



Evaluación de *Arthrospira platensis* sobre parámetros fisiológicos en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*) bajo un sistema acuapónico con tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en el subtrópico occidental ecuatoriano

Morales Benavides, Nicolás Alejandro

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal PhD.

24 de agosto del 2023



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de integración curricular: *Evaluación de Arthrospira platensis sobre parámetros fisiológicos en el cultivo de pepinillo (Cucumis sativus var. baby) bajo un sistema acuapónico con tilapia roja (Oreochromis sp.) en el subtrópico occidental ecuatoriano*, fue realizado por el señor: **Morales Benavides, Nicolás Alejandro**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 24 de agosto del 2023



Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD.

C. C. 170999816-3

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



Morales Benavides Nicolás Alejandro...

Scan details

Scan time:
August 24th, 2023 at 16:30 UTC

Total Pages:
50

Total Words:
12384

Plagiarism Detection



9.7%

Types of plagiarism		Words
Identical	1.1%	139
Minor Changes	0.4%	46
Paraphrased	8.2%	1018
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection

N/A

Text coverage
AI text
Human text

Plagiarism Results: (33)



JUAN CRISTÓBAL
ORTIZ TIRADO

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal, PhD.

C. C. 170999816-3



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría:

Yo, Morales Benavides, Nicolás Alejandro, con cédula de ciudadanía No. 1722418348, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: *Evaluación de **Arthrospira platensis** sobre parámetros fisiológicos en el cultivo de pepinillo (**Cucumis sativus** var. **baby**) bajo un sistema acuapónico con tilapia roja (**Oreochromis sp.**) en el subtrópico occidental ecuatoriano*, 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, 24 de agosto del 2023

Morales Benavides, Nicolás Alejandro

C.C.: 1722418348



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Autorización de Publicación:

Yo, Morales Benavides, Nicolás Alejandro, con cédula de ciudadanía No. 1722418348 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: Evaluación de *Arthrospira platensis* sobre parámetros fisiológicos en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*) bajo un sistema acuapónico con tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en el subtrópico occidental ecuatoriano en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 24 de agosto del 2023

Morales Benavides, Nicolás Alejandro

C.C.: 1722418348

Dedicatoria

A mis padres Víctor y Alexandra, por ese apoyo incondicional en todo mi trayecto universitario y en los momentos más difíciles de la vida, también por haberme inculcado valores y ser una guía para ser una persona de bien, todo este esfuerzo se los debo a ustedes.

A mis abuelitas, Guillita y Dorita, quienes siempre han estado pendiente de mí.

A mis hermanos Alexis y Felipe, lo cuales he compartido toda mi vida y que de alguna u otra manera me han ayudado y dado sus consejos como hermanos mayores.

A mi amor, y compañera de aventuras, Dianita, que desde el primer momento me apoyó en los momentos buenos y más difíciles de mi carrera.

A mis amigos, especialmente a Pedrito, quien al final de toda una carrera universitaria nos pudimos reencontrar y el cual me compartía sus conocimientos y saberes para mi desarrollo universitario.

Nicolás Alejandro Morales Benavides

Agradecimientos

A Dios, por la vida, por salud, por haberme iluminado y permitido realizar mis estudios y por haberme bendecido en cada paso que doy.

A mis padres, Víctor y Alexandra, porque ustedes saben todo lo que me ha costado en este trayecto, y porque nunca me dejaron solo. Por darme sus consejos que siempre los tomaré y los aplicaré en todo momento de mi vida. Gratitud eterna hacia ustedes.

A mi tutor de tesis: Al Dr. Juan Ortiz, por brindarme el conocimiento y ese apoyo incondicional en todo sentido en la realización del proyecto de titulación.

Al Centro Piscícola Nanegal, perteneciente al GAD de Pichincha, quienes a través del Ing. Miguel Anasi, quienes me pudieron facilitar sus instalaciones para poder relizar mi proyecto de investigación.

A la Ing. Daysi Muñoz, por guiarme en los procesos de análisis de agua realizados en el laboratorio y también al Lic. Marco Taco, por la ayuda recibida al momento de hacer los análisis bromatológicos.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a mi querido IASA, donde compartí tiempo con amigos, donde aprendí y adquirí conocimientos impartidos por los queridos profesores, donde formé mi carácter como persona y ahora como profesional.

Nicolás Alejandro Morales Benavides

Índice de contenidos

Carátula	1
Certificación:	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría :	4
Autorización de Publicación:.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimientos	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de Tablas	12
Índice de Figuras	13
Resumen	15
Abstract.....	16
CAPÍTULO I	17
INTRODUCCIÓN	17
Antecedentes	17
Justificación.....	18
Objetivos	19
Objetivo General	19
Objetivos Específicos.....	19
Hipótesis	20
Hipótesis nula.....	20
Hipótesis alternativa	20
CAPITULO II	21

REVISIÓN DE LITERATURA	21
Microalgas marinas.....	21
Generalidades de la espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>).....	21
Sistemas de producción de <i>Arthrospira platensis</i>	23
Sistemas abiertos.....	23
Sistemas cerrados	24
Producción de <i>Arthrospira platensis</i> en Ecuador.....	25
<i>Arthrospira platensis</i> en la agricultura.....	25
Características de <i>Ascophyllum nodosum</i>	26
Beneficios y aplicaciones	26
Productos a base de microalgas marinas.....	26
Agrostemin.....	27
Características del pepinillo	27
Requerimientos nutricionales de <i>Cucumis sativus</i>	28
Valor nutritivo de <i>Cucumis sativus</i>	29
Sistemas acuapónicos	29
Sistema NFT en acuaponía.....	30
Tilapia roja (<i>Oreochromis sp</i>)	31
Proceso de Nitrificación y desnitrificación en acuaponía	32
Determinación de la cantidad de amoníaco producida por los alimentos.....	33
CAPITULO III	36
METODOLOGÍA.....	36
Ubicación del área de investigación	36
Materiales utilizados en la investigación	36

Químico.....	36
Biológico.....	37
Físicos.....	37
Equipos.....	37
Metodología.....	38
Instalación del sistema acuapónico	38
Manejo del cultivo de pepinillo	39
Manejo del cultivo de tilapia roja	39
Cultivo de la espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>).....	40
Cosecha de la espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>).....	40
Diseño experimental	41
Croquis experimental.....	41
Unidades Experimentales	42
Tratamientos a probar	42
Análisis estadístico	43
Variables de medición.....	43
Sistema acuapónico	43
Peces	44
Plantas.....	45
CAPITULO IV	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
Resultados.....	50
Análisis productivos de las plantas de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> var. <i>baby</i>) en un sistema acuapónico	50

Análisis de la calidad de frutos de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> var. <i>baby</i>)	58
Análisis bromatológicos de los frutos de pepinillo (<i>Cucumis sativus</i> var. <i>baby</i>)	60
Parámetros tomados en el sistema acuapónico.....	66
Temperatura	66
pH.....	69
Comportamiento de parámetros de los nutrientes inorgánicos en los tanques de tilapias, nitrificador y retorno.....	73
Parámetros morfológicos de la tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.)	76
Parámetros productivos de la tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.)	79
CAPÍTULO V	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	81
Conclusiones	81
Recomendaciones.....	82
Bibliografía	83

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Composición química de Arthrospira platensis</i>	21
Tabla 2 <i>Composición de aminoácidos de Arthrospira platensis</i>	22
Tabla 3 <i>Composición de vitaminas y minerales de espirulina (Arthrospira platensis)</i>	22
Tabla 4 <i>Composición de ácidos grasos, carbohidratos y pigmentos de Arthrospira platensis</i>	23
Tabla 5 <i>Composición química del producto comercial Agrostemin</i>	27
Tabla 6 <i>Requerimientos edafológicos del cultivo de pepinillo según las etapas fenológicas</i>	28
Tabla 7 <i>Requerimientos nutricionales para pepinillo sin suelo en condiciones de invernadero</i>	28
Tabla 8 <i>Estructura química del fruto de pepinillo en 100 g. de fruta fresca</i>	29
Tabla 9 <i>Requerimientos nutricionales para cada etapa de Oreochromis sp.</i>	32
Tabla 10 <i>Requerimientos ambientales para el cultivo de tilapia roja</i>	32
Tabla 11 <i>Niveles de producción y uso de diferentes tipos de cultivos en acuaponía</i>	35
Tabla 12 <i>Valores medios \pm DE, de parámetros productivos de las plantas de pepinillo durante 70 días</i> ... 51	51
Tabla 13 <i>Valores medios \pm DE, de los parámetros peso, largo y ancho de los frutos de pepinillo</i>	59
Tabla 14 <i>Valor medio del % de proteína, grasa, ceniza, fibra y humedad \pm DE análisis bromatológico</i>	61
Tabla 15 <i>Valores medios \pm DE, de las variables fisicoquímicos del agua en diferentes tanques</i>	66
Tabla 16 <i>Valores medios de amonio, nitrito, nitrato y fosfatos \pm DE en diferentes tanques</i>	74
Tabla 17 <i>Valores medios del crecimiento de las tilapias en diferentes fechas</i>	77
Tabla 18 <i>Valores medios de las variables productivas de las tilapias en diferentes fechas</i>	79

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Unidad de acuaponía simple</i>	30
Figura 2 <i>Sistema NFT en acuaponía</i>	31
Figura 3 <i>Transformación del nitrógeno</i>	33
Figura 4 <i>Sistema balanceado entre peces, plantas y bacterias nitrificantes</i>	35
Figura 5 <i>Localización geográfica del Centro Piscícola Nanegal</i>	36
Figura 6 <i>Esquema del sistema acuapónico del Centro Piscícola Nanegal</i>	38
Figura 7 <i>Croquis del diseño experimental de la investigación</i>	41
Figura 8 <i>Análisis de calidad de agua de fosfatos, nitratos, nitritos y amonio del sistema acuapónico</i>	43
Figura 9 <i>Análisis de los parámetros morfológicos de las tilapias</i>	45
Figura 10 <i>Evaluación de los parámetros fisiológicos de las plantas de pepinillo</i>	46
Figura 11 <i>Análisis de fibra de los frutos de pepinillo</i>	47
Figura 12 <i>Análisis de fibra de los frutos de pepinillo</i>	48
Figura 13 <i>Análisis bromatológico de los frutos de pepinillo</i>	49
Figura 14 <i>Desempeño de la altura de la planta con diferentes tratamientos</i>	52
Figura 15 <i>Desempeño de la longitud de la raíz con diferentes tratamientos</i>	53
Figura 16 <i>Desempeño del número de hojas con diferentes tratamientos</i>	54
Figura 17 <i>Desempeño del área foliar con diferentes tratamientos</i>	55
Figura 18 <i>Desempeño del número de flores con diferentes tratamientos</i>	57
Figura 19 <i>Desempeño del número de frutos con diferentes tratamientos</i>	58
Figura 20 <i>Valor promedio de las variables peso, largo y ancho sometido a diferentes tratamientos</i>	60
Figura 21 <i>Valor promedio del porcentaje de proteína sometido a diferentes tratamientos</i>	62
Figura 22 <i>Valor promedio del porcentaje de grasa sometido a diferentes tratamientos</i>	63
Figura 23 <i>Valor promedio del porcentaje de ceniza, fibra y humedad a diferentes tratamientos</i>	64

Figura 24	<i>Media del porcentaje de proteína, grasa, ceniza, fibra y humedad a diferentes tratamientos .</i>	65
Figura 25	<i>Comportamiento de la temperatura del agua en el estanque 1 y 2 durante dos meses.....</i>	67
Figura 26	<i>Comportamiento de la temperatura del agua en el tanque nitrificador durante dos meses</i>	68
Figura 27	<i>Comportamiento de la temperatura del agua en el tanque de retorno durante dos meses.....</i>	69
Figura 28	<i>Comportamiento del pH del agua en el tanque 1 durante dos meses.....</i>	70
Figura 29	<i>Comportamiento del pH del agua en el tanque 2 durante dos meses.....</i>	71
Figura 30	<i>Comportamiento del pH del agua en el tanque nitrificador durante dos meses</i>	72
Figura 31	<i>Comportamiento del pH del agua en el tanque de retorno durante dos meses.....</i>	73
Figura 32	<i>Media de las concentraciones de amonio, nitritos, nitratos y fosfatos</i>	75
Figura 33	<i>Medias de los compuestos de amonio, nitritos, nitratos y fosfatos en diferentes tanques.....</i>	75
Figura 34	<i>Curva de crecimiento del peso de tilapia</i>	77
Figura 35	<i>Curva de crecimiento del largo total, largo parcial y ancho de tilapia</i>	78
Figura 36	<i>Media de los valores de crecimientos de las tilapias en diferentes fechas.....</i>	78

Resumen

La agricultura depende del uso de productos químicos, que provocan la pérdida de la fertilidad del suelo. Para mitigar estos y otros efectos, los agricultores están intentando utilizar soluciones como extractos de microalgas, con el fin de mejorar los rendimientos del sector agrícola, así como para la prevención y el tratamiento de enfermedades en plantas y reducir el impacto ambiental. Por otra parte, el pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*), es una planta que se adapta a los cambios, métodos y/o técnicas de producción. Este estudio evaluó el efecto de *Arthrospira platensis* sobre parámetros fisiológicos en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*) bajo un sistema acuapónico con tilapia roja (*Oreochromis* sp.). El proyecto de investigación utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), se evaluó tres concentraciones de *Arthrospira platensis*: T1 = 1 g.L⁻¹, T2 = 3 g.L⁻¹, T3 = 5 g.L⁻¹ y tres concentraciones de producto comercial de algas marinas: T4 = 1 g.L⁻¹, T5 = 3 g.L⁻¹, T6 = 5 g.L⁻¹. El tratamiento (T3) *Arthrospira platensis* de 5 g.L⁻¹ presentó mejores resultados respecto al testigo (T0), con una mayor productividad en las variables: número de hojas, flores y frutos. Así mismo, la calidad del fruto se incrementó obteniéndose mayores resultados en peso (g), longitud (cm) y ancho del fruto (cm). En el análisis bromatológico el T3 obtuvo los mejores resultados en los parámetros de grasa y ceniza, sin embargo, para el T2 presentó un alto valor en su composición nutrimental de proteína. Finalmente, el factor de conversión alimenticia (FCA) tuvo un valor promedio de (1,466) lo cual fue eficiente ya que estuvo dentro de los límites que permite la tilapia roja y la ganancia de peso (GP) presentó un valor de (2,987 g/día), lo cual cumple con los requerimientos que necesita la tilapia para su crecimiento y desarrollo. En conclusión, la aplicación de *Arthrospira platensis* mejora el desarrollo en los parámetros fisiológicos de las plantas de pepinillo, mejora la calidad del fruto y sus propiedades nutricionales y puede ser utilizado para la fertilización orgánica de sistemas acuapónicos.

