b	33,35 \pm 1,63 ^e	48,92 \pm 1,33 ^f	61,94 \pm 0,99 ^g	75,47 \pm 1,26 ^g	89,97 \pm 1,14 ^h
	(f9,70=82,86; p \leq 0,05)	(f9,70=21,11; p \leq 0,05)	(f9,70=92,57; p \leq 0,05)	(f9,70=254,69; p \leq 0,05)	(f9,70=378,15; p \leq 0,05)	(f9,70=395,97; p \leq 0,05)	(f9,70=337,06; p \leq 0,05)

Nota: Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey p \leq 0.05).

Ancho del tallo

En la tabla 13 se realizó un ANOVA donde se describe el crecimiento del ancho tallo en centímetros en los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo hasta la cosecha de los girasoles (día 70), aquí se puede observar que a lo largo del tiempo el tratamiento T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días y el tratamiento T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron un mayor ancho del tallo, con una media del ancho total de $(1,74 \pm 0,11)$ cm para T1 y $(1,67 \pm 0,03)$ cm para T3 con respecto al resto de tratamientos. Los tratamientos T9 y T10 (testigos) presentaron el menor ancho de tallo con $(1,01 \pm 0,04)$ cm y $(0,96 \pm 0,03)$ cm respectivamente.

En la figura 14 se observa el desarrollo del ancho del tallo de girasol en centímetros en los diferentes tratamientos a lo largo de 70 días.

Figura 14

Evolución de la variable ancho del tallo de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días

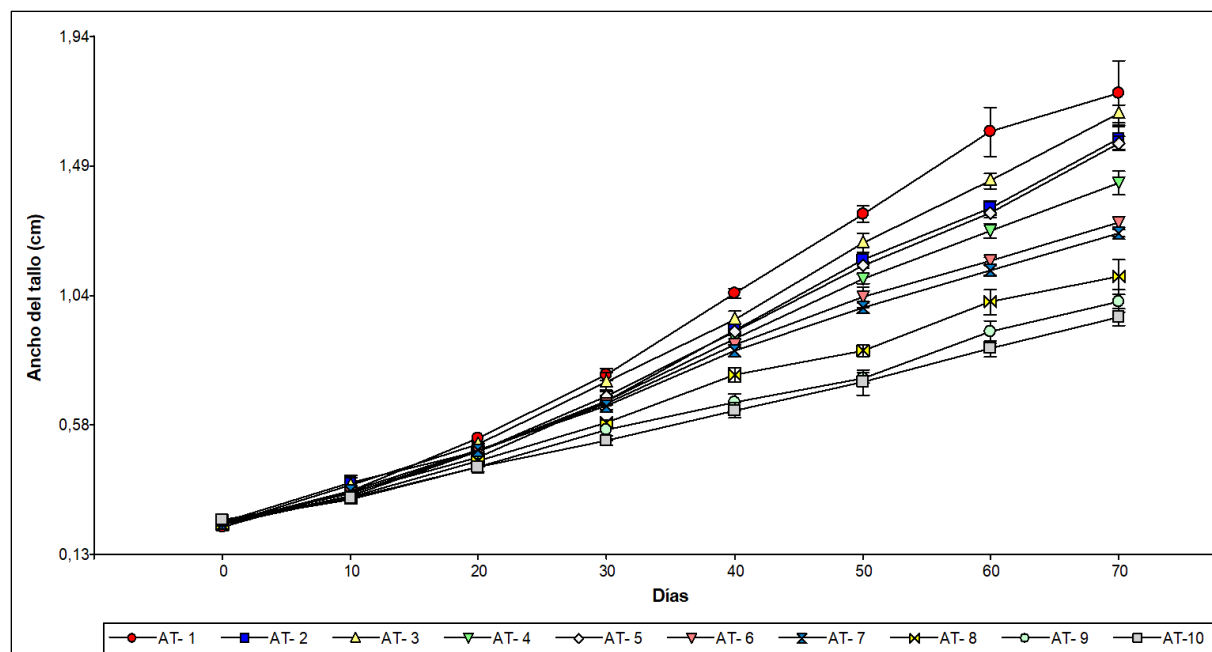


Tabla 13

Media \pm desviación estándar del ancho del tallo de girasol en centímetros

Tratamiento	Día						
	10	20	30	40	50	60	70
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
T1: Chl100, 8d	0,35 \pm 0,03 ^{abc}	0,54 \pm 0,01 ^a	0,76 \pm 0,02 ^a	1,04 \pm 0,02 ^a	1,32 \pm 0,03 ^a	1,61 \pm 0,09 ^a	1,74 \pm 0,11 ^a
T2: Chl100, 15d	0,38 \pm 0,02 ^a	0,49 \pm 0,01 ^{cd}	0,67 \pm 0,01 ^{bc}	0,91 \pm 0,01 ^c	1,16 \pm 0,01 ^c	1,34 \pm 0,03 ^c	1,58 \pm 0,04 ^b
T3: Chl75, 8d	0,37 \pm 0,03 ^{ab}	0,51 \pm 0,01 ^b	0,73 \pm 0,03 ^a	0,95 \pm 0,03 ^b	1,22 \pm 0,03 ^b	1,44 \pm 0,03 ^b	1,67 \pm 0,03 ^a
T4: Chl75, 15d	0,35 \pm 0,02 ^{bc}	0,47 \pm 0,02 ^{de}	0,67 \pm 0,01 ^{bc}	0,88 \pm 0,01 ^{cd}	1,09 \pm 0,02 ^d	1,26 \pm 0,02 ^d	1,43 \pm 0,04 ^c
T5: Chl50, 8d	0,33 \pm 0,02 ^c	0,49 \pm 0,01 ^{cd}	0,69 \pm 0,01 ^b	0,91 \pm 0,01 ^c	1,14 \pm 0,01 ^c	1,32 \pm 0,02 ^{cd}	1,57 \pm 0,02 ^b
T6: Chl50, 15d	0,34 \pm 0,02 ^{bc}	0,49 \pm 0,01 ^{cd}	0,66 \pm 0,02 ^{bc}	0,86 \pm 0,01 ^{de}	1,03 \pm 0,04 ^e	1,16 \pm 0,01 ^e	1,29 \pm 0,02 ^d
T7: Chl25, 8d	0,35 \pm 0,02 ^{abc}	0,49 \pm 0,01 ^{bc}	0,65 \pm 0,01 ^c	0,84 \pm 0,02 ^e	0,99 \pm 0,02 ^e	1,12 \pm 0,02 ^e	1,25 \pm 0,01 ^d
T8: Chl25, 15d	0,33 \pm 0,02 ^c	0,46 \pm 0,01 ^{ef}	0,59 \pm 0,01 ^d	0,76 \pm 0,03 ^f	0,84 \pm 0,02 ^f	1,01 \pm 0,04 ^f	1,1 \pm 0,06 ^e
T9: Chl0, 8d	0,32 \pm 0,02 ^c	0,44 \pm 0,02 ^{fg}	0,56 \pm 0,03 ^d	0,66 \pm 0,03 ^g	0,75 \pm 0,02 ^g	0,91 \pm 0,04 ^g	1,01 \pm 0,04 ^f
T10: Chl0, 15d	0,33 \pm 0,02 ^c	0,43 \pm 0,02 ^g	0,53 \pm 0,02 ^e	0,63 \pm 0,03 ^g	0,73 \pm 0,04 ^g	0,85 \pm 0,03 ^g	0,96 \pm 0,03 ^f
	(f9,70=7,01; p \leq 0,05)	(f9,70=47,07; p \leq 0,05)	(f9,70=106,19; p \leq 0,05)	(f9,70=296,31; p \leq 0,05)	(f9,70=477,97; p \leq 0,05)	(f9,70=316,39; p \leq 0,05)	(f9,70=254,42; p \leq 0,05)

Nota: Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey p \leq 0.05).

Longitud de la raíz

En la tabla 14 se realizó un ANOVA donde se detalla el crecimiento de la raíz en centímetros en los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo hasta la cosecha de los girasoles, donde podemos destacar que las mayores longitudes radiculares alcanzadas las presentaron los tratamiento T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días con una media de $(41,27 \pm 2,2)$ cm, seguido del tratamiento T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días con una media de $(36,14 \pm 1,56)$ cm con respecto al resto de tratamientos. Los tratamientos T9 y T10 (testigos) presentaron la menor longitud de raíz con $(15,13 \pm 0,66)$ cm y $(14,97 \pm 0,85)$ cm respectivamente.

En la figura 15 se observa el desarrollo de la longitud de la raíz de girasol en centímetros en los diferentes tratamientos a lo largo de 70 días.