Palabras clave: ESPIRULINA, ACUAPÓNICO, PEPINILLO, FITOESTIMULANTE

Abstract

Agriculture depends on the use of chemicals, which cause the loss of soil fertility. To mitigate these and other effects, farmers are trying to use solutions such as microalgae extracts to improve yields in the agricultural sector, as well as to prevent and treat plant diseases and reduce environmental impact. On the other hand, the cucumber (*Cucumis sativus* var. *baby*) is a plant that adapts to changes, methods and/or production techniques. This study evaluated the effect of *Arthrospira platensis* on physiological parameters in the culture of cucumber (*Cucumis sativus* var. *baby*) under an aquaponic system with red tilapia (*Oreochromis* sp.). The research project used a Completely Randomized Design (DCA), three concentrations of *Arthrospira platensis* were evaluated: T1 = 1 g.L⁻¹, T2 = 3 g.L⁻¹, T3 = 5 g.L⁻¹ and three concentrations of commercial marine algae product: T4 = 1 g.L⁻¹, T5 = 3 g.L⁻¹, T6 = 5 g.L⁻¹. The treatment (T3) *Arthrospira platensis* of 5 g.L⁻¹ presented better results compared to the control (T0), with greater productivity in the variables: number of leaves, flowers and fruits. Likewise, the quality of the fruit increased, obtaining higher results in weight (g), length (cm) and width of the fruit (cm). In the bromatological analysis, T3 obtained the best results in the parameters of fat and ash, however, for T2 it presented a high value in its protein nutritional composition. Finally, the feed conversion factor (FCA) had an average value of (1,466) which was efficient since it was within the limits allowed by red tilapia and the weight gain (GP) presented a value of (2,987 g/ day), which meets the requirements that tilapia needs for its growth and development. In conclusion, the application of *Arthrospira platensis* improves the development in the physiological parameters of gherkin plants, improves the quality of the fruit and its nutritional properties and can be used for organic fertilization of aquaponic systems.

Keywords: SPIRULINA, AQUAPONICS, CUCUMBER, PHYTOSTIMULANT

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La acuaponía se basa en una combinación de la hidroponía (cultivo de plantas sin suelo) con la acuicultura (producción de ejemplares acuícolas) utilizando sistemas de recirculación de agua y nutrientes (Colorado *et al.*, 2022).

Muñoz Gutiérrez (2012) menciona que los sistemas acuapónicos ofrecen una serie de ventajas sobre las técnicas de recirculación acuícolas y la parte hidropónica que emplean nutrimentos inorgánicos. Una de las principales ventajas es aprovechar los residuos formados por los organismos acuosos, que son un problema en todas las técnicas de producción.

La producción de pepinillo es beneficioso ya que aportan mucha agua (más del 95 por ciento de su composición), fibra, vitaminas y minerales interesantes desde el punto de vista nutricional. Este tiene un consumo alto como hortaliza fresca, por lo tanto el precio en el mercado es totalmente rentable ya que no tiene fluctuaciones considerables, Muñoz y Tipán (2020). Por otra parte, el pepinillo es una de las plantas que mejor se adaptan a los cambios en los distintos métodos o técnicas de producción, Diédhiou *et al.*, (2020). En el Ecuador el pepinillo tipo “pickling” se siembra tanto en el trópico seco de la costa como en los valles cálidos de la sierra la producción de pepino se realiza de 1 250 ha con un rendimiento de 13.2 tm/ha, (Cedeño y Guzmán, 2008).

La *Arthrospira platensis*, es una Cianobacteria que habita en aguas dulces aprovechada por todo el mundo, y utilizada como un enfoque nutricional. Por lo tanto, provee de una dieta rica en proteínas y favorece a la estimulación del sistema inmunológico de los componentes acuáticos, asimismo es usado como complemento de los piensos acuícolas y empleado como en bioestimulante para las plantas (Marcillo, 2022).

Vivanco Viteri (2022) menciona que el sistema acuapónico fue capaz de absorber más nutrientes tras la aplicación de varias dosis de biofertilizante foliar de espirulina, demostrando una cantidad baja de las sustancias inorgánicas en el tanque de recirculación de agua. Por otra parte, en los resultados obtenidos por Muñoz y Tipán (2020) menciona que se obtuvo un mejor número de frutos por planta en el cultivo de pepinillo con la aplicación del bioestimulante algal. Así mismo, Martínez (2023) señala que el uso del biofertilizante de espirulina fue capaz de incrementar la producción del cultivo de pimiento en condiciones de invernadero, con un rendimiento de 14643.53 kg/ha.

Finalmente, (Navarro, 2022) menciona que el uso de biofertilizante algal sobre las hojas de albahaca en un sistema acuapónico presentó los mejores valores en su composición nutrimental en los parámetros la cantidad de grasa, fibra, proteína, humedad y ceniza.

Con estos antecedentes, la presente investigación se direcciona a utilizar modelos acuapónicos a pequeña y mediana escala en zonas del subtrópico occidental ecuatoriano con la finalidad de validar las propiedades de *Arthrospira platensis* para el buen crecimiento de las plantas, así como para el control sanitario de plagas y enfermedades que puedan presentarse en el cultivo vegetal. Además, en este estudio se tendrá en cuenta la evaluación de rendimiento productivo y bromatológico, en un sistema acuapónico, en módulo NFT para el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*). Considerando el historial de exceso de fertilización que han tenido estos cultivos cuando son manejados en suelo agrícola.

Justificación

Actualmente, la mayor parte de la agricultura se basa en el uso de productos químicos, lo que ha deteriorado y destruido la composición química y microbiológica del suelo, ha simplificado su biodiversidad y ha ido excluyendo a los enemigos comunes de las plagas. Como consecuencia de estos problemas, los agricultores han buscado soluciones como es el uso de extractos vegetales y de microalgas para aumentar el rendimiento agrícola, prevención y el tratamiento de enfermedades en las

plantas. Estos extractos son productos biodegradables y no son tóxicos para animales y humanos. Es por eso que se han visto en la indiscutible necesidad de proteger el medio ambiente y luchar contra los efectos negativos que ocasiona el cambio climático en la agricultura (López Padrón *et al.*, 2020).

Las microalgas pueden utilizarse como biofertilizantes, con el fin de garantizar la inocuidad y asimilación de nutrientes en los cultivos sin afectar la salud de los peces Heredia (2020), a su vez tiene la capacidad de actuar como bioestimulantes y tiene varias aplicaciones, entre ellas tipo foliar ya que los nutrientes disponibles en los extractos de microalgas son fácilmente absorbidos por la hoja a través de los estomas y poros de la cutícula. Otra de las aplicaciones es la enmienda de suelo ya que facilita la retención de la humedad, provee un entorno favorable para el desarrollo radical y estimula actividades microbianas asociadas con la mineralización y movilización de nutrientes. Los distintos metabolitos, minerales y fitohormonas presentes en los bioproductos de algas favorecen el desarrollo y el rendimiento de las plantas, mejoran las características biológicas del suelo e impulsan la productividad frente al estrés biótico y abiótico (Pérez Madruga *et al.*, 2020).

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar el efecto de *Arthrospira platensis* sobre parámetros fisiológicos en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*) en un sistema integrado con tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en el subtrópico occidental del Ecuador.

Objetivos Específicos

- Valorar los parámetros productivos que están relacionados a la fisiología del pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*).
- Determinar el efecto de *Arthrospira platensis* sobre los parámetros bromatológicos en el cultivo de pepinillo.

- Determinar los parámetros productivos de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.).

Hipótesis

Hipótesis nula

“*Arthrospira platensis* en diferentes concentraciones mantiene las mismas condiciones de producción y desarrollo fisiológico del pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*) comparativamente con el uso de productos comerciales a base de algas marinas y aplicados de forma foliar”.

Hipótesis alternativa

“*Arthrospira platensis* en diferentes concentraciones tiene un efecto significativo sobre la producción y desarrollo fisiológico del pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*), comparativamente con productos comerciales a base de algas marinas y aplicados de forma foliar”.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Microalgas marinas

Entre los microorganismos unicelulares capaces de llevar a cabo la fotosíntesis se encuentran las microalgas y las cianobacterias (Fernandez, 2014). El valor que tienen las microalgas marinas (*Macrocystis pyrifera* y *Ascophyllum nodosum*) como fuente de polisacáridos han atraído mucha atención debido a su amplia gama de posibles usos, Miranda *et al.*, (2023). Las microalgas se destacan por su rápido ritmo de crecimiento, que puede duplicarse en cuestión de días y a su vez ocasionan una amplia cantidad de biomasa (Piloto, 2015).

Ynga y Niño (2019) señalan que las microalgas pueden utilizarse como alimento en acuicultura por su capacidad para disminuir la composición de los nitrogenados, aumentar la capacidad de oxígeno y contener una amplia gama de vitaminas y minerales como: vitamina A, B1, B2, C, D, E y K, además de potasio, fósforo, yodo, hierro, fibra, sodio.

Generalidades de la espirulina (*Arthrospira platensis*)

La espirulina es una microalga procariota, multicelular y filamentosa de color verde azulado con bacterias simbióticas que pueden fijar el nitrógeno del aire. Se puede reconocer por la disposición de los tricomas cilíndricos multicelulares en espiral abierta a la izquierda en toda su longitud (Thanh Sang *et al.*, 2015). También, es considerada el alimento del futuro ya que contiene un alto contenido de proteínas (60 %) muy por encima de cualquier otro alimento natural (Bhattacharya, 2023).

Tabla 1

Composición química de Arthrospira platensis

Compuesto	Contenido (g/100g)
Valor calórico	362 kcal
Humedad	4,07 g
Proteína	65,15 g

Compuesto	Contenido (g/100g)
Grasa	7,18 g
Hidratos de Carbono	8,9 g
Fibra	0,45 g
Minerales	7,01 g

Nota. Recuperado de Izquierdo y Gomero (2018).

Tabla 2

Composición de aminoácidos de Arthrospira platensis

Compuesto	Contenido (g/kilo)	Compuesto	Contenido (g/kg)
Aminoácidos esenciales		Aminoácidos no esenciales	
Histidina	13	Ácido aspártico	67
Isoleucina	34	Ácido glutámico	88
Fenilalanina	27	Alanina	47
Leucina	50	Arginina	45
Lisina	28	Cistina	5
Metionina	14	Glicina	32
Treonina	30	Prolina	26
Triptófano	9	Serina	29
Valina	39	Tirosina	27

Nota. Recuperado de Pinto (2013).

Tabla 3

Composición de vitaminas y minerales de espirulina (Arthrospira platensis)

Compuesto	Contenido (mg/μg)	Compuesto	Contenido (%)
Vitaminas		Minerales	
Provitamina A	0,11-0,2 mg	Calcio	0,1-0,4
Vitamina E	4-6 mg	Sodio	0,45-0,5
Vitamina B1 (tiamina)	3,5-5 mg	Potasio	1-14
Vitamina B2 (riboflavina)	3-4 mg	Zinc	0,003
Vitamina B3 (niacina)	0,015 mg	Fósforo	0,3-0,7
Vitamina B6 (piridoxina)	0,6-0,8 mg	Cromo	0,28 mg
Vitamina B12	0,16-0,26 mg	Manganeso	0,005
Ácido fólico	4,5-5,5 mg	Hierro	0,03-0,05
Biotina	5μg	Magnesio	0,1-0,2

Nota. Recuperado de Camacho (2017).

Tabla 4

Composición de ácidos grasos, carbohidratos y pigmentos de Arthrospira platensis

Compuesto	Contenido (%)	Compuesto	Contenido (%)
Ácidos Grasos		Carbohidratos	
Ácido mirístico	0,23	Glicerol	7,4
Ácido palmítico	44,6-54,1	Glucosa	7,5
Ácido linoléico	11-31	Ribosa	8,1
Otros	20,88	Xilosa	4,5
Pigmentos		Manosa	1,9
Clorofila	0,8-1,5	Galactosa	8,2
Carotenoides	0,648	Ramnosa	17,1
Beta-caroteno	15	Fucosa	3,3
Equinenona	7-11	D-glucosamina	2,1
Ficocianina	16-24	No identificados	2,6

Nota. Recuperado de Camacho (2017).

Sistemas de producción de *Arthrospira platensis*

Las microalgas autótrofas pueden utilizarse para producir y obtener biomasa a gran escala, lo cual lo convierte en un sistema viable a nivel económico. Por ejemplo, *Arthrospira platensis* se produce bajo sistemas abiertos y cerrados (Sandoval, 2017). De hecho, la agricultura intensiva y la producción de microalgas son extremadamente comparables (Margarites *et al.*, 2017).

Sistemas abiertos

Estos sistemas conciben tanto entornos creados artificialmente con diversos diseños como entornos naturales, como estanques y lagunas. Entre éstos, el más utilizado es el Raceway que son canales de hormigón ovalados, poco profundos y en forma de circuito cerrado. Este sistema significa de los más económicos, porque es utilizado para tratar aguas residuales de distintas procedencias (Hernández y Labbé, 2014). Sin embargo, el rendimiento de las microalgas es bajo ya que son susceptibles a las variaciones medioambientales, por ejemplo: la concentración de CO₂, la temperatura del agua e iluminación (Cajamar, 2016). El beneficio de la producción bajo este sistema es su gran resistencia, bajo costo y sencillez de diseño y operatividad (Hernández y Labbé, 2014).

En conclusión, para este tipo de sistemas se busca producciones de microalgas como *Chlorella* sp, *Dunaliella* sp, *Nannochloropsis* sp o Espirulina que crezcan en condiciones ambientales extremas, tales como pH, cambios de temperatura y requerimientos determinados.

Sistemas cerrados

Bennouna (2020) señala que los sistemas cerrados son utilizados para cultivar microalgas autótrofas controlando los parámetros de cultivo (agitación, temperatura, pH) para que las microalgas realicen la fotosíntesis. Además, Hernández y Labbé (2014) señalan que este tipo de sistemas permiten establecer cultivos superconcentrados, ya sean monoalgales o mixtos, con valores mayores a $1,4 \text{ g L}^{-1}$ obteniendo una Alta Densidad Celular por sobre $3,5 \text{ g L}^{-1}$ o también una Ultra Alta Densidad Celular entre 14 a 70 g L^{-1} . Estos sistemas presentan una mayor productividad, consiguiendo así una mayor eficacia en la utilización y fijación de CO_2 inyectado (Cajamar, 2016).

Existen diferentes fotobioreactores cerrados con diversos diseños:

- Reactores planos o en placas
- Reactores tubulares
- Horizontales u verticales con movimientos por burbujeo
- Reactores anulares
- Espirales y serpentine

Se recomiendan utilizar estos modelos para la investigación en laboratorio y la producción de biomasa a pequeña escala para obtención de determinados productos como por ejemplo cápsulas de gelatina, suplementos alimenticios pulverizados o productos liofilizados (Hernández y Labbé, 2014).

Producción de *Arthrospira platensis* en Ecuador

La producción de espirulina en Ecuador es artesanal, no ha desarrollado su potencial industrial como en otras naciones como Estados Unidos, Japón, China, Francia, España. (Sandoval, 2017). Sin embargo, hay empresas como “Andes Spirulina” que es la principal planta de producción de espirulina de Ecuador, está situada en Píntag, a 30 kilómetros de Quito (Asero, 2014). Así mismo otra empresa que ofrece la producción de espirulina es “Aldanempres Cia. Ltda.” que está ubicada en Cayambe. Estas empresas se dedican a la recolección y procesamiento de la espirulina siguiendo las buenas prácticas de manufactura, así como a la producción de biomasa seca, por ejemplo, se encuentran productos como suplementos alimenticios micro pulverizados, también espirulina en polvo o a su vez capsulas de gelatina que contienen 400 mg de espirulina, Agro (2017).

Según Caiza (2023) indica que el consumo de turrón procesado enriquecidos con espirulina produce alteraciones en la química sanguínea, mejorando el contenido de proteína, hematocito y glucosa, finalmente incrementando la producción de glóbulos rojos y blancos.

***Arthrospira platensis* en la agricultura**

La incorporación edáfica de *Arthrospira platensis* favorece la germinación y desarrollo de las raíces, por otra parte, cuando se aplica a nivel foliar se activa el sistema inmunológico lo que proporciona cultivos de alta calidad resistentes a las enfermedades y al estrés ambiental, López Padrón *et al.*, (2020). Otra de las cualidades de la espirulina es que contiene reguladores del crecimiento y antioxidantes que pueden ayudar a las plantas a ser más resistentes al estrés ambiental (López Padrón *et al.*, 2020).

Gaibor (2023) indica que el uso del biofertilizante a base de espirulina mejoró el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de pimiento variedad Cida R bajo invernadero. De igual manera, Martínez (2023) señala que el uso de biofertilizante de espirulina aplicado foliarmente incrementó la producción del cultivo de pimiento variedad híbrido Nathalie, con un rendimiento de 14643.53 kg/h.

En el estudio realizado por Coronel (2022) se encontró que, el biofertilizante a base de espirulina presentó mayor productividad con asociándose con un mayor diámetro de cabeza de los repollos cosechados, aumentando el rendimiento del cultivo de lechuga. Cofre (2023) señala que la aplicación foliar de espirulina se debe incluir en el plan de manejo orgánico del cultivo de pimiento, por su alto contenido de aminoácidos que se pueden aportar a la planta.

Según Calvachi (2022) en su estudio sobre el cultivo de girasol menciona que la aplicación foliar con base en *Chlorella* Biotipo 3 mostró mayor longitud del tallo y ancho de tallo con respecto al resto de tratamientos; debido al alto contenido de nitrógeno y potasio que se aportó mediante la fertilización con la microalga.

Características de *Ascophyllum nodosum*

Es un tipo de alga parda con cualidades nutricionales incluido el boro, calcio, nitrógeno, potasio y bioquímicas como polisacáridos complejos distintivos u aminoácidos incluido la lisina, metionina, leucina, por lo que la convierten en un recurso importante para su uso en la agricultura y otras industrias (Montoya, 2021).

Beneficios y aplicaciones

Es utilizado en la fabricación de productos agrícolas, incluidos bioestimulantes y fertilizantes orgánicos. Sus extractos se aplican a cultivos agrícolas ya sea de forma foliar, a las semillas, o al suelo con la finalidad de para mejorar la calidad de los cultivos. Existen varios beneficios durante la aplicación en cultivos, como: el crecimiento vigoroso de las plantas, aumento en la absorción de nutrientes y una mayor tolerancia a un estrés abiótico extremo (Koyama *et al.*, 2012).

Productos a base de microalgas marinas

En el Ecuador existen varios productos específicos como bioestimulantes o fertilizantes orgánicos, dentro de ellos se reconoce a Seaweed Extract, Algax, Stimplex, Agrostemin, este último se utilizó dentro de la investigación como tratamientos y aplicándolos a las plantas de pepinillo.

Agrostemin

Es un extracto de *Ascophyllum nodosum*, posee en su contenido macro y micronutrientes, así como también está compuesto por complementos hormonales como auxinas, citoquininas, giberelinas etc. Este producto tiene un potencial efecto de enraizamiento, busca incitar la floración, cuando existe transplante de plántulas ayuda a reducir el estrés que sufren las mismas, por último, mejora la calidad y aumenta la actividad de los cultivos. Este producto puede ser aplicado de manera foliar a plantas o de forma tipo drench al suelo (EDIFARM, 2018).

Tabla 5

Composición química del producto comercial Agrostemin

Composición	Contenido (p/p %)	Valor máximo (p/p %)	Valor mínimo (p/p %)
Nitrógeno	1,00	0,70	1,50
Fosforo	1,00	0,20	1,10
Calcio	1,00	0,20	0,50
Potasio	20,00	17,00	22,00
Sodio	3,00	2,50	4,00
Materia orgánica	50,00	45,00	55,00
Cenizas	57,00	55,00	60,00

Nota. Recuperado de EDIFARM (2018).

Características del pepinillo

Corresponde a la familia de las cucurbitáceas, es una planta herbácea anual. Su sistema radicular es fasciculado que alcanza una profundidad de hasta 1,30 m. Su tallo es rastrero y veloso que puede alcanzar una longitud de 2,5 m. Posee también zarcillos simples que son útiles para el tutorado natural, Muñoz y Tipán (2020). Las hojas son angulosas o lobuladas y tienen una base cordiforme Fornaris (2001). En una misma planta se presentan flores femeninas que poseen los sépalos de color amarillento y el ovario ínfero trilocular y flores masculinas que tienen forma de campanilla y presentan cinco pétalos

amarillos, su pedúnculo es filamentosos y bastante alargado, Cotrina Vila (2005). El fruto es alargado tubular, mide entre 6 a 12 cm de longitud, denominado como baya falsa (pepónide), por dentro es carnoso en su interior y por fuera es rugosa de color verde oscuro o claro (Mamani, 2016).

Tabla 6

Requerimientos edafológicos del cultivo de pepinillo según las etapas fenológicas

Etapas fenológicas	Temperatura Día (°C)	Temperatura Noche (°C)	HR (%)	DDS	CE (dS.m⁻¹)	pH
Germinación/Emergencia	25	25	90	0 - 14		
Crecimiento vegetativo	23	18	90	15-28		
Floración	24	19	80	29-42		
Fructificación	25	20	75	43-56	1,5-3	5,5-6,5
Llenado de frutos	25	20	75	57-69		
Cosecha				70-75		

Nota. HR: humedad relativa; DDS: días después de la siembra; CE: conductividad eléctrica. Adaptado de Vivanco Viteri (2022).

Requerimientos nutricionales de *Cucumis sativus*

El cultivo de pepinillo hidropónico bajo invernadero presenta un crecimiento productivo más acelerado por lo que no se debe permitir la falta de agua o de nutrientes. En la tabla 7 se observa los requerimientos nutricionales que necesita el pepinillo para su buen desarrollo fisiológico y producción (Sandí, 2016).

Tabla 7

Requerimientos nutricionales para pepinillo sin suelo en condiciones de invernadero

Planta	Rend. ton/ha	Kg/ha				
		N	P2O5	K2O	CaO	MgO
Pepinillo	247	383	210	790	611	112
	300	480	216	792	304	43

Nota. Recuperado de Oyervides Cázares (2005).

Valor nutritivo de *Cucumis sativus*

El agua constituye la mayor parte de un pepinillo, y tiene poca grasa, hidratos de carbono y proteínas, lo que lo convierte en una fruta con calorías muy bajas. Sin embargo, es considerado una buena fuente de fibra (0,50 g), vitaminas como: vitamina C (11 mg), Vitamina A (4mg), Vitamina B1 (0,03 mg), Vitamina B2 (0,03 mg), Vitamina B3 (0,04 mg), Vitamina B5 (0,24 mg), Vitamina C (3,2 mg); y sales minerales como: potasio (140 mg), magnesio (12 mg), calcio (16 mg), fósforo (17 mg), sodio (4 mg), hierro (0,22 mg) (Mamani, 2016).

Tabla 8

Estructura química del fruto de pepinillo en 100 g. de fruta fresca

Factor	Cantidad en 100 gramos de fruta fresca
Agua	95,7 g
Carbohidratos	3,2 g
Proteínas	0,6 g
Grasas	0,1 g
Valor energético	14 kcal.

Nota. Recuperado de Mamani (2016).

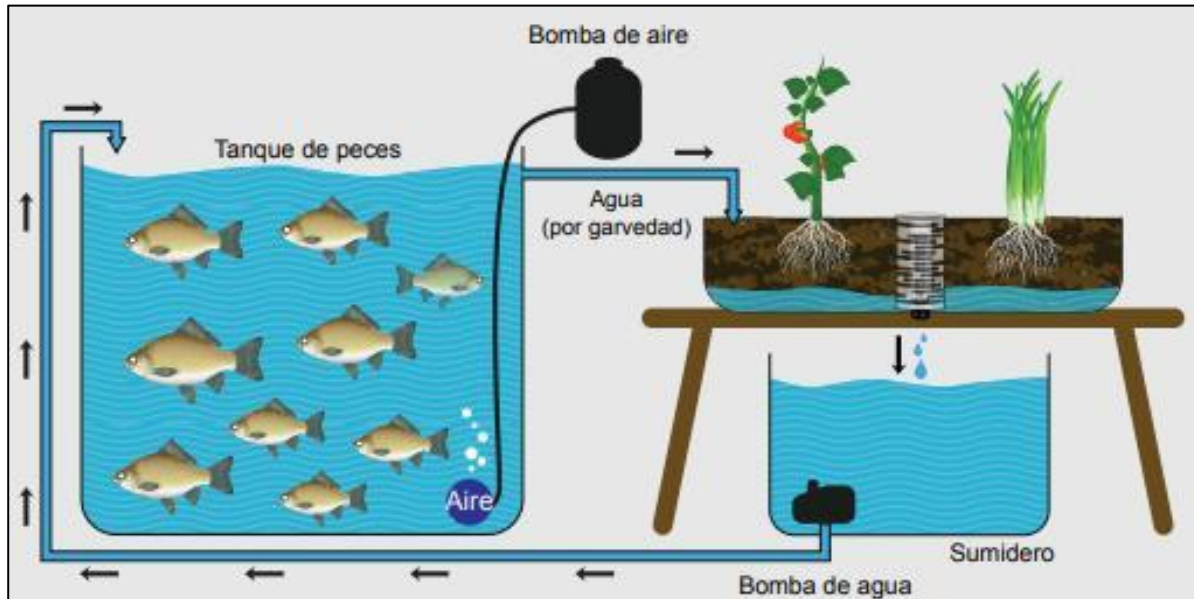
Sistemas acuapónicos

Un sistema de producción de alimentos que integra dos o más componentes (peces y plantas) en un diseño basado en la recirculación del agua se conoce como sistema acuapónico de recirculación, Muñoz Gutiérrez (2012). Por otro lado, la acuaponía representa no solamente a la producción de alimentos con una calidad elevada, sino que también contribuye con la seguridad alimentaria, lo cual es una oportunidad para mejorar las condiciones socioeconómicas de las personas, Colagrosso (2014). La acuaponía lleva costos iniciales altos, sin embargo, la alta inversión queda compensada con el incremento en la producción con la integración de los dos sistemas. Por otra parte, debemos tomar en

cuenta que la acuaponía puede ser más productiva y económicamente posible cuando nos encontramos en situaciones dónde la tierra y el agua son limitados (Somerville *et al.*, 2022).