Figura 15

Evolución de la variable longitud de la raíz de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días

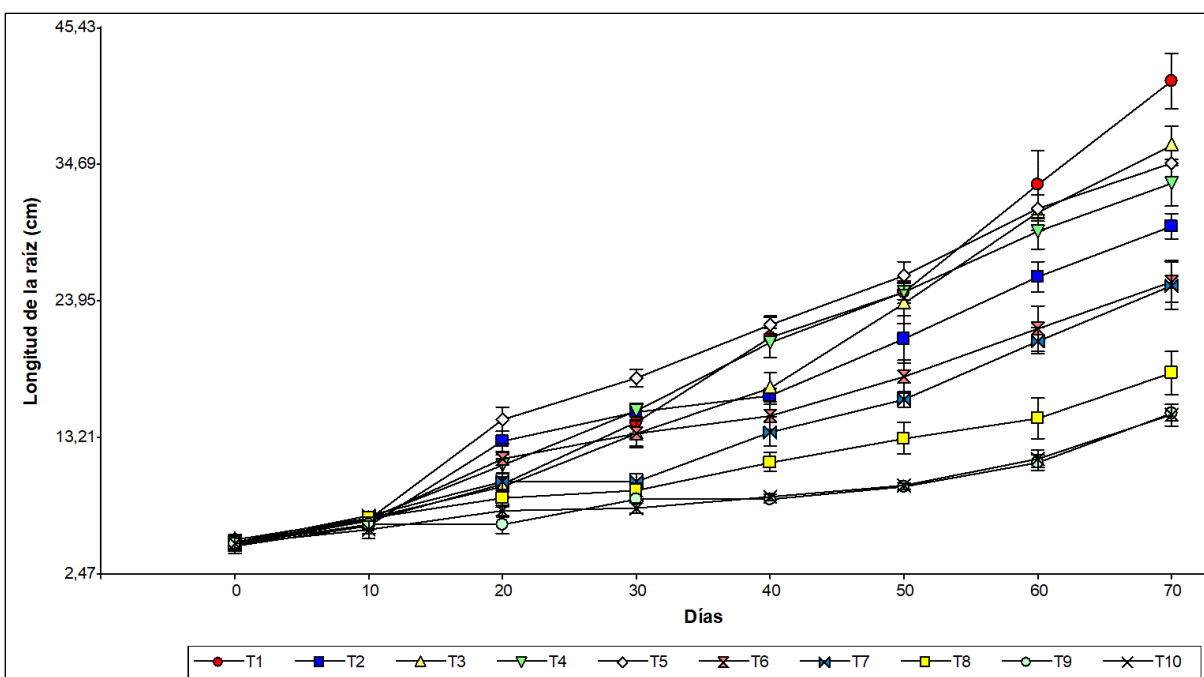


Tabla 14

Media \pm desviación estándar de la longitud de la raíz de girasol en centímetros

Tratamiento	Día						
	10	20	30	40	50	60	70
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
T1: Chl100, 8d	6,69 \pm 0,37 ^{ab}	9,56 \pm 0,56 ^{de}	14,44 \pm 0,9 ^{bc}	21,06 \pm 1,57 ^a	24,63 \pm 0,88 ^{ab}	33,06 \pm 2,68 ^a	41,27 \pm 2,2 ^a
T2: Chl100, 15d	6,25 \pm 0,60 ^{ab}	12,88 \pm 0,79 ^b	15,19 \pm 0,7 ^b	16,49 \pm 0,65 ^b	20,94 \pm 1,83 ^c	25,82 \pm 1,18 ^c	29,79 \pm 0,99 ^d
T3: Chl75, 8d	6,81 \pm 0,26 ^a	9,31 \pm 0,75 ^{de}	13,47 \pm 1,01 ^c	17,07 \pm 1,24 ^b	23,80 \pm 1,68 ^b	30,88 \pm 1,38 ^{ab}	36,14 \pm 1,56 ^b
T4: Chl75, 15d	6,81 \pm 0,26 ^a	11,06 \pm 0,73 ^c	15,31 \pm 0,53 ^b	20,63 \pm 1,16 ^a	24,69 \pm 0,65 ^{ab}	29,38 \pm 1,3 ^b	33,21 \pm 1,84 ^c
T5: Chl50, 8d	6,75 \pm 0,53 ^a	14,63 \pm 0,95 ^a	17,88 \pm 0,69 ^a	22,06 \pm 0,73 ^a	25,94 \pm 1,08 ^a	31,25 \pm 1,07 ^{ab}	34,75 \pm 1,04 ^{bc}
T6: Chl50, 15d	6,75 \pm 0,53 ^a	11,56 \pm 1,12 ^c	13,50 \pm 1,1 ^c	14,88 \pm 1,09 ^c	18,00 \pm 1,31 ^d	21,75 \pm 1,79 ^d	25,45 \pm 1,63 ^e
T7: Chl25, 8d	7,00 \pm 0,27 ^a	9,74 \pm 0,60 ^d	9,74 \pm 0,6 ^d	13,63 \pm 1,16 ^c	16,19 \pm 0,59 ^e	20,81 \pm 1,07 ^d	25,17 \pm 1,96 ^e
T8: Chl25, 15d	6,81 \pm 0,46 ^a	8,43 \pm 0,64 ^{ef}	9,07 \pm 0,53 ^{de}	11,24 \pm 0,74 ^d	13,14 \pm 1,23 ^f	14,74 \pm 1,59 ^e	18,3 \pm 1,68 ^f
T9: Chl0, 8d	6,31 \pm 0,65 ^{ab}	6,31 \pm 0,65 ^g	8,38 \pm 0,18 ^{ef}	8,38 \pm 0,18 ^e	9,36 \pm 0,23 ^g	11,22 \pm 0,61 ^f	15,13 \pm 0,66 ^g
T10: Chl0, 15d	5,94 \pm 0,68 ^b	7,44 \pm 0,42 ^{fg}	7,66 \pm 0,42 ^f	8,49 \pm 0,27 ^e	9,39 \pm 0,25 ^g	11,55 \pm 0,71 ^f	14,97 \pm 0,85 ^g
	(f9,70=3,72; p \leq 0,05)	(f9,70=90,32; p \leq 0,05)	(f9,70=188,55; p \leq 0,05)	(f9,70=211,59; p \leq 0,05)	(f9,70=265,75; p \leq 0,05)	(f9,70=263,71; p \leq 0,05)	(f9,70=290,62; p \leq 0,05)

Nota: Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey p \leq 0.05).

Número de hojas

En la tabla 15 se realizó un ANOVA donde se detalla el número total de hojas en los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo hasta la cosecha de los girasoles, donde podemos destacar que los tratamientos T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días y T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días presentaron el mayor número de hojas con una media de $(16,63 \pm 3,62)$ y $(15,75 \pm 3,24)$ hojas respectivamente. Los tratamientos T8: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 25% cada 15 días y T19 (testigo) presentaron el menor número de hojas con $(11,25 \pm 2,31)$ y $(10,00 \pm 0,00)$ hojas respectivamente.

En la figura 16 se observa el desarrollo del número de hojas de girasol en centímetros en los diferentes tratamientos a lo largo de 70 días.

Figura 16

Evolución de la variable número de hojas de girasol (cm) en los diferentes tratamientos durante 70 días