Figura 1

Unidad de acuaponía simple



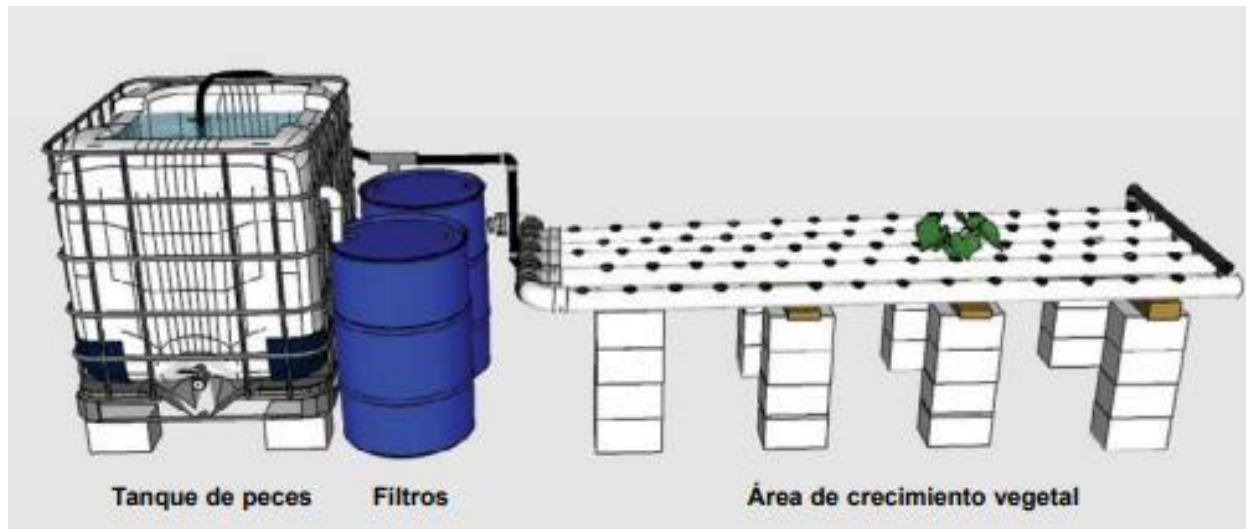
Nota. Recirculación de agua a través de filtros. Recuperado de Somerville *et al.*, (2022).

Sistema NFT en acuaponía

El sistema utilizado es el Nutrient Film Technique (NFT), basado principalmente en la reducción y máximo aprovechamiento del espacio, Báez *et al.*, (2018). En este sistema la planta se desarrolla por el contacto de la raíz directamente con el agua, donde la solución nutritiva fluye constantemente o en intervalos a través de tubos utilizados como canales de cultivo, donde se desarrollan las plantas (Coral Carrillo, 2015).

Figura 2

Sistema NFT en acuaponía



Nota. Este método requiere la colocación de filtros mecánicos y biológicos para eliminar las partículas en suspensión y oxidar al mismo tiempo los residuos peligrosos presentes en el agua. Recuperado de Somerville *et al.*, (2022).

Tilapia roja (*Oreochromis sp*)

Las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo cuentan ya con cultivos de tilapia con temperaturas de 23-33 °C Quijije (2021), y que se caracteriza por su máxima resistencia a las variaciones ambientales y condiciones de pH, temperatura, niveles de oxígeno, niveles de amonio y nitratos (Martínez y Valle, 2021).

En el Ecuador la Tilapia Roja es el segundo cultivo de mayor participación económica, logrando conseguir un crecimiento notorio a una tasa promedio del 7% anual en los últimos años, donde la provincia de Guayas y El Oro son las que más desarrolladas tienen la actividad, Arboleda *et al.*, (2021). En la actualidad, la tilapia roja se cultiva en más de 2.300 hectáreas de espejo de agua, con una producción de 22 mil toneladas métricas al año (Barba, 2015).

Tabla 9

Requerimientos nutricionales para cada etapa de Oreochromis sp.

Etapa	Proteína %	Humedad %	Grasa %	Fibra %	Ceniza %
Alevinaje	50	12	8	3	9
Inicial	38	12	8	4	9
Crecimiento	32	12	7	5	9
Engorde	28	12	6	6	10

Nota. Recuperado de Churuchumbi Cachago (2019).

Tabla 10

Requerimientos ambientales para el cultivo de tilapia roja

Factor	Contenido	Valores óptimos	Valores mínimos	Valores máximos
Temperatura	28-32°C	20-30°C	15°C	37-42°C
Oxígeno Disuelto	4,5mg/L	2-3mg/L	1mg/L	5mg/L
pH	7,5	7-8	5	11
Transparencia de agua	30 y 40 cm	35 cm	30 cm	45 cm
Dureza de Carbonatos	50-350 mg. L ⁻¹	20-200 mg. L ⁻¹	15 mg. L ⁻¹	350-355 mg. L ⁻¹
Nitrógeno Amoniacal Total	0.6 a 1.0 mg. L ⁻¹	0,1 mg. L ⁻¹	0 a 0,1 mg. L ⁻¹	1 mg. L ⁻¹
Nitritos	0,1 ppm	0,5 ppm	0 ppm	1 ppm

Nota. Los elementos medioambientales más significativos que influyen en la productividad y reproducibilidad de estos peces. Recuperado de Mendoza (2021).

Proceso de Nitrificación y desnitrificación en acuaponía

El proceso de nitrificación implica bacterias autótrofas llamadas nitrificantes que oxidan el nitrógeno amoniacal a nitrito y posteriormente a nitrato, y la desnitrificación, que reduce el nitrato a compuestos nitrogenados gaseoso (Figura 3) (Colorado Gómez y Ospina Correa, 2019).

Las bacterias oxidantes de amoníaco, como *Nitrosococcus*, *Nitrospira* y *Nitrosomonas*, así como las bacterias oxidantes de nitrito, como *Nitrobacter*, *Nitrospira*, *Nitrococcus* y *Nitrospina*, son las principales bacterias implicadas en este proceso (Benavides y Daza, 2020).

Estas bacterias son puramente aeróbicas, ya que el proceso, es esencialmente una oxidación:

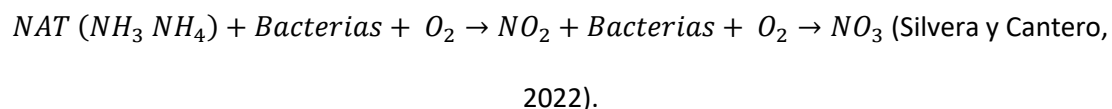
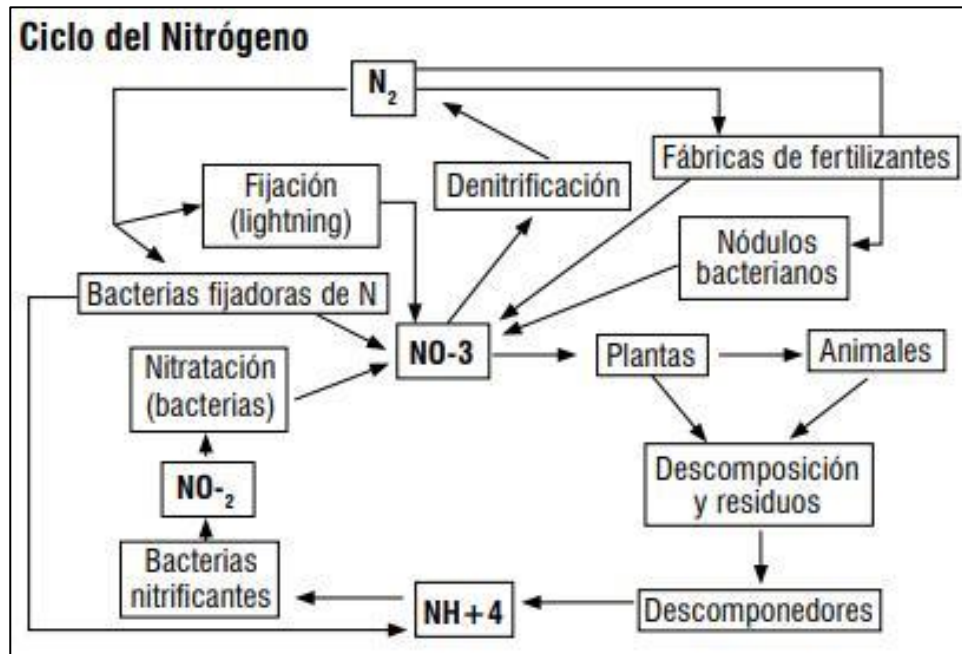


Figura 3

Transformación del nitrógeno



Nota. Procesos de nitrificación y desnitrificación que utilizan nitrato para convertir el nitrógeno. Recuperado de Colorado Gómez y Ospina Correa (2019).

En un cultivo acuapónico, las bacterias nitrificantes se desarrollan durante unos 30 días. El sistema debe ser monitoreado frecuentemente y así verificar la generación del *biofloc*, caso contrario pierde estabilidad la producción del nitrato es baja y la concentración de amonio y nitrito es alta lo que generará estrés en plantas e intoxicación en peces, Colorado Gómez y Ospina Correa (2019).

Se debe tener en cuenta El Balance dentro del sistema acuapónico lo cual simplemente es un equilibrio dinámico entre peces, bacterias nitrificantes y plantas cuya finalidad es lograr un éxito de todo el sistema (figura 4) (Candarle, 2015).

Determinación de la cantidad de amoníaco producida por los alimentos

El amoníaco es un subproducto de la degradación de las proteínas. En promedio, el 30 % de las proteínas suministradas por la dieta son retenidas en el cuerpo de los peces, el 70 % del nitrógeno se

pierde: el 15 % no se digiere y sale en forma de heces y alimento no consumido, y por último el 55 % restante es excretado por los peces en forma de amoníaco (Somerville *et al.*, 2022).

Por lo tanto, la cantidad de amoniaco se calcula de la siguiente manera:

* 1000 g de alimento balanceado para peces con 24% de proteína

$$1000 \text{ g alimento} \times \frac{24 \text{ g proteína}}{100 \text{ g alimento}} \times \frac{16 \text{ g } N_2}{100 \text{ g proteína}} \times \frac{61 \text{ g } N_2 \text{ desperdiciado}}{100 \text{ g } N_2 \text{ total}} \times \frac{1,2 \text{ g } NH_3}{1 \text{ g } N_2} = 28,11 \text{ g } NH_3$$

* 1000 g de alimento balanceado para peces con 28% de proteína

$$1000 \text{ g alimento} \times \frac{28 \text{ g proteína}}{100 \text{ g alimento}} \times \frac{16 \text{ g } N_2}{100 \text{ g proteína}} \times \frac{61 \text{ g } N_2 \text{ desperdiciado}}{100 \text{ g } N_2 \text{ total}} \times \frac{1,2 \text{ g } NH_3}{1 \text{ g } N_2} = 32,8 \text{ g } NH_3$$

* 1000 g de alimento balanceado para peces con 32% de proteína

$$1000 \text{ g alimento} \times \frac{32 \text{ g proteína}}{100 \text{ g alimento}} \times \frac{16 \text{ g } N_2}{100 \text{ g proteína}} \times \frac{61 \text{ g } N_2 \text{ desperdiciado}}{100 \text{ g } N_2 \text{ total}} \times \frac{1,2 \text{ g } NH_3}{1 \text{ g } N_2} = 37,48 \text{ g } NH_3$$

* 1000 g de alimento balanceado para peces con 35% de proteína

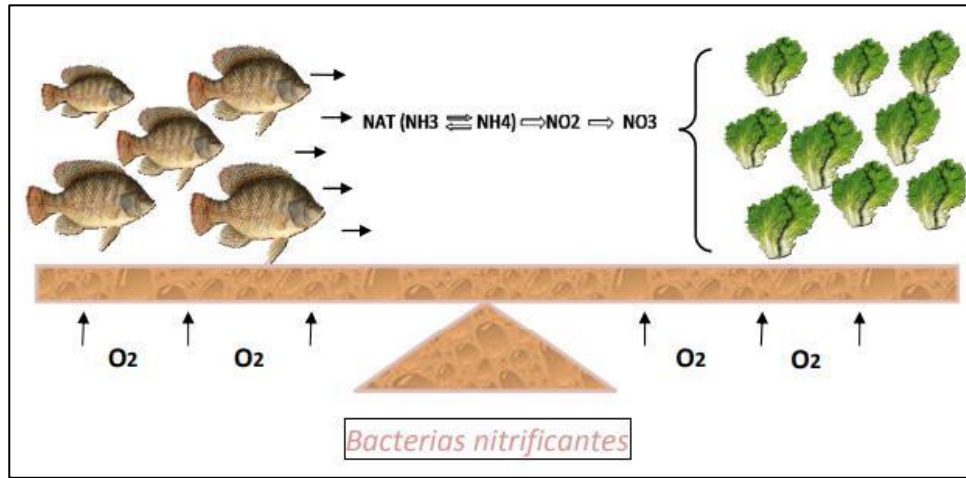
$$1000 \text{ g alimento} \times \frac{35 \text{ g proteína}}{100 \text{ g alimento}} \times \frac{16 \text{ g } N_2}{100 \text{ g proteína}} \times \frac{61 \text{ g } N_2 \text{ desperdiciado}}{100 \text{ g } N_2 \text{ total}} \times \frac{1,2 \text{ g } NH_3}{1 \text{ g } N_2} = 41 \text{ g } NH_3$$

* 1000 g de alimento balanceado para peces con 38% de proteína

$$1000 \text{ g alimento} \times \frac{38 \text{ g proteína}}{100 \text{ g alimento}} \times \frac{16 \text{ g } N_2}{100 \text{ g proteína}} \times \frac{61 \text{ g } N_2 \text{ desperdiciado}}{100 \text{ g } N_2 \text{ total}} \times \frac{1,2 \text{ g } NH_3}{1 \text{ g } N_2} = 44,51 \text{ g } NH_3$$

Figura 4

Sistema balanceado entre peces, plantas y bacterias nitrificantes



Nota. Considerar la importancia de preservar un equilibrio de cargas en las tres comunidades primarias presentes en el sistema acuapónico: peces, bacterias y plantas. Recuperado de Candarle (2015).

Tabla 11

Niveles de producción y uso de diferentes tipos de cultivos en acuaponía

Espece vegetal	Peso de cosecha (g)	Talla de cosecha (cm)	Productividad	Autor
Pepinillo (<i>Cucumis sativus</i>)	5,93 g	4,17 cm	308 g/m ² por 90 días	(Muñoz y Tipán, 2020)
Pimiento (<i>Capsicum annum</i>) Var. híbrido Nathalie	119,18 g	17,04 cm	1464.353 g/m ² por 120 días	(Martínez, 2023)
Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	3,9 g	40,39 cm	1486,53 g/m ² por 90 días	(Navarro, 2022)
Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	493,67 g	22,10 cm	9833,84 g/m ² por 90 días	(Vivanco Viteri, 2022)
Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) Var. Batavia	61,59 g	10,71 cm	6720 g/m ² por 60 días	(Ortiz y Ramos, 2018)

Nota. Autoría propia.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

Ubicación del área de investigación

El estudio se realizó en El Centro Piscícola Nanegal, el proyecto piscícola cuenta con una extensión de 3 ha. Pertenece al Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha y se encuentra ubicado en el barrio La Delicia, vía a Marianitas, parroquia Nanegal, cantón Quito, provincia de Pichincha (figura 5). Su altitud oscila entre los 800 y 2800 msnm y su temperatura promedio es de 24°C. Es atravesado por el río Alambi.

Figura 5

Localización geográfica del Centro Piscícola Nanegal



Nota. Recuperado de Google Maps (2023).

Materiales utilizados en la investigación

Químico

- Agua destilada
- Alcohol 70%
- Acetona
- Algodón

- Kits de análisis de NO₂, NO₃, NH₄ y PO₃

Biológico

- Tilapias pertenecientes al Centro Piscícola Nanegal:
 1. Estanque 1: 1000 ejemplares de 8,5 gramos promedio
 2. Estanque 2: 2000 ejemplares de 240 gramos promedio
- Plántulas de pepinillo: 300 plántulas variedad baby de 10 cm de altura. Adquiridas en la ciudad de Machachi.
- Microalgas: 100 gramos de *Arthrospira platensis* liofilizado obtenidos del laboratorio de Acuicultura IASA I.
- Bacterias Nitrificantes: 200 gramos de Fresh Plus de bacterias beneficiosas (*Paracoccus pantotrophus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus amyloliquefaciens*) a una concentración $\geq 1.5 \times 10^9$ UFC/g.

Físicos

- Aireador
- Vasos plásticos y esponja
- Atomizadores
- Piolas
- Nivel
- Metro

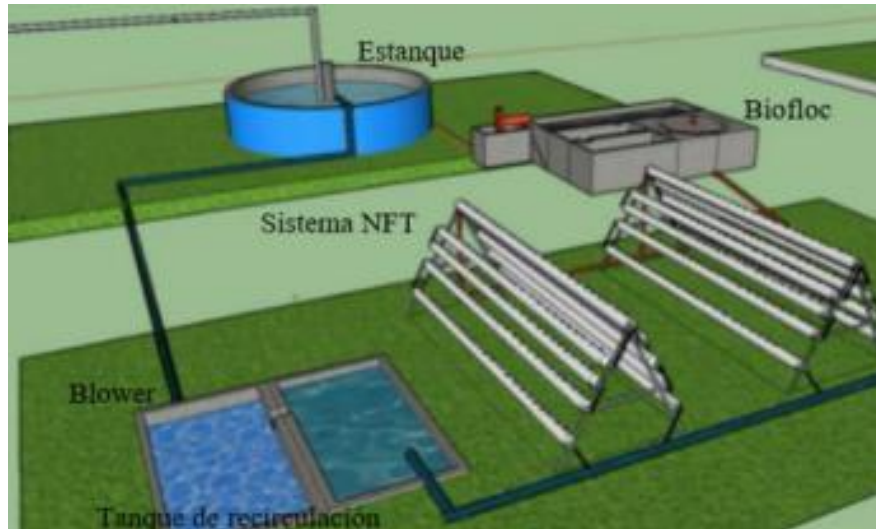
Equipos

- Multiparamétrico
- Estufa
- Liofilizador
- Balanza analítica

- Ictiómetro
- Refractómetro
- Bandejas de aluminio

Figura 6

Esquema del sistema acuapónico del Centro Piscícola Nanegal



Nota. Recuperado de Navarro (2022).

Metodología

Instalación del sistema acuapónico

La implementación del experimento constó de 4 partes:

1. Invernadero con dos estanques de tilapias; el primer estanque con 0,76 metros de profundidad y 6,06 metros de diámetro y con una densidad de 1000 ejemplares de 8,5 gramos promedio de peso y un segundo estanque con 0,90 metros de profundidad y 5,73 metros de diámetro y con una densidad de 2000 tilapias de engorde de 240 gramos promedio de peso.
2. El sistema de nitrificación contó con 4 estanques las cuales se repartieron de la siguiente manera: tres tanques sedimentadores (1 de 2m³ y 2 de 1m³) el sobrante es un tanque

cilíndrico de 2,5m³ donde sucedió los procesos de nitrificación y desnitrificación de las bacterias autótrofas y heterótrofas.

3. También tuvo lugar un sistema NFT que constó de tres estructuras metálicas con 9 tubos de 4 pulgadas de diámetro y 4,10 metros de longitud cada una, estos tubos tenían 27 orificios de 5 cm de diámetro y cada tubo conectado por mangueras de $\frac{3}{4}$ de pulgada para la circulación de agua.
4. Para la última parte se contó con un sistema de recirculación de agua con una capacidad de 2m³ que estaba conectado a una blower para un correcto proceso de circulación de agua tratada.

Manejo del cultivo de pepinillo

Para la instalación del proyecto se utilizó plántulas de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*), con 15 cm de altura, las plántulas tuvieron un periodo de adaptación de 3 días en el invernadero donde se encuentra el sistema. Posteriormente, se procedió a sacar las mejores plántulas del pilón, seguido de ello, se lavó las raíces para luego colocarlas en los vasos de 5 onzas con su respectiva esponja. Finalmente, se colocaron en el sistema NFT. Cada 7 días se realizó una poda de hojas viejas/secas y asimismo se tomó los datos de 12 plantas por tratamiento y repetición de los parámetros fisiológicos (altura de la planta, número de hojas, longitud de la raíz, índice foliar, número de flores y número de frutos).

Manejo del cultivo de tilapia roja

Se utilizó 1000 ejemplares en el primer estanque y 2000 ejemplares en el segundo estanque de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) con un promedio de peso de 8,5 y 240 gramos respectivamente, pertenecientes al Centro Piscícola Nanegal. Se procedió a suministrar el alimento de forma diaria con 200 gramos de balanceado para el primer estanque y 1065 gramos para el segundo estanque con una frecuencia de alimentación de 2 raciones por día, una en la mañana y otra en la tarde. Finalmente, cada

15 días se realizó la medición morfométrica de los peces. Bajo estas condiciones se utilizó alimento balanceado con 28 % y 38 % de proteína.

Entonces la cantidad de amoníaco producida por el balanceado fue de:

$$200 \text{ g alimento} \times \frac{28 \text{ g proteína}}{100 \text{ g alimento}} \times \frac{16 \text{ g N}_2}{100 \text{ g proteína}} \times \frac{61 \text{ g N}_2 \text{ desperdiciado}}{100 \text{ g N}_2 \text{ total}} \times \frac{1,2 \text{ g NH}_3}{1 \text{ g N}_2} = 6,55 \text{ g NH}_3$$

$$1065 \text{ g alimento} \times \frac{38 \text{ g proteína}}{100 \text{ g alimento}} \times \frac{16 \text{ g N}_2}{100 \text{ g proteína}} \times \frac{61 \text{ g N}_2 \text{ desperdiciado}}{100 \text{ g N}_2 \text{ total}} \times \frac{1,2 \text{ g NH}_3}{1 \text{ g N}_2} = 47,4 \text{ g NH}_3$$

Cultivo de la espirulina (*Arthrospira platensis*)

Se manejó *Arthrospira platensis* que se adquirió del Proyecto Acuícola ubicado en Pailones del IASA I, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. En los tanques de espirulina se realizó mediciones de los parámetros físico-químicos como: pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y salinidad, durante dos días a la semana. Para mantener el cultivo, se realimentó con una solución nutritiva que abarca: 10,0 g.L⁻¹ de carbonato de sodio (NaCO₃), 5,0 g.L⁻¹ de cloruro de sodio (NaCl), 20,0 ml de solución de macroelementos (50,0 g de nitrato de potasio (KNO₃) y 5,0 g de fosfato monoamónico (NH₄H₂PO₄)), 1,0 mL de solución de microelementos (solución de hierro quelatado).

Cosecha de la espirulina (*Arthrospira platensis*)

El cultivo se cosechó en fundas ziploc cada 7 días de los dos tanques de espirulina. Para mantener la cosecha se colocó las fundas ziploc que contenían la espirulina en la congeladora durante tres días. Finalmente, la espirulina congelada se trituró en bandejas metálicas que posteriormente se colocó dentro del liofilizador a una temperatura de niquelinas de 35,3°C y una presión de -0,85 bar durante 4 días en el laboratorio de poscosecha y agroindustria. Una vez liofilizado se trituró en morteros y se colocó en envases herméticos para obtener el producto final.

Diseño experimental

En el proyecto de investigación se estableció un diseño completamente al azar (DCA) con 7 tratamientos, se colocó 84 plantas de pepinillo en un sistema acuapónico, en donde se evaluó tres concentraciones de *Arthrospira platensis* que son: 1 g.L⁻¹, 3 g.L⁻¹, 5 g.L⁻¹ y tres concentraciones de producto comercial de algas marinas que son: 1 g.L⁻¹, 3 g.L⁻¹, 5 g.L⁻¹. Siendo un total de 6 tratamientos más el testigo (7), cada uno con tres repeticiones, dando un total de 21 unidades experimentales.

Modelo del diseño experimental: $Y_{ij} = \mu + F + e_{ij}$

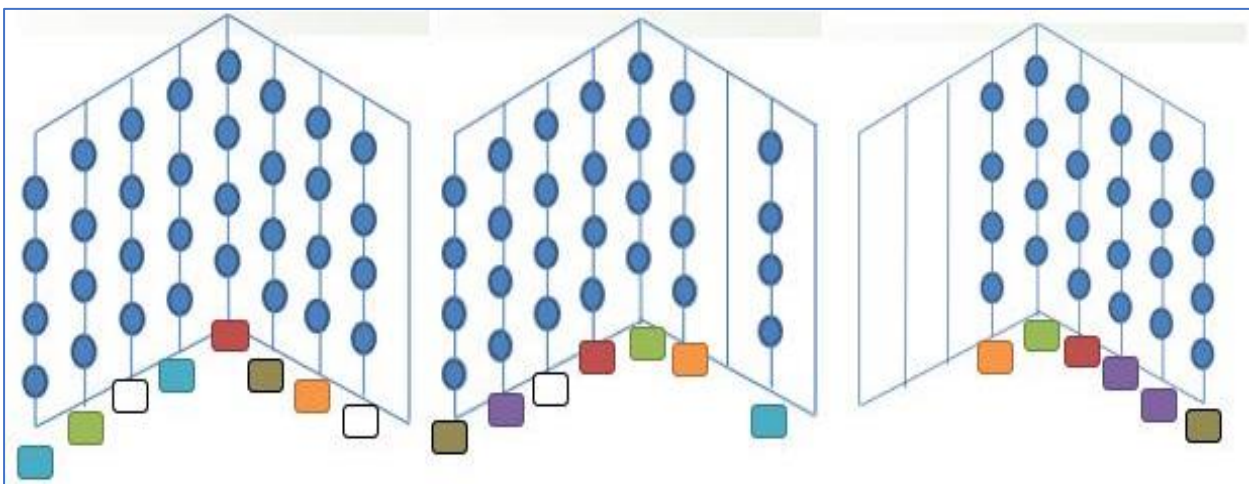
Donde:

- Y_{ij} : Parámetros fisiológicos del pepinillo
- μ : Media general
- F : Efecto de la i-ésimo tratamiento
- e_{ij} : Error experimental

Croquis experimental


Figura 7


Croquis del diseño experimental de la investigación





Nota. Autoría propia.


Donde:


 = T0.R1, T0.R2, T0.R3


 = T1.R1, T1.R2, T1.R3

 = T2.R1, T2.R2, T2.R3

 = T3.R1, T3.R2, T3.R3

 = T4.R1, T4.R2, T4.R3

 = T5.R1, T5.R2, T5.R3

 = T6.R1, T6.R2, T6.R3

Unidades Experimentales

Las unidades experimentales fueron 21, los cuales fueron los tubos de 4 pulgadas de diámetro y 4,10 metros de longitud que forman parte del sistema NFT y cada unidad/tubo constó de 12 plantas de pepinillo.