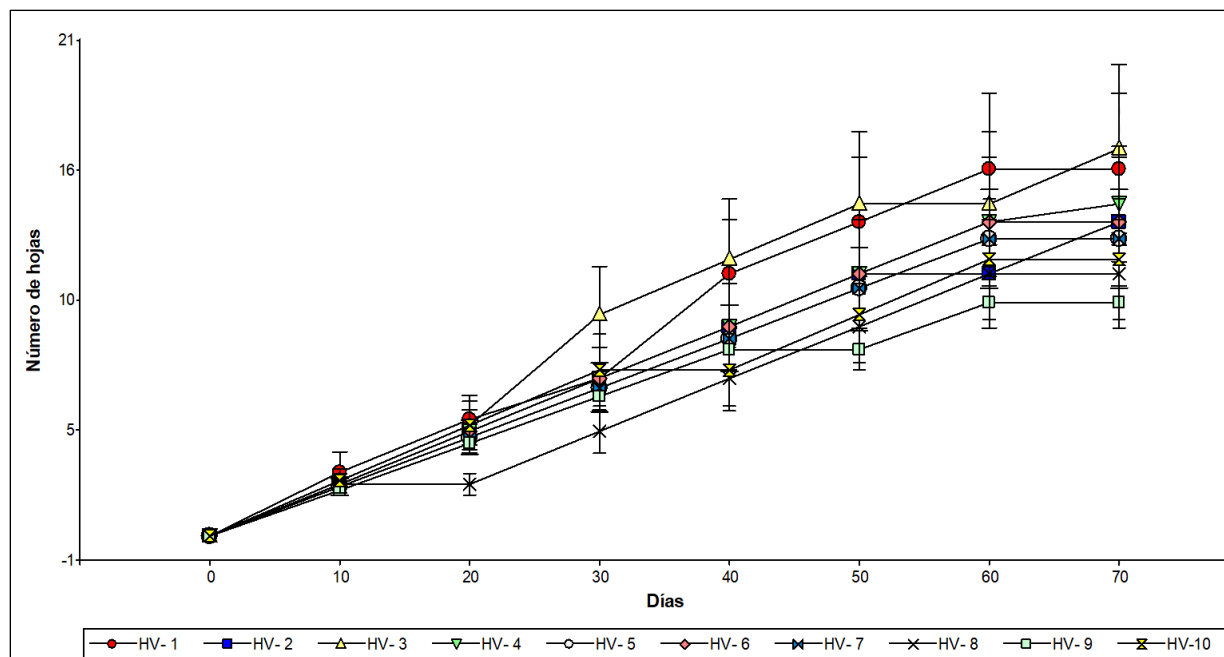


Tabla 15

Media \pm desviación estándar del número de hojas

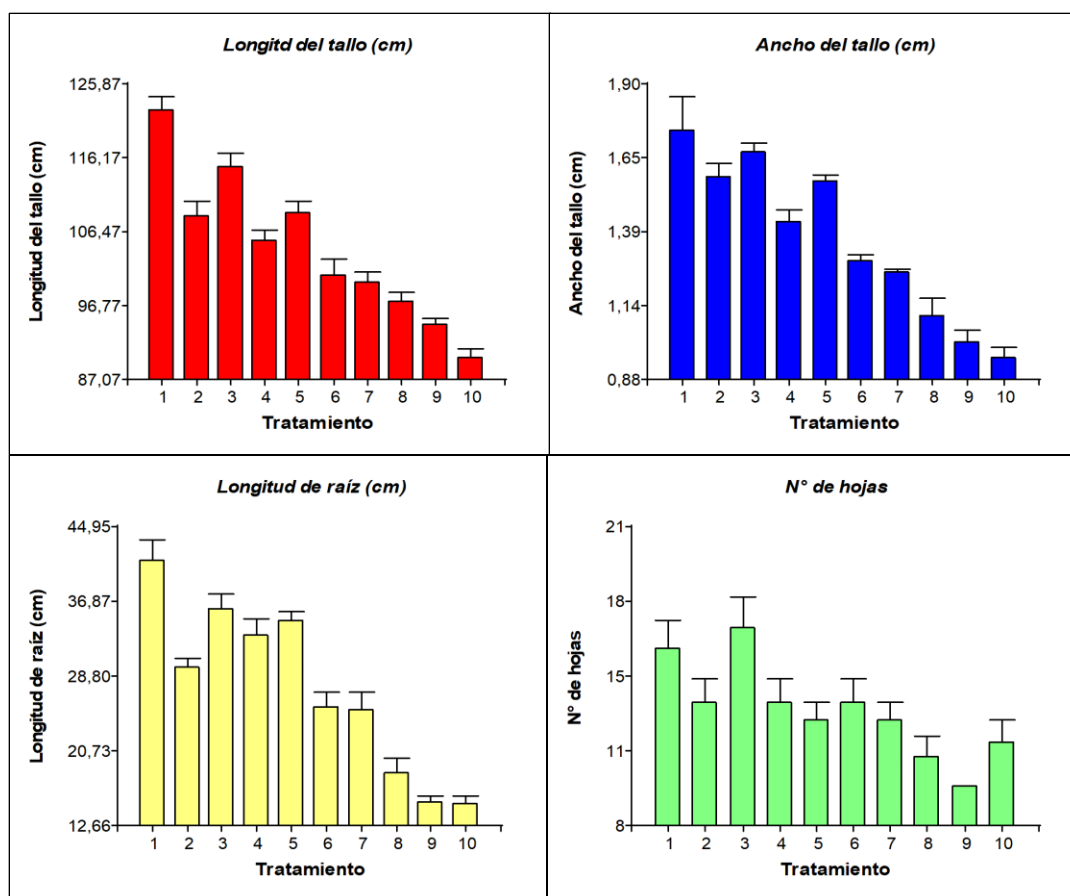
Tratamiento	Día					
	20	30	40	50	60	70
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
T1: Chl100, 8d	5,00 \pm 1,07 ^b	6,75 \pm 1,39 ^b	11,25 \pm 2,31 ^{ab}	13,50 \pm 2,78 ^{ab}	15,75 \pm 3,24 ^{ab}	15,75 \pm 3,24 ^{ab}
T2: Chl100, 15d	4,50 \pm 0,93 ^b	6,75 \pm 1,39 ^b	9,00 \pm 1,85 ^{bc}	11,25 \pm 2,31 ^{abc}	11,25 \pm 2,31 ^c	13,5 \pm 2,78 ^{abc}
T3: Chl75, 8d	4,75 \pm 1,04 ^b	9,50 \pm 2,07 ^a	11,88 \pm 2,59 ^a	14,25 \pm 3,11 ^a	16,63 \pm 3,62 ^a	16,63 \pm 3,62 ^a
T4: Chl75, 15d	6,75 \pm 1,39 ^a	6,75 \pm 1,39 ^b	9,00 \pm 1,85 ^{bc}	11,25 \pm 2,31 ^{abc}	13,5 \pm 2,78 ^{abc}	13,5 \pm 2,78 ^{abc}
T5: Chl50, 8d	4,25 \pm 0,71 ^b	6,38 \pm 1,06 ^{bc}	8,50 \pm 1,41 ^{bc}	10,63 \pm 1,77 ^{bc}	12,75 \pm 2,12 ^{abc}	12,75 \pm 2,12 ^{abc}
T6: Chl50, 15d	4,50 \pm 0,93 ^b	6,75 \pm 1,39 ^b	9,00 \pm 1,85 ^{bc}	11,25 \pm 2,31 ^{abc}	13,5 \pm 2,78 ^{abc}	13,5 \pm 2,78 ^{abc}
T7: Chl25, 8d	4,25 \pm 0,71 ^b	6,38 \pm 1,06 ^{bc}	8,50 \pm 1,41 ^{bc}	10,63 \pm 1,77 ^{bc}	12,75 \pm 2,12 ^{abc}	12,75 \pm 2,12 ^{abc}
T8: Chl25, 15d	2,25 \pm 0,46 ^c	4,50 \pm 0,93 ^c	6,75 \pm 1,39 ^c	9,00 \pm 1,85 ^c	11,25 \pm 2,31 ^c	11,25 \pm 2,31 ^c
T9: Chl0, 8d	4,00 \pm 0,00 ^b	6,00 \pm 0,00 ^{bc}	8,00 \pm 0,00 ^c	8,00 \pm 0,00 ^c	10,00 \pm 0,00 ^c	10,00 \pm 0,00 ^c
T10: Chl0, 15d	4,75 \pm 1,04 ^b	7,13 \pm 1,55 ^b	7,13 \pm 1,55 ^c	9,50 \pm 2,07 ^c	11,88 \pm 2,59 ^{bc}	11,88 \pm 2,59 ^{bc}
	(f9,70=11,87; p \leq 0,05)	(f9,70=6,89; p \leq 0,05)	(f9,70=6,75; p \leq 0,05)	(f9,70=6,09; p \leq 0,05)	(f9,70=5,11; p \leq 0,05)	(f9,70=4,55; p \leq 0,05)

Nota: Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey p \leq 0.05).

En la figura 17 se observa que los tratamientos T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días y T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días fueron los que obtuvieron mejores resultados en cuanto a la longitud del tallo, ancho del tallo, longitud de raíz y número de hojas hasta la cosecha del girasol (día 70) en comparación con el resto de tratamientos.

Figura 17

Longitud del tallo, ancho del tallo, longitud de la raíz y número de hojas al día 70.



Área foliar

En la tabla 16 se realizó un ANOVA donde se muestran los valores del área foliar de la hoja más cercana al botón floral para el día 70 en los distintos tratamientos donde se puede evidenciar que el tratamiento T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días presentó la mayor área foliar con una media de $(105 \pm 3,64)$ cm² seguido del tratamiento T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al

75% cada 8 días con una media de $(95,5 \pm 2,37)$ cm² con respecto al resto de tratamientos. Los tratamientos T9 y T10 (testigos) presentaron la menor área foliar con $(51,98 \pm 1,99)$ cm² y $(48,41 \pm 2,8)$ cm² respectivamente.

Tabla 16

Media \pm desviación estándar del área foliar de las hojas de girasol

Tratamiento	Media \pm D.E
T1: Chl100, 8d	105 \pm 3,64 ^a
T2: Chl100, 15d	87,17 \pm 1,86 ^c
T3: Chl75, 8d	95,5 \pm 2,37 ^b
T4: Chl75, 15d	76,01 \pm 2,1 ^d
T5: Chl50, 8d	88,28 \pm 1,82 ^c
T6: Chl50, 15d	72,78 \pm 1,74 ^d
T7: Chl25, 8d	73,61 \pm 1,66 ^d
T8: Chl25, 15d	59,21 \pm 1,02 ^e
T9: Chl0, 8d	51,98 \pm 1,99 ^f
T10: Chl0, 15d	48,41 \pm 2,8 ^f

(f9,70=571,71; p \leq 0,05)

Nota: Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey p \leq 0.05).

Diámetro del botón floral

En la tabla 17 se realizó un ANOVA donde se muestran los valores del diámetro del botón floral para el día 70 en los distintos tratamientos donde se puede evidenciar que tanto el tratamiento T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días como el tratamiento 3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron un mayor diámetro del botón floral con una media de

(5,56 ± 0,07) cm y (5,3 ± 0,22) cm respectivamente con respecto al resto de tratamientos. Los tratamientos T9 y T10 (testigos) presentaron el menor diámetro de botón floral con (3,46 ± 0,16) cm y (3,45 ± 0,16) cm respectivamente.

Tabla 17

Media ± desviación estándar del diámetro del botón floral del girasol

Tratamiento	Media ± D.E
T1: Chl100, 8d	5,56 ± 0,07 ^a
T2: Chl100, 15d	5,14 ± 0,18 ^{bc}
T3: Chl75, 8d	5,3 ± 0,22 ^{ab}
T4: Chl75, 15d	4,94 ± 0,05 ^c
T5: Chl50, 8d	5,12 ± 0,12 ^{bc}
T6: Chl50, 15d	4,5 ± 0,29 ^d
T7: Chl25, 8d	4,51 ± 0,26 ^d
T8: Chl25, 15d	3,61 ± 0,26 ^e
T9: Chl0, 8d	3,46 ± 0,16 ^e
T10: Chl0, 15d	3,45 ± 0,16 ^e

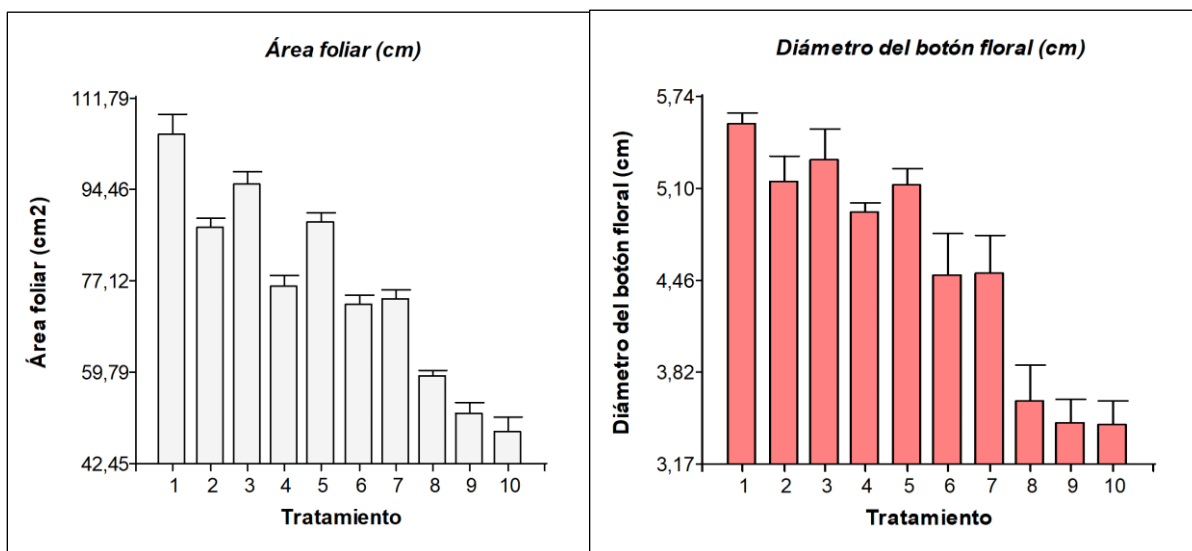
(f9,70=135,08; p≤0,05)

Nota: Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$).

En la figura 18 se observa que los tratamientos T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días y T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días fueron los que obtuvieron mejores resultados con respecto al área foliar y diámetro del botón floral en el día 70 en comparación con el resto de tratamientos.

Figura 18

Área foliar y diámetro del botón floral al día 70

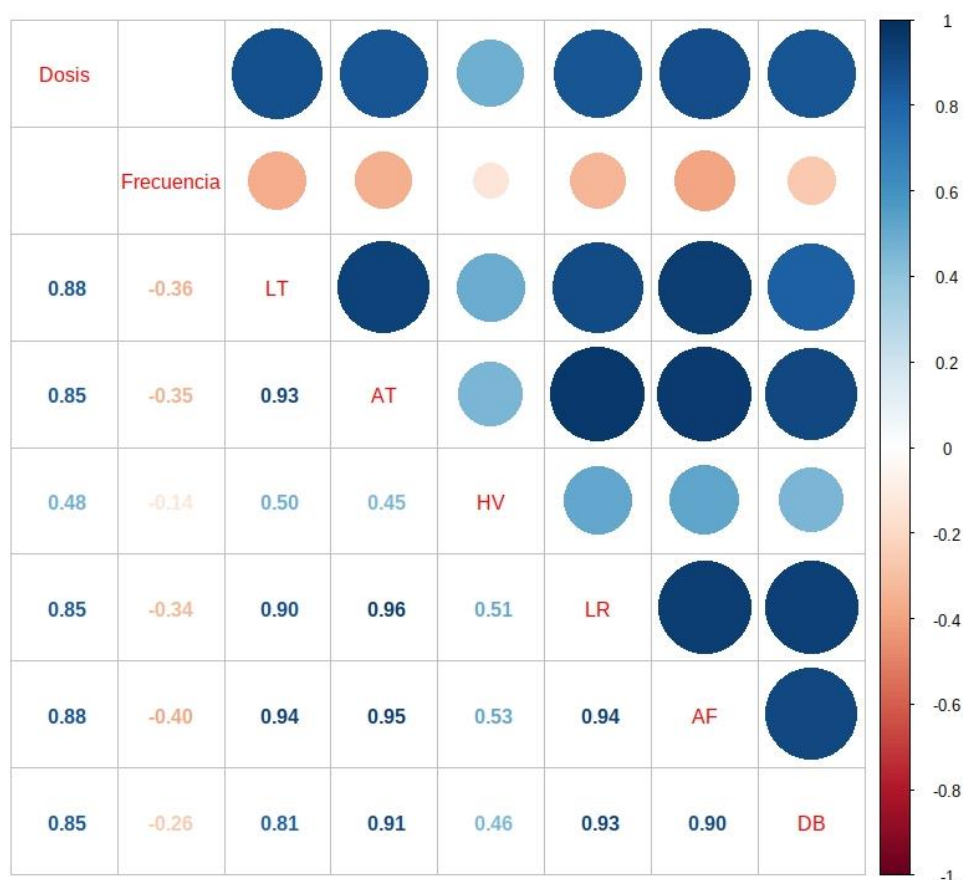


Análisis de Correlación

En la figura 19 podemos observar que existe una alta correlación entre las siguientes variables: longitud del tallo y ancho del tallo con 0.93; ancho del tallo y longitud de la raíz con 0.96; longitud del tallo y el área foliar con 0.94; ancho del tallo y el área foliar con 0.95; longitud de la raíz y el área foliar con 0.94; ancho del tallo y el diámetro del botón con 0.91; longitud de raíz y diámetro del botón con 0.93; área foliar y diámetro del botón con 0.90. También podemos observar que no existe correlación entre la frecuencia de aplicación y las variables morfológicas evaluadas.

Figura 19

Correlación existente entre las variables medidas en las plantas de girasol



Nota: Valores más cercanos a 1 en color azul indican una alta correlación, valores cercanos o inferiores a 0 en color celeste o rojo indican una baja o nula correlación.

Análisis químico

Macronutrientes

En la tabla 18 se muestra el análisis de macronutrientes realizado a los diferentes tratamientos del experimento en donde se puede observar que el tratamiento T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días presentó los mayores valores de absorción de nutrientes con una media de (55 ± 0.04) g/ kg para el Nitrógeno, (5.17 ± 0.02) g/kg para el Fósforo, (8.87 ± 0.07) g/kg para el Potasio,

(6.87 ± 0.04) g/kg para el Calcio y (2.88 ± 0.01) g/kg para el Magnesio; seguido del tratamiento T3:

Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días con una media de (54.49 ± 0.05) g/ kg para el Nitrógeno, (5.03 ± 0.01) g/kg para el Fósforo, (8.19 ± 0.06) g/kg para el Potasio, (6.57 ± 0.03) g/kg para el Calcio y (2.74 ± 0.02) g/kg para el Magnesio.

Tabla 18

Media \pm desviación estándar de macroelementos absorbidos por el girasol

Tratamiento	Macroelemento (g/kg)														
	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio						
	Media	\pm D.E	Media	\pm D.E	Media	\pm D.E	Media	\pm D.E	Media	\pm D.E					
T1	55	$\pm 0,04$	^a	5,17	$\pm 0,02$	^a	8,87	$\pm 0,07$	^a	6,87	$\pm 0,04$	^a	2,88	$\pm 0,01$	^a
T2	54,2	$\pm 0,05$	^c	5	$\pm 0,01$	^{bc}	7,84	$\pm 0,02$	^{bc}	6,37	$\pm 0,04$	^c	2,68	$\pm 0,01$	^c
T3	54,49	$\pm 0,04$	^b	5,03	$\pm 0,02$	^b	8,19	$\pm 0,06$	^b	6,57	$\pm 0,03$	^b	2,74	$\pm 0,02$	^b
T4	51,16	$\pm 0,07$	^d	4,95	$\pm 0,01$	^{de}	7,76	$\pm 0,01$	^c	6,19	$\pm 0,03$	^e	2,65	$\pm 0,01$	^{cd}
T5	54,01	$\pm 0,04$	^c	4,98	$\pm 0,01$	^{cd}	7,8	$\pm 0,01$	^{bc}	6,26	$\pm 0,02$	^d	2,64	$\pm 0,01$	^d
T6	50,59	$\pm 0,12$	^f	4,95	$\pm 0,01$	^{de}	7,72	$\pm 0,01$	^c	6,03	$\pm 0,02$	^f	2,6	$\pm 0,01$	^e
T7	50,81	$\pm 0,04$	^e	4,92	$\pm 0,01$	^e	6,67	$\pm 0,01$	^d	5,83	$\pm 0,02$	^g	2,51	$\pm 0,01$	^f
T8	49,72	$\pm 0,17$	^g	4,78	$\pm 0,02$	^f	6,47	$\pm 0,02$	^d	5,74	$\pm 0,02$	^h	2,48	$\pm 0,01$	^f
T9	49,13	$\pm 0,11$	^h	4,74	$\pm 0,02$	^g	6,31	$\pm 0,01$	^d	5,65	$\pm 0,01$	ⁱ	2,39	$\pm 0,01$	^g
T10	48,29	$\pm 0,04$	ⁱ	4,42	$\pm 0,02$	^h	5,86	$\pm 0,51$	^e	5,61	$\pm 0,01$	ⁱ	2,28	$\pm 0,01$	^h

Nota: Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$).