Tratamientos a probar

Se evaluó los parámetros fisiológicos de pepinillo bajo tres concentraciones de *Arthrospira platensis* y bajo tres concentraciones de producto comercial de algas marinas

T0: Control

T1: *Arthrospira platensis* de 1 g.L⁻¹

T2: *Arthrospira platensis* de 3 g.L⁻¹

T3: *Arthrospira platensis* de 5 g.L⁻¹

T4: Producto comercial de algas marinas de 1 g.L⁻¹

T5: Producto comercial de algas marinas de 3 g.L⁻¹

T6: Producto comercial de algas marinas de 5 g.L⁻¹

Análisis estadístico

Se trabajó a un nivel de confianza del 95%, para las variables se utilizó estadística descriptiva para la media, desviación estándar y coeficiente de variación. Una vez cumplidos con los supuestos de normalidad y homocedasticidad se procedió a los análisis oportunos al ANAVA. Detectando diferencias estadísticas entre los tratamientos se aplicó el análisis de comparación múltiple de LSD Fisher para verificar el nivel de significancia entre tratamientos en las diferentes concentraciones de espirulina. El análisis se realizó en el software estadístico InfoStat.

VARIABLES DE MEDICIÓN

Sistema acuapónico

- Durante 55 días cada tres horas con el equipo multiparamétrico HI 9829 HANNA Instruments® se tomaron valores del sistema acuapónico de temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos.
- Cada 10 días se tomaron datos de fosfatos, nitratos, nitritos y amonio de los tanques del sistema acuapónico para su evaluación.

Figura 8

Análisis de calidad de agua de fosfatos, nitratos, nitritos y amonio del sistema acuapónico



Nota. Análisis realizados en el laboratorio de Acuicultura IASA I. Autoría propia.

Peces

- Se realizó mediciones semanales de los parámetros morfológicos, incluido el ancho, largo total, peso y largo parcial de los peces con los equipos: balanza electrónica e Ictiómetro.

Posteriormente se realizó los cálculos para determinar parámetros productivos como: ganancia de peso (GP), tasa de crecimiento específico (TCE), factor de conversión alimenticia (FCA), eficiencia alimenticia (EA) utilizando las siguientes fórmulas:

- Aumento de peso diario (GP)

$$GP = \frac{\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}}{\text{tiempo (días)}}$$

- tasa de crecimiento específico (TCE)

$$TCE = \frac{\ln \text{peso final} - \ln \text{peso inicial}}{\text{tiempo (días)}} \times 100$$

- Factor de conversión alimenticia (FCA)

$$FCA = \frac{\text{total de alimento consumido}}{\text{peso ganado (g)}}$$

- Eficiencia de conversión alimenticia (ECA)

$$ECA = \frac{1}{FCA} \times 100$$

Figura 9

Análisis de los parámetros morfológicos de las tilapias



Nota. Análisis realizados en el Centro Piscícola Nanegal. Autoría propia.

Plantas

- **Altura de la planta:** En 12 plantas por tratamiento, se tomaron medidas de altura cada semana.
- **Número de hojas:** Se contó el número de hojas presentes en 12 plantas por tratamiento cada semana.
- **Longitud de la raíz:** Al final de cada semana se realizó la medición de la longitud de la raíz en 12 plantas por tratamiento.
- **Índice foliar:** Se midió el índice foliar de las hojas presentes en 12 plantas por tratamiento semanalmente.
- **Número de flores:** En 12 plantas por tratamiento se contabilizó el número de flores presentes cada semana.
- **Número de frutos:** Después del llenado de frutos se contó el número de los mismos presentes en 12 plantas por tratamiento.

Figura 10

Evaluación de los parámetros fisiológicos de las plantas de pepinillo



Nota. Análisis realizados en el Centro Piscícola Nanegal. Autoría propia.

- **Análisis bromatológico del fruto:** Para cada tratamiento, se utilizó la técnica de análisis proximal de los frutos del pepinillo para cuantificar el porcentaje de proteína, grasa, ceniza, humedad y fibra y determinar así la calidad nutricional.

- **Análisis de proteína**

Los resultados de proteína por cada tratamiento fueron analizados en el laboratorio de bromatología de Agrocalidad por el método de Kjeldahl.

- **Análisis de fibra vegetal por el método gravimétrico**

Digestión: Se pesó 3 g de muestra de cada tratamiento previamente secada y triturada, adicionalmente la muestra se colocó en un matraz de Erlenmeyer de 250 mL, luego se adicionó 100 mL de ácido clorhídrico (HCl). Posteriormente se colocó cada matraz de Erlenmeyer en la plancha de calentamiento por 2 horas hasta su ebullición (Figura 9).

Filtrado: En el matraz de Erlenmeyer de 250 mL se colocó un embudo de vidrio con papel filtro para posteriormente trasvasarlo con 200 mL de agua destilada. Finalmente se lavó

el papel filtro que contenía la muestra sobre el matraz de Erlenmeyer con 100 mL de hidróxido de sodio (NaOH).

Secado: Obtenida la muestra húmeda dentro del papel filtro se colocó en la estufa de secado a 90°C por 24 horas. Posteriormente las muestras ya secas se pesaron en la balanza analítica. Finalmente se obtuvo los valores de cada tratamiento y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%F = \frac{A - B}{C} \times 100$$

$A = \text{peso del papel} + \text{muestra}, \quad B = \text{peso del papel},$

$C = \text{peso de la muestra}$

Figura 11

Análisis de fibra de los frutos de pepinillo



Nota. Autoría propia.

➤ **Análisis de humedad**

Las muestras tomadas del sistema NFT fueron cortadas en rodajas muy finas, se colocaron en una bandeja de aluminio para luego pesarlas, una vez tomado el dato húmedo, se colocó en la estufa durante 48 horas a 90°C, finalmente se sacó de la estufa las muestra y se volvió a pesar y posteriormente hacer la diferencia entre las muestras húmeda y seca y así obtener el valor de humedad de los tratamientos.

Figura 12

Análisis de fibra de los frutos de pepinillo



Nota. Autoría propia.

➤ **Análisis de ceniza vegetal por el método gravimétrico**

Se pesó el crisol que contenía 3 g de muestra de cada tratamiento, luego se colocó en el horno tipo mufla sobre la plancha de calentamiento a 500°C por 4 horas. Finalmente se quitaron los crisoles dentro del desecador. Con los valores obtenidos se aplicó la siguiente fórmula y así poder determinar el porcentaje de ceniza:

$$\%C = \frac{Pf - C}{M} \times 100$$

Donde:

Pf = peso final, C = peso del crisol,

M = peso de la muestra

➤ **Análisis de grasa por el método de Soxhlet**

Se pesó los balones de aforo que son utilizados para cada tratamiento y se registra el valor. Luego se pesa 3 g de la muestra previamente secada y triturada y se colocó dentro de un cartucho de papel filtro. Se debe preparar con antelación el equipo de Soxhlet. Colocar el balón de aforo en la placa de calentamiento a 250°C y en el extractor colocar el cartucho con la muestra y posteriormente colocar acetona hasta que realice el primer sifoneo, luego se colocó

el refrigerante para tener una entrada y salida de agua. Después de cuatro sifoneos, el disolvente se evapora y condensa, quedando los lípidos en el balón de aforo. Posteriormente el balón de aforo con la grasa se colocó en la estufa durante 24 horas. Finalmente se pesó el balón en la balanza analítica y se registró el valor, para luego aplicar la siguiente fórmula y así determinar el porcentaje de grasa:

$$\%G = \frac{B2 - B1}{m} \times 100$$

Donde:

B1 = peso del balón inicial, B2 = peso del balón con muestra final,

m = masa de la muestra en gramos

Figura 13

Análisis bromatológico de los frutos de pepinillo



Nota. Análisis realizados en el laboratorio de Química IASA I. Autoría propia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Análisis productivos de las plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*) en un sistema acuapónico

Las condiciones de producción y desarrollo fisiológico de las plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*) está directamente correlacionada con las diferentes dosis de espirulina y dosis de producto comercial de algas marinas que se aplicó de manera foliar, así como también la calidad de agua y los nutrientes que de forma constante va recirculando sobre el sistema.

A los 70 días de experimento los análisis productivos de las variables: altura, área foliar, número de flores y número de frutos presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). El T2 alcanzó la mayor altura ($117,87 \pm 21,65$ cm) en comparación al testigo y a los diferentes tratamientos. Por otro lado, las plantas de pepinillo que se sometieron al T3 presentaron un mayor número de flores ($3,14 \pm 1,93$ flores por planta) y un mayor número de frutos ($3,83 \pm 1,41$ frutos por planta) en comparación a los diferentes tratamientos y al testigo. El T0 alcanzó una mayor área foliar ($132,17 \pm 34,12$ cm²). Finalmente, tanto el número de hojas como la longitud de la raíz no se evidenciaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($p > 0,05$) (Tabla 12).

Tabla 12

Valores medios \pm DE, de parámetros productivos de las plantas de pepinillo durante 70 días

Tratamientos	Altura (cm)	Número de hojas (unidades)	Longitud de raíz (cm)	Área Foliar (cm ²)	Número de flores (unidades)	Número de frutos (unidades)
T0	117,68 \pm 17,74 c	9,58 \pm 1,73 a	27,63 \pm 5,63 a	132,17 \pm 34,12 c	2,12 \pm 2,18 ab	1,58 \pm 0,72 ab
T1	92,62 \pm 10,75 a	7,5 \pm 2,11 a	27,88 \pm 7,13 a	101,50 \pm 12,13ab	2,61 \pm 1,78 cd	1,50 \pm 0,90 ab
T2	117,87 \pm 21,65 c	10,17 \pm 4,34 a	31,17 \pm 8,16 a	111,00 \pm 34,11 bc	2,94 \pm 2,26 de	2,00 \pm 1,08 ab
T3	111,77 \pm 29,79 bc	11,4 \pm 2,35 a	29,83 \pm 6,00 a	104,83 \pm 10,73 bc	3,14 \pm 1,93 e	3,83 \pm 1,41 c
T4	91,45 \pm 31,89 ab	10,08 \pm 3,81 a	33,16 \pm 7,41 a	86,20 \pm 14,87 a	1,98 \pm 2,15 a	1,39 \pm 0,52 a
T5	101,61 \pm 16,98 abc	8,92 \pm 3,80 a	31,6 \pm 5,97 a	122,25 \pm 18,53 c	2,40 \pm 2,11 bc	2,17 \pm 0,94 ab
T6	96,98 \pm 25,85 ab	8,08 \pm 2,02 a	27,84 \pm 4,62 a	95,25 \pm 19,00 ab	2,25 \pm 1,40 ab	1,42 \pm 1,00 a

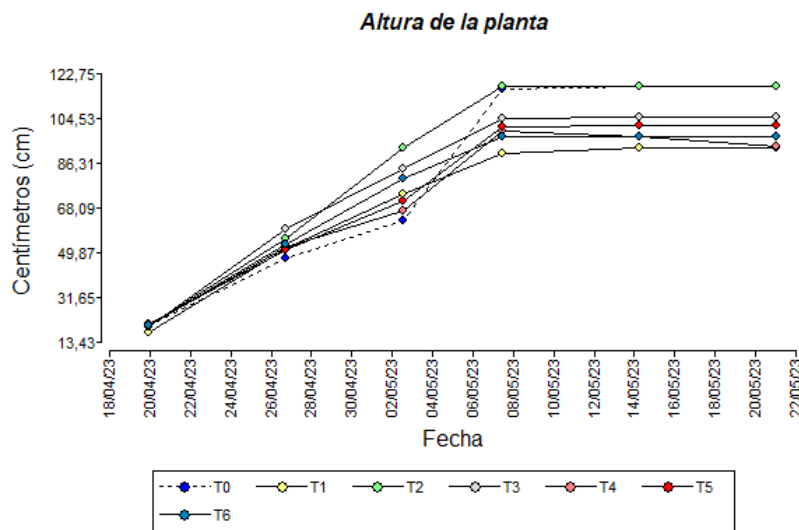
Nota. Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente distintos ($p > 0,05$). En las variables número de flores y altura para que cumplan los supuestos de normalidad y homocedasticidad del análisis de varianza, se realizó una transformación R^2 . Para las variables número de hojas y longitud de raíz se usó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Autoría propia.

Altura de la planta

El T2 (3 g.L⁻¹ de *Arthrospira platensis*) alcanzó su mayor altura (117,87 ± 21,65 cm) a los setenta días de experimento (Figura 14). Un resultado similar realizado Vivanco Viteri (2022) muestran que la aplicación de 2 g.L⁻¹ de biofertilizante a base de espirulina en plantas de pepino presentaron una altura de (122,94 ± 4,08 cm) a los noventa días. Por otro lado, Muñoz y Tipán (2020) utilizando *Chlorella* Biotipo 3 al 75 % cada 10 días en plantas de pepinillo obtuvo una altura promedio de (13,4 ± 0,69 cm) a los noventa días. Escobar (2023) menciona que el extracto de espirulina *Arthrospira platensis* acelera la germinación de semillas y presenta un efecto estimulante en el crecimiento de las plantas. Según Al Far *et al.*, (2019) en su estudio menciona el cultivo de pepinillo baby obtuvo el valor más alto de planta cuando se cultivó en medio TPS (toba + perlita + aserrín) con valor promedio de (239,3 cm). Por lo tanto, Martínez (2023) menciona que los compuestos bioactivos presentes en la espirulina le permiten actuar como un óptimo bioestimulante agrícola capaz de mejorar ciertas características agronómicas como la altura de la planta.

Figura 14

Desempeño de la altura de la planta con diferentes tratamientos



Nota. Representación del crecimiento de las plantas de pepinillo variedad baby durante 70 días. Autoría propia.