Micronutrientes

En la tabla 19 se muestra el análisis de micronutrientes realizado a los diferentes tratamientos del experimento en donde se puede observar que el tratamiento T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días presentó los mayores valores de absorción de nutrientes con una media de (17.2 ± 0.04) mg/kg para el Manganeso, (65.89 ± 2.22) g/kg para el Hierro, (2.65 ± 0.02) g/kg para el Cobre y (12.72 ± 0.02) g/kg para el Zinc; seguido del tratamiento T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo

3 al 75% cada 8 días con una media de (15.82 ± 0.05) g/ kg para el Manganeso, (45.65 ± 0.07) g/kg para el Hierro, (2.23 ± 0.02) g/kg para el Cobre y (12.68 ± 0.01) g/kg para el Zinc.

Tabla 19

Media \pm desviación estándar de microelementos absorbidos por el girasol

Tratamiento	Microelementos (mg/kg)															
	Manganeso			Hierro			Cobre			Zinc						
	Media	\pm	D.E	Media	\pm	D.E	Media	\pm	D.E	Media	\pm	D.E				
T1	17,2	\pm	0,04	a	65,89	\pm	2,22	a	2,65	\pm	0,02	a	12,72	\pm	0,02	a
T2	15,3	\pm	0,04	c	41,45	\pm	0,07	c	1,14	\pm	0,02	d	11,95	\pm	0,02	b
T3	15,82	\pm	0,05	b	45,65	\pm	0,37	b	2,23	\pm	0,02	b	12,68	\pm	0,01	a
T4	13,86	\pm	0,07	e	40,52	\pm	0,02	c	1,04	\pm	0,02	e	11,44	\pm	0,02	d
T5	14,64	\pm	0,02	d	41,54	\pm	0,01	c	1,23	\pm	0,02	c	11,86	\pm	0,03	c
T6	13,36	\pm	0,01	f	37,28	\pm	0,02	d	0,95	\pm	0,01	f	11,87	\pm	0,02	c
T7	12,09	\pm	0,02	g	36,82	\pm	0,01	de	0,86	\pm	0,01	gh	11,38	\pm	0,02	e
T8	12,02	\pm	0,02	g	38,52	\pm	0,02	d	0,89	\pm	0,01	g	11,26	\pm	0,01	f
T9	11,81	\pm	0,02	h	35,54	\pm	0,01	ef	0,84	\pm	0,01	h	11,17	\pm	0,02	g
T10	11,03	\pm	0,02	i	34,99	\pm	0,01	f	0,68	\pm	0,01	i	10,34	\pm	0,02	h

Nota: Medias en la misma columna con letra similar no son significativamente diferentes (HSD Tukey $p \leq 0.05$).

Discusión

La FAO (2014) indica que los parámetros adecuados para el correcto desarrollo de la trucha dentro un sistema acuapónico son los siguientes: T° de 13 a 18 °C, pH 6.5 a 8.5, y oxígeno disuelto de 7.5 a 12 ppm; estos parámetros son similares a los obtenidos en la presente investigación lo que nos indica que se contó con la temperatura, pH y oxígeno disponibles adecuados para la crianza de truchas. Adicionalmente Crespo (2018) señala que la concentración de compuestos nitrogenados para el desarrollo de trucha arcoíris debe ser: Nitritos ≤ 0.055 ppm, Nitratos < 100 ppm y Amoníaco < 0.02 ppm; valores similares a los obtenidos en el presente estudio, en donde los valores de nitrito y amonio disminuyeron en función del tiempo, mientras que el nitrato aumentó con el pasar de los días y se mantuvo dentro del rango de tolerancia. Esto concuerda con lo evaluado por (Muñoz & Tipán, 2020) quienes también identificaron un aumento de la cantidad de nitratos y una disminución de la cantidad de nitritos, amonio y amoníaco a lo largo del tiempo. Por lo que podemos mencionar que el sistema acuapónico evaluado cumple con los requerimientos adecuados para su correcto funcionamiento.

JACUMAR (2019) señaló que la longitud de comercialización de trucha arcoíris se encuentra en un rango de 25 a 40 cm con un peso que oscila entre los 250 a 500 g, además (Murillo et al., 2016) al determinar los índices productivos de trucha arcoíris alimentadas con dietas orgánicas en fase de engorde obtuvo una longitud final de 31.4 cm y 367 gramos de peso; los resultados obtenidos en el presente estudio son similares en para el estudio realizado por JACUMAR, pero difieren con Murillo y sus colaboradores ya que el peso final fue menor.

Murillo y sus colaboradores (2016) determinaron que el ICC en etapa de engorde se encontraba en un rango de 1.14 a 1.28 valores similares a los obtenidos en el presente estudio donde el ICC se mantuvo en un rango de 1.02 a 1.30.

Los valores de ganancia de peso y de la tasa de crecimiento específico fueron de 2.45 g/día y 1.2% respectivamente; estos valores son similares a los obtenidos por Sarmiento (2011) quien obtuvo una ganancia de peso diaria de 2.7 g/día una TCE de 1.35%. Córdova (2019) obtuvo resultados similares tanto para el factor de conversión alimenticia (1.3) como para la eficiencia alimenticia (76%), pero difirió en la ganancia de peso y la tasa de crecimiento específica lo que se pudo deber a que se trabajó tanto con pesos iniciales como finales diferentes.

El porcentaje de biomasa promedio obtenido fue de 70.46 %, valor similar a lo determinado por Savidov (2005) quien obtuvo un incremento de biomasa del 75% en un sistema acuapónico de pepinillo con tilapia; y de Córdova (2019) quien obtuvo un porcentaje de biomasa de 67.22%.

Un estudio realizado por (Carrillo, 2020) en el cual utiliza fertilización química tanto sólida como foliar y fertirriego durante todo el ciclo del cultivo con el fin de comparar 3 diferentes variedades de girasoles ornamentales e identificar que variedad tendrá una mayor producción a campo abierto, entre estas variedades se encontraba la variedad Vincent Choice la cual alcanzó una longitud máxima total de 120.21 cm longitud similar obtenida con el tratamiento T1 del presente experimento. De igual manera (González et al., 2017) determinó que *Chlorella vulgaris* debido a su alto contenido de nitrógeno permitió un mejor desarrollo del tallo en cultivos de brócoli.

(Tiñini, 2016) obtuvo una longitud máxima de tallo de 249.3 cm al trabajar con la variedad híbrida de girasol DK-4065 al utilizar estiércol de cuy descompuesto como fertilizante orgánico, longitud muy superior a los 122.5 cm obtenidos como valor máximo por el tratamiento T1 al utilizar *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días.

Un estudio realizado por (Vital et al., 2019) obtuvo una longitud total máxima del tallo de girasol de 70 cm al utilizar una mezcla de sustratos con suelo: arena: perlita: turba y micorrizas, este valor es

mucho menor al obtenido por los tratamientos testigos T9 y T10 cuya longitud máxima alcanzada fue de 94.35 cm y 89.97 cm respectivamente.

(Tiñini, 2016) realizó un estudio en el cual analizó 3 densidades de siembra distintas para 4 variedades híbridas de girasol, para su fertilización utilizó fertilización orgánica (estiércol de cuy descompuesto), con el cual obtuvo un ancho de tallo máximo de $(1,4 \pm 0,34)$ cm para la variedad híbrida Altis-99, este valor es menor al obtenido al ancho total obtenido por los tratamientos T1 y T3 quienes mostraron el mayor ancho de tallo en presente estudio.

(Carrillo, 2020) al evaluar los parámetros de crecimiento de tres variedades de girasol con fertilización química obtuvo un ancho del tallo de 1.66 cm a los 66 días después del trasplante, el valor obtenido es similar al registrado por los tratamientos más de este estudio.

Un estudio realizado por (Gavidia, 2017) demostró que al utilizar solución nutritiva en un sistema hidropónico NFT para lechuga obtuvo una longitud de raíz de 22.70 cm; del mismo modo (Telenchana, 2017) utilizó enraizantes en plántulas de lechuga mediante el método de raíz flotante donde obtuvo una longitud de raíz máxima de 23.11 cm; estas longitudes radiculares fueron menores al resultado obtenido por el tratamiento T1 del presente estudio.

(Barahona & Castillo, 2011) realizaron el estudio de un sistema acuapónico de tomate con tilapia donde obtuvieron una longitud total de raíz de 36 cm, esta longitud es menor a la obtenida en el sistema acuapónico del presente estudio.

(Vital et al., 2019) en su estudio denominado "Selección de un sustrato para la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de girasol ornamental en maceta a cielo abierto" obtuvo un número máximo de hojas de 12.8 utilizando suelo: arena: perlita: turba y micorrizas como promotor de parámetros productivos, este número de hojas es mucho menor a los 16.63 hojas obtenidos en el

tratamiento T1 del presente ensayo. Por el contrario, Santos et al. (2017) determinaron del crecimiento del girasol en función de la salinidad del agua de riego con fertilización nitrogenada y obtuvo una media total de 24.37 hojas por planta valor superior al obtenido por el tratamiento más efectivo en el presente estudio.

El estudio denominado “Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta” realizado por (Morales et al., 2015) obtuvieron un área foliar de 461 cm² valor mucho mayor a los obtenidos en el presente ensayo.

(Tiñini, 2016) indica que el área foliar va a depender del fotoperiodo ya que mientras mayor fotoperiodo exista mayor actividad fotosintética va a existir y por lo tanto el crecimiento de los tejidos de la planta será mayor, es decir presentará mayor número de hojas, área foliar, longitud y ancho del tallo.

Un estudio realizado por Salazar (2022) al someter a plantas de girasol a un riego deficitario obtuvo un diámetro de botón floral de 8.84 cm un valor superior al mayor diámetro de botón floral obtenido en el presente estudio. Por el contrario, en el estudio realizado por Tiñini (2016) a pesar de haber obtenido una longitud del tallo de 2.46 metros el diámetro de su botón floral fue de 4.6 cm, el cual es un diámetro inferior al obtenido por los tratamientos más significativos del presente estudio.

Un estudio realizado por (McKim et al., 2017) denominado “Regulación estacional del número de pétalos” estableció que el diámetro del botón floral, así como también la longitud y el número de pétalos va a depender de la temperatura y el fotoperiodo.

Baracaldo y sus colaboradores (2010) analizaron la relación entre la longitud y ancho del tallo con el tamaño del botón floral y determinaron que, mientras más largo y ancho sea el tallo más grande será el botón floral. Esto concuerda con lo estudiado por el análisis de correlación realizado en la

presente investigación en donde existe una alta correlación entre la longitud del tallo con el ancho del tallo, así como la longitud del tallo con el diámetro del botón floral, y como el ancho del tallo con el diámetro del botón floral.

Bono y Romano (2008) analizaron la nutrición mineral y fertilización en el cultivo de girasol y determinaron en su investigación los requerimientos de extracción del girasol los cuales fueron los siguientes N (40 g/kg), P (11 g/kg), K (29 g/kg), Ca (18 g/kg), Mg (11 g/kg), valores que al contrastarlos con los obtenidos en el presente experimento podemos observar que obtuvimos una mayor absorción de Nitrógeno, Fósforo y Potasio; mientras que existió deficiencia de Calcio y Magnesio.

Silva y sus colaboradores (2019) determinaron que el nitrógeno, fósforo y potasio son los macroelementos más importantes para la planta ya que de estos depende el desarrollo general de la planta tanto el tallo como las raíces; similar afirmación hace Escalona y Pire (2008) al analizar la extracción de N, P, K en plantas de pimentón.

(Flores, 2016) señala que la deficiencia de magnesio puede ocasionar la presencia de hojas pequeñas y malformadas con coloración rojiza. En el caso del calcio (Rodríguez & Florez, 2004) indican que su deficiencia se manifiesta con problemas en la pared celular.

Según (Sygenta, 2016) los valores óptimos recomendados de microelementos para el cultivo de girasol son los siguientes Mn (55 mg/kg), Fe (261 mg/kg), Cu (19 mg/kg), Zn (99 mg/kg), valores que al contrastarlos con los obtenidos en el presente experimento se observa que existió una deficiencia de microelementos.

(Intagri, 2020) señala que la deficiencia de cobre provoca necrosis de los meristemos apicales en las hojas más jóvenes. En el caso del hierro el Department of plant Science (2022) indica que su deficiencia ocasiona clorosis en las hojas es decir se tornan de un color amarillento salvo por las nervaduras. Macedo (2012) señala que la deficiencia de manganeso al igual que el hierro ocasiona

clorosis en las hojas, en el caso del zinc su deficiencia puede ocasionar un crecimiento reducido de la planta.

Una deficiencia de macro y microelementos se evidencia en el crecimiento y desarrollo de la planta, estas deficiencias tendrían más importancia en un cultivo de girasol con fines industriales, es decir para la obtención de semilla y aceite; caso contrario estas deficiencias serán mucho menos notorias en cultivos ornamentales ya que según (Acevedo Rico, 2017) para la producción de girasoles ornamentales de corte, se requiere de un tallo menor a 1.50 metros con un botón floral inferior a los 7 cm de diámetro, por lo cual el presente estudio cumple con las características adecuadas de flor ornamental de corte.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

De acuerdo con los datos obtenidos se pudo concluir que:

- La temperatura se mantuvo en un rango promedio de 13 a 14 °C; el pH en 7; la conductividad eléctrica se mantuvo en un rango de 181.23 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 223.93 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; el oxígeno disponible en un rango de 8.84 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a 11.50 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; la cantidad de sólidos disueltos en un rango de 198.26 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a 210.11 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, estos valores son adecuados para el correcto funcionamiento del sistema acuapónico.
- A lo largo del tiempo nitratos tuvieron un incremento de 0.748 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a 35.63 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; los nitritos, amonio y amoniaco tuvieron un decrecimiento de 2.15 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a 0.0916 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 4.615 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a 0.081 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ y 4.26 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a 0.078 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ respectivamente, estos parámetros son adecuados para el correcto desarrollo de un sistema acuapónico.
- Los tratamientos T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días y T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron una mayor longitud del tallo y ancho de tallo con respecto al resto de tratamientos, la longitud total fue de 122,5 cm para T1 y 115 cm para T2, mientras que el ancho total fue de 1.74 cm para T1 y 1.67 cm para T2; lo cual se debió al alto contenido de nitrógeno y potasio que se aportó mediante la fertilización con *Chlorella* Biotipo 3.
- Los tratamientos T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días y T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron una mayor longitud de la raíz con 41.27 cm y 36.14 cm respectivamente, esto se debió al alto contenido de fósforo que se aportó mediante la fertilización con *Chlorella* Biotipo 3, ya que el fósforo es un estimulante del desarrollo radicular.

- Los tratamientos T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días y T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron mayor número de hojas con 16.63 hojas para T3 y 15.75 hojas para T1 y un área foliar con 105 cm² para T1 y 95.5 cm² para T3. Dicho esto, podemos concluir que área foliar, número de hojas va a depender del fotoperiodo ya que mientras mayor fotoperiodo exista mayor actividad fotosintética va a existir y por lo tanto el crecimiento de los tejidos de la planta será mayor, es decir presentará mayor número de hojas y mayor área foliar.
- Los tratamientos T1: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 100% cada 8 días y T3: Aplicación foliar de *Chlorella* Biotipo 3 al 75% cada 8 días presentaron un mayor diámetro del botón floral con 5.56 cm y 5.3 cm respectivamente, el diámetro del botón dependerá de la temperatura y del fotoperíodo, así como también el color y número de pétalos.
- Existió una correlación positiva entre las variables morfométricas del cultivo de girasol y la dosis aplicada; por el contrario, no existió correlación entre las variables morfométricas del girasol con la frecuencia de aplicación, por lo que podemos determinar que la frecuencia de aplicación no influye sobre el desarrollo del cultivo de girasol.
- En la extracción de macroelementos de la planta del girasol existió una mayor absorción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio lo cual influyó sobre el desarrollo de tallo y raíces de la planta de girasol; y por el contrario existió una deficiencia de Calcio y Magnesio al compararlos con los requerimientos óptimos para el desarrollo del cultivo.
- En la extracción de macroelementos de la planta del girasol existió deficiencia de Cobre, Hierro, Manganeso y Zinc al compararlos con los requerimientos óptimos para el desarrollo del cultivo. La deficiencia de cobre puede ocasionar necrosis en las hojas de girasol y coloración anormal de las plantas; la deficiencia de hierro se manifiesta mediante clorosis en las hojas.

- La producción de girasoles ornamentales de corte requiere de un tallo menor a 1.50 metros con un botón floral inferior a los 7 cm de diámetro, por lo cual las plantas de girasol producidas bajo un sistema acuapónico cumplen con las características adecuadas de flor ornamental de corte.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar espirulina como fertilizante foliar para evaluar sus efectos sobre el desarrollo del cultivo de girasol en un sistema acuapónico.
- Se recomienda utilizar otras especies de flores para poder evaluar su desarrollo dentro de diferentes sistemas acuapónicos.
- Se recomienda realizar un sistema acuapónico para girasoles en un clima más cálido, con un fotoperiodo más largo y con otras especies de peces dependiendo de las condiciones climáticas para analizar el comportamiento y desarrollo del sistema.
- Se recomienda satisfacer los requerimientos de los microelementos que la *Chlorella* Biotipo 3 aplicada como fertilizante foliar y que el sistema acuapónico no satisface.
- Se recomienda realizar un estudio de implementación de un sistema acuapónico en flores en un sistema de producción intensiva.
- Se recomienda realizar un estudio del contenido de aceite de las semillas de girasol producidas en un sistema acuapónico.
- Se recomienda realizar un estudio sobre las características nutricionales presentes en el aceite de las semillas de girasol producidas en un sistema acuapónico.

Bibliografía

- Acevedo Rico, M. E. (2017a). *DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN CULTIVO DE GIRASOL ORNAMENTAL (Helianthus annus L.) EN SAN BARTOLO, AMANALCO DE BECERRA*.
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/110635>
- Acevedo Rico, M. E. (2017b). *DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN CULTIVO DE GIRASOL ORNAMENTAL (Helianthus annus L.) EN SAN BARTOLO, AMANALCO DE BECERRA*.
<http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/110635>
- Addy, M. M., Kabir, F., Zhang, R., Lu, Q., Deng, X., Current, D., Griffith, R., Ma, Y., Zhou, W., Chen, P., & Ruan, R. (2017a). Co-cultivation of microalgae in aquaponic systems. *Bioresource Technology*, 245, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.151>
- Addy, M. M., Kabir, F., Zhang, R., Lu, Q., Deng, X., Current, D., Griffith, R., Ma, Y., Zhou, W., Chen, P., & Ruan, R. (2017b). Co-cultivation of microalgae in aquaponic systems. *Bioresource Technology*, 245, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.151>
- Agharokh, A. (2007). Evaluation of Ornamental Flowers and Fishes Breeding in Bushehr Urban Wastewater Using a Pilot Scale Aquaponic System. *Universidad de Khalij-e-Fars, Bushehr*.
http://www.wwjournal.ir/article_2169_f9198fef1215d1706c3ae3526c3dd3cd.pdf
- Arbelo, A., & Ponce, M. (2011). *El Girasol en el Uruguay. Análisis de la NIC 41 Agricultura y su aplicación en la contabilización del cultivo* [Universidad de la República].
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/376/1/M-CD4285.pdf>
- Arce, J. (2018). Caracterización fisicoquímica de biodiesel a partir de la microalga *Chlorella vulgaris*, obtenida en Fotobioreactor Tubular. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6845>