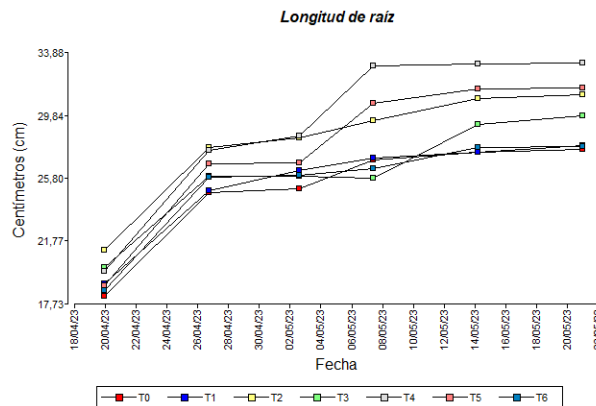
Longitud de raíz

El T4 (1 g.L⁻¹ de producto comercial de algas marinas) alcanzó la mayor longitud de raíz (33,16 ± 7,41 cm) a los setenta días de experimento (Tabla 12; figura 15). Un resultado similar realizado por Muñoz y Tipán (2020) muestra que la aplicación de *Chlorella* Biotipo 3 al 75 % cada 10 días en plantas de pepinillo obtuvo una presentaron una longitud de la raíz de (27,85 ± 1,22 cm).

Por otro lado, González (2022) menciona que compuestos polisacáridos presentes en los extractos de algas como polímeros de galactosa o carragenanos pueden funcionar como quelantes y potenciar el alargamiento de las raíces. Al Far *et al.*, (2019) señalan en su estudio que la longitud de raíz que alcanzaron las plantas de pepinillo baby con un sustrato de (toba + perlita 50% cada uno) bajo invernadero fue de (25,5 cm). Vargas (2019) afirma que los extractos de algas marinas se han aplicado por aspersión foliar y al sustrato para mejorar el crecimiento de la planta en condiciones extremas. Espinosa *et al.*, (2020) menciona que la aplicación de extractos de algas marinas actúa como promotor del enraizamiento, esta respuesta morfológica se atribuye frecuentemente a la actividad de auxinas y citocininas endógenas estimuladas en las plantas tratadas.

Figura 15

Desempeño de la longitud de la raíz con diferentes tratamientos



Nota. Muestra del crecimiento de la longitud de raíz de las plantas de pepinillo variedad baby durante 70 días. Autoría propia

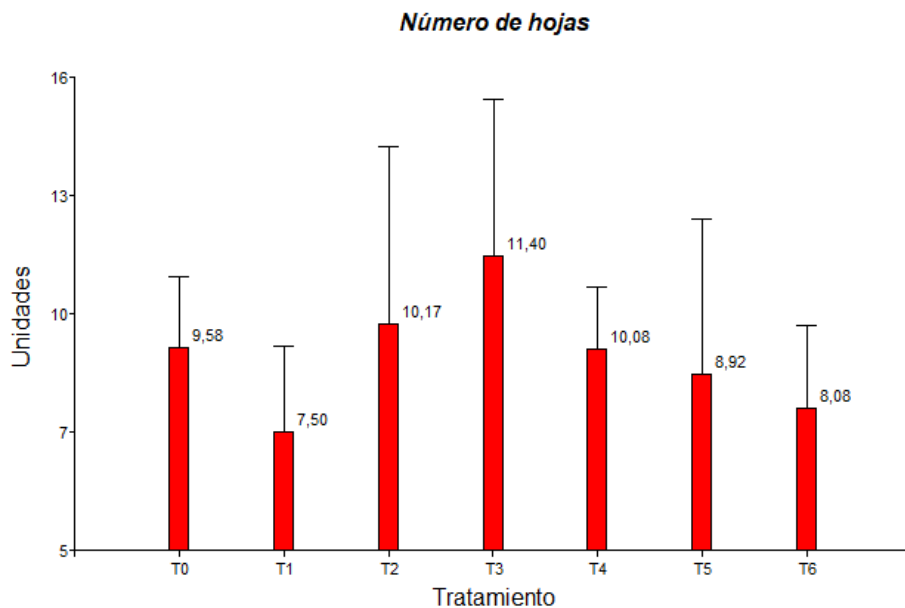
Número de hojas

El T3 (5 g.L⁻¹ de *Arthrospira platensis*) alcanzó el mayor número de hojas (11,40 ± 2,35 unidades) a los setenta días de experimento (Figura 16).

Pérez Madruga *et al.*, (2020) mencionan que los extractos a base de espirulina muestran una amplia gama de respuestas positivas que incluyen desarrollo del sistema radicular, mayor número de hojas, área foliar y aumento de la calidad de la fruta. Gaibor (2023) menciona que en la espirulina pueden encontrarse altas concentraciones de macronutrientes y micronutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo óptimo de los cultivos. Por otra parte, Córdova (2019) señala que la presencia de fitohormonas en los bioproductos algales genera una acción foliar importante incidiendo principalmente en el incremento del número de flores y hojas.

Figura 16

Desempeño del número de hojas con diferentes tratamientos



Nota. Muestra del número de hojas de las plantas de pepinillo variedad baby durante 70 días. Autoría propia.

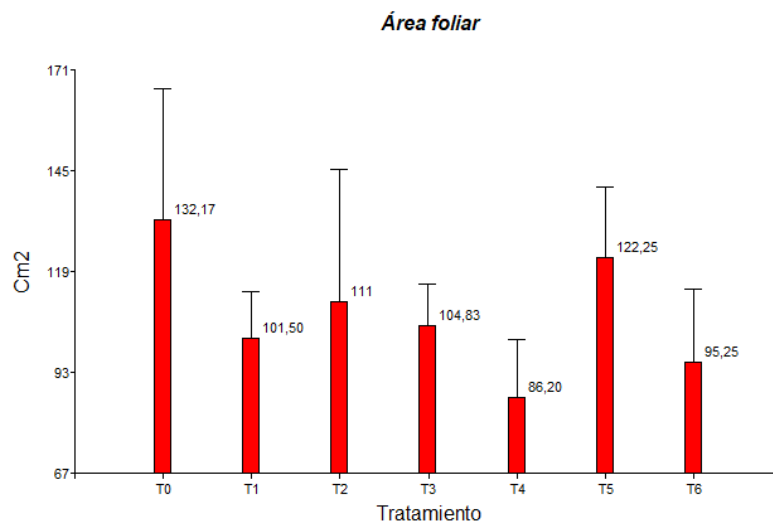
Área Foliar

El T0 (testigo) alcanzó la mayor área foliar en sus hojas ($132,17 \pm 34,12 \text{ cm}^2$) durante los 70 días de experimento (Tabla12; figura 16), esto puede deberse a que el pepinillo es una planta que florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas. A mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción e incrementará el área foliar. Un resultado similar realizado por Calvachi (2022) señala en su estudio que la aplicación foliar de bioestimulantes algales al 100% cada 8 días presentó la mayor área foliar con una media de $(105 \pm 3,64) \text{ cm}^2$. Salazar *et al.*, (2022) en sus resultados encontró cual encontró hojas con un área foliar en el testigo entre $167,8 - 189,8 \text{ cm}^2$, este resultado con la aplicación de algas marinas.

Rodríguez (2013) menciona en su estudio en el cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero que los mejores índices de área foliar en sus tratamientos con sustrato fueron para fibra de coco comercial (testigo) con un promedio de 155.61 cm^2 y bagazo de caña con un promedio de 154.64 cm^2 .

Figura 17

Desempeño del área foliar con diferentes tratamientos



Nota. Muestra del área foliar de las plantas de pepinillo variedad baby durante 70 días. Autoría propia.

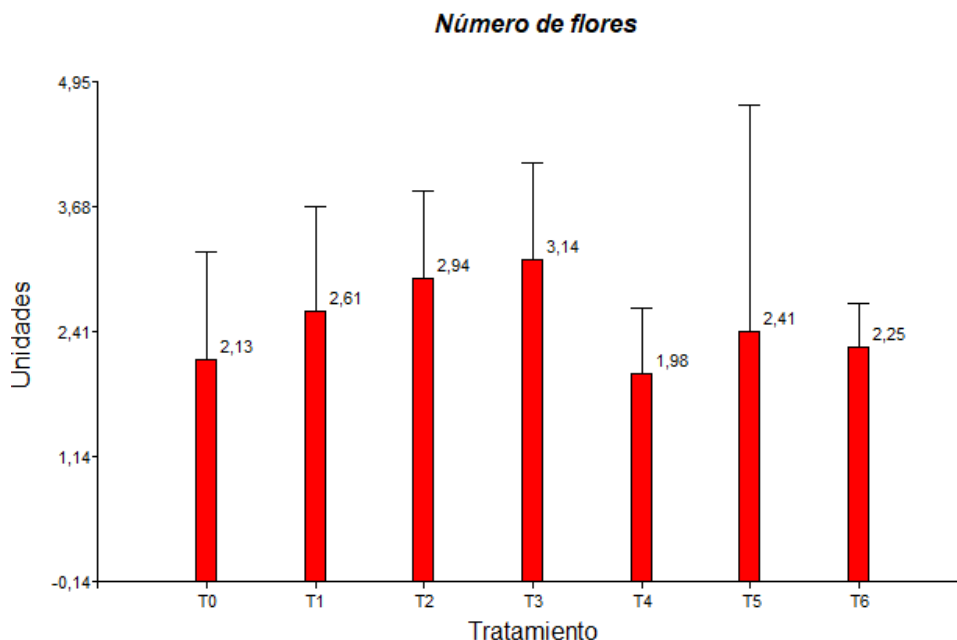
Número de flores

El T3 (5 g.L-1 de *Arthrospira platensis*) presentó mayor número de flores por planta ($3,14 \pm 1,41$ flores/planta) respecto a los otros tratamientos durante los 70 días de experimento. Vivanco Viteri (2022) muestran que la aplicación de 4 g.L-1 de biofertilizante a base de espirulina en plantas de pepino presentaron número de flores ($6,06 \pm 1,30$ flores/planta), este incremento en el número de flores se debe a que existen aminoácidos que se incorporan en *Arthrospira platensis* que aumentan la floración, lo cual disminuye el número de abortos florales y regula los procesos osmóticos. Por otro lado, en el estudio realizado por Muñoz y Tipán (2020) tuvo resultados por debajo de los nuestros, valores con un promedio ($1,08 \pm 0,29$ flores/planta). Según Al Far *et al.*, (2019) señalan en su estudio que el número de flores en el cultivo de pepinillo baby tiene como resultado (4,2 flores/planta).

Por otra parte, Beltran (2020) menciona que una intensidad luminosa elevada favorece la fecundación floral, mientras que una intensidad luminosa baja limita la fecundación floral, lo que convierte a la radiación solar en una influencia significativa en la cantidad de floraciones. El mismo autor destaca la relación directa entre el potasio y el nivel de producción, señalando que incluso los tratamientos con potasio elevado aceleran el crecimiento temprano y favorecen la floración en el cultivo del pepinillo. Según Gaibor (2023) señala que con la aplicación de espirulina en plantas de pimiento existe el apareamiento de la etapa de floración más temprana.

Figura 18

Desempeño del número de flores con diferentes tratamientos



Nota. Muestra del número de flores de las plantas de pepinillo variedad baby durante 70 días. Autoría propia.

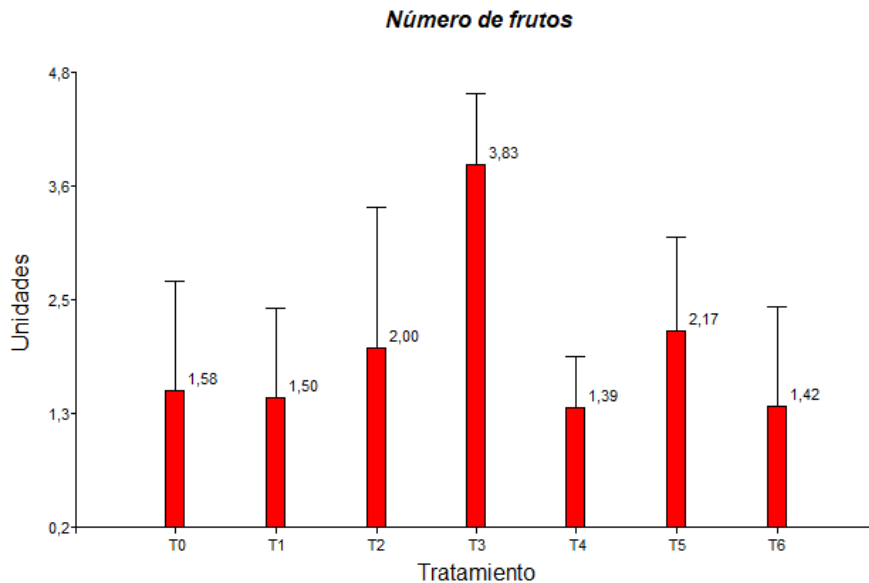
Número de frutos

El T3 (5 g.L⁻¹ de *Arthrospira platensis*) presentó mayor número de frutos (3,83 ± 1,41 frutos /planta) frutos con respecto a los demás tratamientos (Tabla 12; figura 19). Un resultado similar realizado por Ucan (2019) muestran que la aplicación de 3,0 ml.L⁻¹ de un biofertilizante en plantas de pepino bajo invernadero presentaron 4,124 frutos por planta. Por otra parte, Muñoz y Tipán (2020) utilizando un bioestimulante algal en pepino obtuvo un valor promedio de (2,70 ± 0,30) frutos por planta. Otro estudio realizado por Salazar *et al.*, (2022) mencionan que el uso del extracto de algas marinas produjo una mayor cantidad de frutos por planta de pepino de buena calidad. Según Apaza (2022) en su estudio señala que la mayor cantidad de frutos es de 1-2 frutos por axila, teniendo en cuenta que la variedad que utilizó el autor es muy agradable para producción de salmuera de tipo

“pickle”. Finalmente, Córdova (2019) señala que el uso de productos orgánicos ayudó a mejorar la firmeza del fruto siendo esta una propiedad de gran importancia para la calidad del fruto.