- Ardila Forero, L. (2012). *Medición de la capacidad de chlorella vulgaris y scenedesmus acutus para la remoción de cromo de aguas de curtiembre*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20027>
- Arregui, L. (2013). *Cuadernos de acuicultura El cultivo de la trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)*. FUNDACIÓN OBSERVATORIO ESPAÑOL DE ACUICULTURA. https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/cuaderno_trucha_digital_web.pdf
- Baracaldo, A., Ibagué, A., Flórez, J., & Chaves, B. (2010). ÁREAS BÁSICAS. *Crecimiento En Clavel Estándar Cv. Nelson Bragantia, 1*, 1–8.
- Barahona, A., & Castillo, J. (2011). *Producción de tomate y tilapia en un sistema acuapónico con 50, 100, 150 y 200 ppm de nitrógeno*.
- Barros, A. I., Gonçalves, A. L., Simões, M., & Pires, J. C. M. (2015). Harvesting techniques applied to microalgae: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41*, 1489–1500. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.037>
- Becerra, X., & Sánchez, G. (2020). *Evaluación del potencial de Chlorella spp. en la germinación y producción de zanahoria (Daucus carota L.), en sustrato agrícola del lote A1-USME-UAN*. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/4054>
- Bonilla Sierra, L. L., & Farfán Castiblanco, M. Á. (2018). *Evaluación de la densidad de siembra sobre componentes de crecimiento en girasol (helianthus annuus l.)*. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/1341>
- Bono, A., & Romano, N. (2008). Nutrición mineral y fertilización. *Inta.Gob*, 41–50. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-publi72.pdf#page=41>

Carmigniani, C. (2017). *Evaluación agronómica de cinco distanciamientos de siembra en el cultivo de girasol (Helianthus annuus L.)” en la zona de Pangua* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo].

<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2456/1/T-UTEQ-0075.pdf>

Carrillo, F. (2020a). *Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres variedades de girasol (Helianthus annuus L) para flor de corte* [UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21978/1/T-UCE-0004-CAG-275.pdf>

Carrillo, F. (2020b). *Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres variedades de girasol (Helianthus annuus L) para flor de corte* [UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21978/1/T-UCE-0004-CAG-275.pdf>

Castillo-Castellanos, D., Zavala-Leal, I., Ruiz-Velazco, J. M. J., Radilla-García, A., Nieto-Navarro, J. T., Romero-Bañuelos, C. A., & González-Hernández, J. (2015). Implementation of an experimental nutrient film technique-type aquaponic system. *Aquaculture International*, 24(2), 637–646.

<https://doi.org/10.1007/s10499-015-9954-z>

Cazares, A. (2021). *Comercialización de girasoles en mercados internacionales y su incidencia en la rentabilidad económica de la florícola Cazares del Cantón Cotacachi provincia de Imbabura*. [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI].

<http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1148>

Córdova, J. karina. (2019). *Valoración de dos sistemas acuapónicos para el cultivo de fresa (Fragaria vesca) y su estimulación mediante bioproductos algales*.

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/15729>

- Crespo, C. (2018a). *Evaluación de buclizina en la estimulación del apetito en trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de engorde* [Universidad de las Fuerzas Armadas].
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14638>
- Crespo, C. (2018b). *Evaluación de buclizina en la estimulación del apetito en trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de engorde* [Universidad de las Fuerzas Armadas].
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/14638>
- Delaide, B., Goddek, S., Keesman, K. J., Haissam, M., & Jijakli, M. (2018). B A S E A methodology to quantify the aerobic and anaerobic sludge digestion performance for nutrient recycling in aquaponics. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 22, 106–112.
- Departament of plant Science. (2022). *Deficiencia de Hierro — Department of Plant Science*.
<https://plantscience.psu.edu/research/labs/roots/methods/metodologia-de-investigacion/observando-los-desordenes-nutricionales-de-las-plantas/deficiencia-de-hierro>
- Edwards, P. (2008). A systems approach for the promotion of integrated aquaculture*.
<Http://Dx.Doi.Org/10.1080/13657309809380209>, 2(1), 1–12.
<https://doi.org/10.1080/13657309809380209>
- Escalona, A., & Pire, R. (2008). Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quíbor, estado Lara. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 25(2), 243–260. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Faheed, F., & Fattah, Z. (2008). Effect of *Chlorella vulgaris* as Bio-fertilizer on Growth Parameters and Metabolic Aspects of Lettuce Plant. *JOURNAL OF AGRICULTURE & SOCIAL SCIENCES*, ISSN Print:

1813–2235; ISSN Online: 1814–960X, 08–012/AWB/2008/04–4–165–169.

http://www.fspublishers.org/published_papers/71170_..pdf

FAO. (2009). *Oncorhynchus mykiss*. In *Cultured aquatic species fact sheets*.

https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/11129m/file/es/es_rainbowtrout.htm

FAO. (2014a). *MANUAL PRÁCTICO PARA EL CULTIVO DE LA TRUCHA ARCOÍRIS*.

<https://www.fao.org/3/bc354s/bc354s.pdf>

FAO. (2014b). *MANUAL PRÁCTICO PARA EL CULTIVO DE LA TRUCHA ARCOÍRIS*.

<https://www.fao.org/3/bc354s/bc354s.pdf>

FAO. (2018). Cada gota cuenta. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.

<http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1113809/>

Flores, P. (2016). *Síntomas visuales de sarna y deficiencia en magnesio en plantas de limonero var.*

Eureka.

FONDEPES. (2021). *Manual de cultivo de trucha en ambientes convencionales*.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2496894/Manual-de-Cultivo-de-Trucha.pdf>

García-Gonzalez, J., & Sommerfeld, M. (2016). Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga

Acutodesmus dimorphus. *Journal of Applied Phycology*, 28(2), 1051.

<https://doi.org/10.1007/S10811-015-0625-2>

García-Ulloa, M., León, C., Hernández, F., & Chavéz, R. (2005). Evaluación de un sistema experimental de

acuaponía. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 9(1).

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83709105>

- Gavidia, L. (2017). Efecto de la solución nutritiva la Molina en el rendimiento de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con el sistema NFT (Nutrient Film Technique) en condiciones de hidroponía de nuevas flores Culquish - Huamalíes 2016. *Universidad Nacional Hermilio Valdizán*. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/3305>
- Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H., & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *Sustainability 2015, Vol. 7, Pages 4199-4224*, 7(4), 4199–4224. <https://doi.org/10.3390/SU7044199>
- González, Á. D., Barajas, A. F., & Ardila, A. M. (2017). Producción de biomasa y proteínas de *Chlorella vulgaris* Beyerinck (Chlorellales: Chlorellaceae) a través del diseño de medios de cultivo selectivos. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 451–461. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:736
- Google Maps. (2022). *IASA - Google Maps*. <https://www.google.com.ec/maps/place/IASA/@-0.3856369,-78.4185909,17z/data=!3m1!4b1!4m12!1m6!3m5!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!2sIASA!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022!3m4!1s0x91d5bbbd8644851b:0xc6c8b2bb6c026969!8m2!3d-0.3856423!4d-78.4164022?hl=es>
- Guamán, M., & González, N. (2016). *Biodiversidad de los principales géneros de microalgas y cianobacterias encontradas en los sistemas lacustres de áreas protegidas de los andes y amazonía del Ecuador*. Quito: Corporación para la investigación energética. https://www.academia.edu/39724165/CAT%C3%81LOGO_DE_MICROALGAS_Y_CIANOBIOTERIAS_DE_AGUA_DULCE_DEL_ECUADOR

- Gutierrez, N. (2014). *Manejo técnico para el cultivo de girasol* Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://sader.jalisco.gob.mx/fomento-agricola-hortofruticola-e-inocuidad/568>
- Heredia, C. (2020a). *Efecto de cuatro concentraciones de Chlorella sp. Biotipo I como fertilizante foliar en la productividad de frutilla (Fragaria vesca) en sistemas acuapónicos de altura* [Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22060>
- Heredia, C. (2020b). *Efecto de cuatro concentraciones de Chlorella sp. Biotipo I como fertilizante foliar en la productividad de frutilla (Fragaria vesca) en sistemas acuapónicos de altura* [Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/22060>
- Hernández-Pérez, A., & Labbé, J. I. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 157–173. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572014000200001>
- Intagri. (2020). *El Cobre en la Nutrición Vegetal*. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-cobre-en-la-nutricion-vegetal>
- Ivancovich, A. J., & Lavilla, M. (2016). *Diagnóstico y manejo de enfermedades en girasol*. <http://repositorio.inta.gob.ar:80/handle/20.500.12123/160>
- JACUMAR. (2019). *Trucha Arcoiris*. <https://www.mapa.gob.es/app/jacumar/especies/Documentos/Trucha.pdf>
- Kim, M. J., Shim, C. K., Kim, Y. K., Ko, B. G., Park, J. H., Hwang, S. G., & Kim, B. H. (2018). Effect of Biostimulator *Chlorella fusca* on Improving Growth and Qualities of Chinese Chives and Spinach in Organic Farm. *The Plant Pathology Journal*, 34(6), 567. <https://doi.org/10.5423/PPJ.FT.11.2018.0254>
- Kotzen, B., Coelho, M., Moheimani, N., & Burnell, G. M. (2019). Aquaponics: Alternative Types and Approaches. In S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, & G. M. Burnell (Eds.), *Aquaponics Food Production*

Systems (pp. 301–330). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_12

Lopez, I., Martínez, L., Pérez, G., Reyes, Y., Núñez, M., & Cabrera, J. (2020). *Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000200010

López-Rocha, E., Mireles-Arriga, A. I., Hernández-Ruíz, J., Ruiz-Nieto, J. E., & Rucoba-García, A. (2018). Áreas potenciales para el cultivo de girasol en condiciones de temporal en Guanajuato, México. *Agronomía Mesoamericana*, 305–314. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29771>

Macedo, M. (2012). *Deficiencia de macro y micronutrientes en plantas de maíz híbrido BRS 110*.

MAGAP. (2014). *Proyecto de MAGAP fortalece la producción de alevines de Trucha – Ministerio de Agricultura y Ganadería*. <https://www.agricultura.gob.ec/proyecto-de-magap-fortalece-la-produccion-de-alevines-de-trucha/>

McKim, S. M., Routier-Kierzkowska, A. L., Monniaux, M., Kierzkowski, D., Pieper, B., Smith, R. S., Tsiantis, M., & Hay, A. (2017). Seasonal Regulation of Petal Number. *Plant Physiology*, 175(2), 886–903. <https://doi.org/10.1104/PP.17.00563>

Medina, M., Jayachandran, K., Bhat, M., & Specca, D. (2016a). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) and Aquaponics for Urban Food Production, with a Pictorial Guide to Aquaponics. In S. Brown, K. McIvor, & E. Hodges Snyder (Eds.), *Sowing Seeds in the City* (pp. 293–308). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7453-6_21

Medina, M., Jayachandran, K., Bhat, M., & Specca, D. (2016b). Recirculating Aquaculture Systems (RAS) and Aquaponics for Urban Food Production, with a Pictorial Guide to Aquaponics. In S. Brown, K.

- Mclvor, & E. Hodges Snyder (Eds.), *Sowing Seeds in the City* (pp. 293–308). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-7453-6_21
- Morales, J., Morales, J., Díaz Ernesto, Cruz, A., Medina, N., & Guerrero, M. (2015). *Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952015000200005
- Muñoz, M., & Tipán, K. (2020a). *Valoración de un sistema acuapónico para pepinillo (Cucumis sativus) bajo el efecto de bioestimulantes algales y humus líquido* [Universidad de las Fuerzas Armadas].
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24770>
- Muñoz, M., & Tipán, K. (2020b). *Valoración de un sistema acuapónico para pepinillo (Cucumis sativus) bajo el efecto de bioestimulantes algales y humus líquido* [Universidad de las Fuerzas Armadas].
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24770>
- Murillo, L. B., Jorge, M., Aranibar, A., Roque Huanca, B., Halley, F., Huanca, R., Medicina Veterinaria Y Zootecnia, B., Principal, D., de La, D. E., & Una-Puno, F. M. V. Z. (2016). DETERMINACIÓN DE ÍNDICES PRODUCTIVOS DE TRUCHAS ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) ALIMENTADAS CON DIETAS ORGÁNICAS EN FASE DE ENGORDE. *Revista de Ciencia Animal*, 1(2).
<http://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/animal/article/view/572>
- Ortiz-Moreno, M. L., Sandoval-Parra, K. X., & Solarte-Murillo, L. v. (2019). Chlorella, ¿un potencial biofertilizante? *Orinoquia*, 23(2). <https://doi.org/10.22579/20112629.582>
- Oviedo-Carrascal, A. I., Universidad Pontificia Bolivariana. Colombia, Carmona-Rodriguez, C. S., Universidad Pontificia Bolivariana. Colombia, Velez-Saldarriaga, G. L., Universidad Pontificia Bolivariana. Colombia, Reina-Alzate, J., & Universidad Pontificia Bolivariana. Colombia. (2020).

- Diseño de un sistema acuapónico monitoreado mediante internet de las cosas e inteligencia artificial. *Espacios*, 41(47), 56–73. <https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n47p05>
- Özdemir, S., Sukatar, A., & Öztekin, G. B. (2016). Production of *Chlorella vulgaris* and its effects on plant growth, yield and fruit quality of organic tomato grown in greenhouse as biofertilizer. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(4), 596–605.
- Paolacci, S., Stejskal, V., Toner, D., & Jansen, M. A. K. (2022). Wastewater valorisation in an integrated multitrophic aquaculture system; assessing nutrient removal and biomass production by duckweed species. *Environmental Pollution*, 302, 119059. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2022.119059>
- Parvatha, P. (2016). Integrated Crop–Livestock Farming Systems. *Sustainable Intensification of Crop Production*, 357–370. https://doi.org/10.1007/978-981-10-2702-4_23
- Rodriguez, M., & Florez, V. (2004). Elementos Esenciales y Beneficiosos. Guzmán, M. y López-Galvez (Ed). *Fertirriego: Tecnologías y Programación En Agroplasticultura*. CYTED. ISBN 84-96023-27-3. DL: A1-290-2004. <http://Www.Cyted.Org>, 25–36. <http://repositorio.ual.es/handle/10835/3133>
- Rojas, P. (2005). Efecto de la dieta sobre los niveles plasmáticos de insulina y glucagon en trucha arco iris (“*Oncorhynchus mykiss*”) y dorada (“*Sparus aurata*”) y caracterización del transportador de glucosa de dorada [Universidad de Barcelona]. <http://hdl.handle.net/10803/3012>
- Salazar, A. (2022). RIEGO DEFICITARIO SOSTENIDO EN EL DESARROLLO DEL GIRASOL (*Helianthus annuus*) Y EFICIENCIA DE USO DEL AGUA EN LA MOLINA [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5431/salazar-saltos-alex-enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santos, J. B. dos, Centeno, C. R. M., Azevedo, C. A. V. de, Gheyi, H. R., de-Lima, G. S., de-Lira, V. M., Santos, J. B. dos, Centeno, C. R. M., Azevedo, C. A. V. de, Gheyi, H. R., de-Lima, G. S., & de-Lira, V.

M. (2017). CRECIMIENTO DEL GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) EN FUNCIÓN DE LA SALINIDAD DEL AGUA DE RIEGO CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA. *Agrociencia*, 51(6), 649–660.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952017000600649&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Sarmiento, D. (2011). *Eficiencia productiva de trucha arco iris, bajo un sistema de recirculación de aguas con diferentes densidades de carga animal en la zona de Pailones, IASA, Ecuador.*

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/4816>

Savidov, N. (2005). *Evaluation of aquaponics technology in Alberta, Canadá.*

Silva, R., São, A., Carneiro, T., Andrade, R., Oliveira, A., Soares, D., Azevedo, C., & Costa, M. (2019).

Períodos de interferência de plantas infestantes na cultura da mandioca, submetida ou não à adubação NPK, em Vitória da Conquista-Ba. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1), 237–247.

<https://doi.org/10.19084/RCA18166>

Syngenta. (2016a). Nutrición del Girasol. In *Syngenta*. <https://www.syngenta.com.ar/nutricion-0>

Syngenta. (2016b). Nutrición del Girasol. In *Syngenta*. <https://www.syngenta.com.ar/nutricion-0>

Tejido-Nuñez, Y., Aymerich, E., Sancho, L., & Refardt, D. (2019). Treatment of aquaculture effluent with

Chlorella vulgaris and *Tetrademus obliquus*: The effect of pretreatment on microalgae growth and nutrient removal efficiency. *Ecological Engineering*, 136, 1–9.

<https://doi.org/10.1016/J.ECOLENG.2019.05.021>

Telenchana, M. (2017). *Evaluación de tres enraizantes en plántulas de lechuga (Lactuca sativa L.) mediante el método de raíz flotante en la parroquia Mulalillo del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.* <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/25014>

- Tenesaca, Q. (2014). *Fenología y profundidad radical del cultivo de Girasol (Helianthus annuus) var. Sunbright, en el sector Querochaca, Cantón Cevallos, Provincia de Tungurahua.*
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/10401>
- Tiñini, R. (2016). *Empleo del girasol (Helianthus annus L.) híbrido de uso agroindustrial, como opción de producción ornamental en ambientes atemperados, bajo tres diferentes densidades de siembra y análisis económico de rentabilidad.* <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10318>
- Tipán, M. (2017). *Uso de microalgas endémicas del Ecuador (Chlorella sp. Biotipo 3) en la bioacumulación de insecticidas a nivel de laboratorio [Universidad de las Fuerzas Armadas].*
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14471/1/T-IASA%20I-005372.pdf>
- Ucros Garrido, A. M. (2009). *Efectos del glifosato sobre el desarrollo embrionario de la trucha arco iris (Onchorhynchus mykiss).* <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8480>
- Villalobos, S., & González, E. (2016). Determinación de la relación pez planta en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en sistema de acuaponía. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(5), 983–992. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342016000500983&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Vital, I., Quiñonez, E., Hernandez, L., & Rincón, G. (2019). Selección de un sustrato para la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en el cultivo de girasol ornamental en maceta a cielo abierto. *Biotecnología y Sustentabilidad*, 4(1). <https://doi.org/10.57737/biotecnologiaysust.v4i1.666>

Enlace: <https://drive.google.com/drive/folders/1yFlrgsgyyizuDvcd4WHzuSkdk1KF4ae8?usp=sharing>