Figura 19

Desempeño del número de frutos con diferentes tratamientos



Nota. Muestra del número de frutos de las plantas de pepinillo variedad baby durante 70 días. Autoría propia.

Análisis de la calidad de frutos de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*)

La calidad de la fruta producida por las plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*) como el peso, largo y ancho presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). En el presente estudio se pudo observar que tanto en peso ($91,98 \pm 2,64$), largo ($12,07 \pm 0,59$) y ancho ($3,54 \pm 0,33$) el tratamiento 3 (T3) con una dosis de 5 g.L^{-1} presentó un mayor valor con respecto a los otros tratamientos (Tabla 13; figura 20), lo que quiere decir que mientras tenga una mayor dosis van a tener una producción de frutos de mayor longitud y de mejor peso. Al Far *et al.*, (2019) informaron que los medios a nivel hidropónico son menos costosos y están disponibles para cultivar plantas en todo el mundo, obteniendo frutos de mayor cantidad y calidad.

Tabla 13

Valores medios \pm DE, de los parámetros peso, largo y ancho de los frutos de pepinillo

Tratamiento	Peso	Largo	Ancho
T0	66,52 \pm 3,54 b	8,76 \pm 0,35 ab	2,48 \pm 0,34 a
T1	70,61 \pm 5,56 c	9,51 \pm 0,44 c	2,81 \pm 0,43 bc
T2	81,58 \pm 3,57 d	10,23 \pm 0,35 d	2,83 \pm 0,40 bc
T3	91,98 \pm 2,64 e	12,07 \pm 0,59 e	3,54 \pm 0,33 d
T4	78,63 \pm 2,67 d	8,79 \pm 0,76 ab	2,95 \pm 0,14 c
T5	73,88 \pm 5,77 c	8,87 \pm 0,33 b	2,74 \pm 0,24 abc
T6	60,33 \pm 4,75 a	8,39 \pm 0,46 a	2,63 \pm 0,30 ab

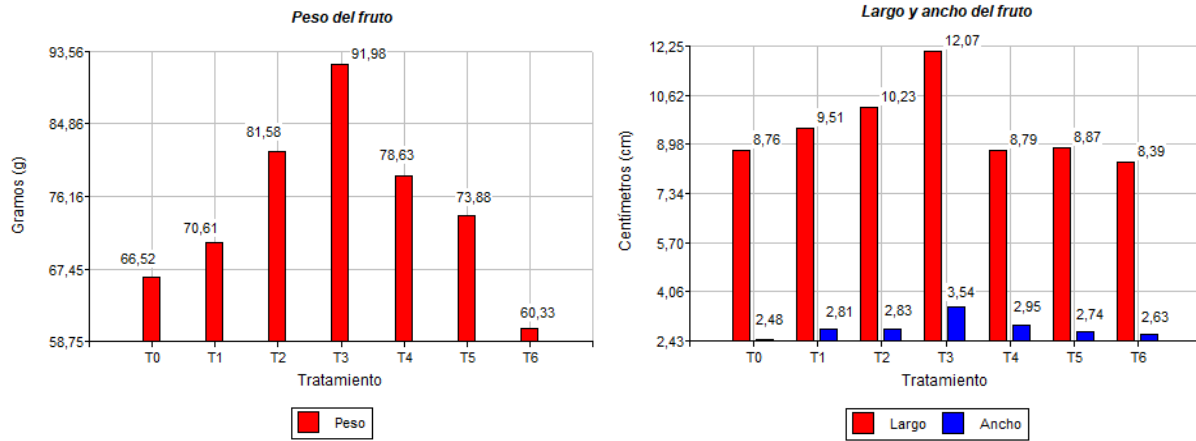
Nota. Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente distintos ($p > 0,05$). Autoría Propia.

La longitud del fruto (12,07 \pm 0,59 cm) y ancho del fruto (3,54 \pm 0,33) supera a los resultados obtenidos por Rehfishch *et al.*, (2000) quienes mencionan que el tamaño en la variedad baby es de 8 a 10 cm y su diámetro de 3 a 5 cm. Apaza (2022) menciona que para la variedad baby los datos de longitud promedio de los frutos varía entre 7 y 8 cm, lo cual permite ser de tipo “pickles” y utilizada para enlatados. Por otro lado, Al Far *et al.*, (2019) señalan en su estudio que la longitud promedio del pepinillo baby es de (7,64 cm).

En cuanto al peso del fruto (91,98 \pm 2,64 g), este valor es superior a los obtenidos por Muñoz y Tipán (2020) quienes mencionan un valor promedio de (5,93 \pm 0,76 g) durante 90 días, así mismo en el presente estudio el valor supera a Mindiola (2023) quien obtuvo un valor de (6,25 g). Apaza (2022) señala que la variedad Eureka también conocida como “pickles” tiene un valor promedio de peso de (117,3 g/fruto). Finalmente, según Al Far *et al.*, (2019) indican según sus resultados que el ancho del fruto de pepinillo baby es de (1,59 cm).

Figura 20

Valor promedio de las variables peso, largo y ancho sometido a diferentes tratamientos



Nota. Ilustración del peso, largo y ancho de los frutos de pepinillo variedad baby durante 70 días.

Autoría propia.

Análisis bromatológicos de los frutos de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*)

En los frutos conseguidos del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* var. *baby*), el porcentaje de proteína, grasa, ceniza, fibra y humedad presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). El T2 ($24,05 \pm 0,01$) tuvo una mayor cantidad de proteína con respecto a los demás tratamientos. En cambio, el T3 presentaron mayor contenido de grasa ($6,10 \pm 0,10$) y ceniza ($11,33 \pm 0,01$) con respecto a los demás tratamientos y al T0. Finalmente, el T4 ($19,67 \pm 0,01$) presentó mayor contenido de fibra que el T2 ($12,33 \pm 0,01$) y para el contenido de humedad el T5 ($33,71 \pm 0,01$) presentó el mayor valor que los demás tratamientos (Tabla 14).

Tabla 14

Valor medio del % de proteína, grasa, ceniza, fibra y humedad \pm DE análisis bromatológico

Tratamiento	Proteína	Grasa	Ceniza	Fibra	Humedad
T0	2,55 \pm 0,02 a	4,33 \pm 0,01 b	10,66 \pm 0,01 e	13,33 \pm 0,02 c	27,91 \pm 0,01 d
T1	2,80 \pm 0,01 d	4,33 \pm 0,01 b	10,23 \pm 0,02 d	14,03 \pm 0,06 e	22,32 \pm 0,01 b
T2	3,60 \pm 0,01 f	5,10 \pm 0,10 c	10,10 \pm 0,10 c	12,33 \pm 0,01 a	24,09 \pm 0,01 c
T3	3,10 \pm 0,01 e	6,10 \pm 0,10 d	11,33 \pm 0,01 f	13,66 \pm 0,01 d	27,26 \pm 0,01 d
T4	2,71 \pm 0,01 b	4,03 \pm 0,06 a	5,55 \pm 0,01 a	19,67 \pm 0,01 f	21,71 \pm 0,01 a
T5	3,11 \pm 0,01 e	5,10 \pm 0,10 c	9,66 \pm 0,01 b	13,03 \pm 0,06 b	33,71 \pm 0,01 g
T6	2,79 \pm 0,01 c	4,10 \pm 0,10 a	9,66 \pm 0,01 b	13,66 \pm 0,02 d	28,22 \pm 0,01 f

Nota. Medias con una letra común en la misma columna no son significativamente distintos ($p > 0,05$).
Autoría Propia.

El T2 (3 g.L⁻¹ de *Arthrospira platensis*) presentó mayor porcentaje de proteína (3,60 \pm 0,01) con respecto a los demás tratamientos (Tabla 14; figura 21). Un resultado similar realizado por Muñoz y Tipán (2020) utilizando un bioestimulante algal en pepino obtuvo un valor promedio de proteína de (3,96 \pm 0,02). Por otra parte, los resultados obtenidos por Arzate y Grenón (2002) quienes en sus frutos de pepinillo silvestre presentaron un contenido de proteína de 12,6%. López Padrón *et al.*, (2020) mencionan que aplicación foliar de extractos de espirulina incrementaron los niveles de proteínas y de hierro en las plantas. Según Al Far *et al.*, (2019) mencionan en su estudio que el cultivar de pepinillo baby mostró la proteína más alta (19.33%) en medio TS (toba + aserrín 50% cada uno) y el valor más bajo (17.53%) en medio T (toba 100%).

Por otro lado, González (2022) demuestra una mayor concentración de vitamina C con un 27% superior a la del grupo de control y un aumento de la concentración de antioxidantes cuando los pepinos (*Cucumis sativus* L.) se trataron con un extracto de *Macrocystis pyrifera* L.

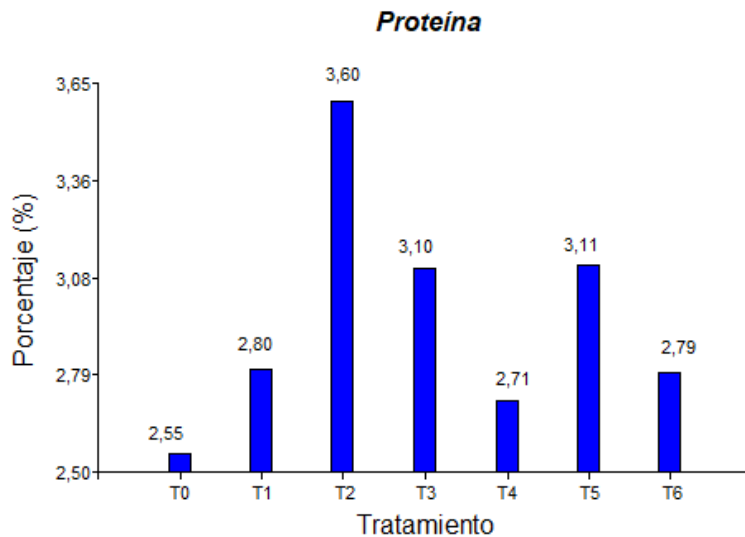
Casanova (2020) señala que Los altos niveles de N, P y K de los productos derivados de las algas son importantes, pero también lo son sus cualidades estimulantes únicas, que incluyen una mayor

tolerancia a las heladas y una resistencia inducida a las plagas de insectos y a las enfermedades fitopatógenas.

Según Asero (2014) el valor biológico de las proteínas de la espirulina es bastante elevado, según el complemento del espectro de aminoácidos, y los mejores resultados podrían obtenerse complementándolas con una fuerte fuente de aminoácidos azufrados, así como de lisina y/o histidina.

Figura 21

Valor promedio del porcentaje de proteína sometido a diferentes tratamientos



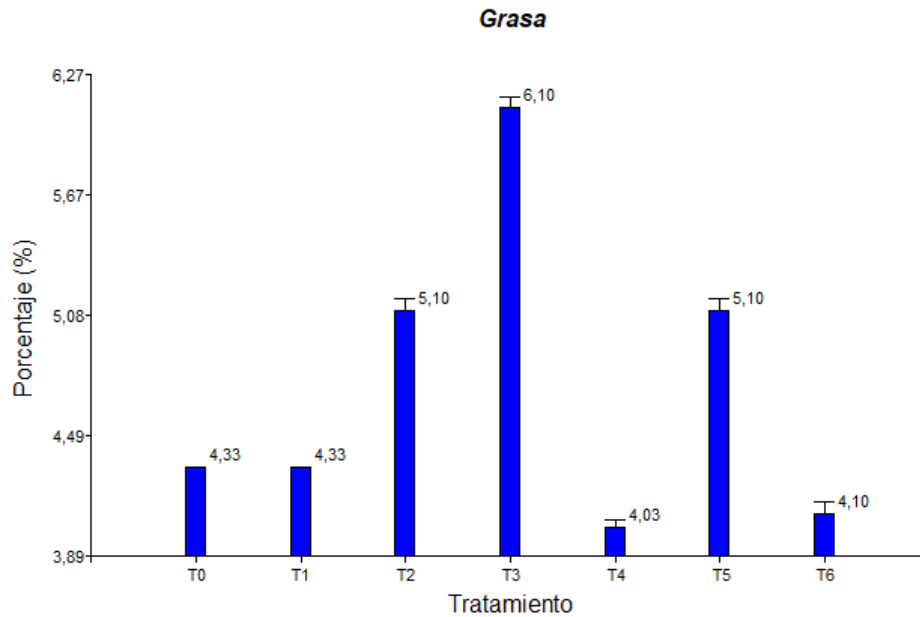
Nota. Ilustración del % de proteína de los frutos de pepinillos cosechados. Autoría propia.

El mayor porcentaje obtenido de grasa en nuestro estudio fue de $(6,10 \pm 0,10)$ (Figura 22), valor superior al que se obtuvo en el estudio de Vivanco Viteri (2022) el cual aplicó biofertilizante foliar a base de espirulina en un sistema acuapónico y encontró en sus frutos un porcentaje de grasa $(5,43 \pm 0,25)$. Sin embargo, en el estudio de Arzate y Grenón (2002) se tiene un valor superior al de nuestro estudio con un valor promedio de 8,7 %. Márquez (2014) menciona que la determinación de las grasas es de

importancia en varios aspectos como para obtener información de etiquetas nutricionales y para determinar si el alimento reúne los requisitos de estándar de identidad.

Figura 22

Valor promedio del porcentaje de grasa sometido a diferentes tratamientos



Nota. Ilustración del % de grasa de los frutos de pepinillos cosechados.

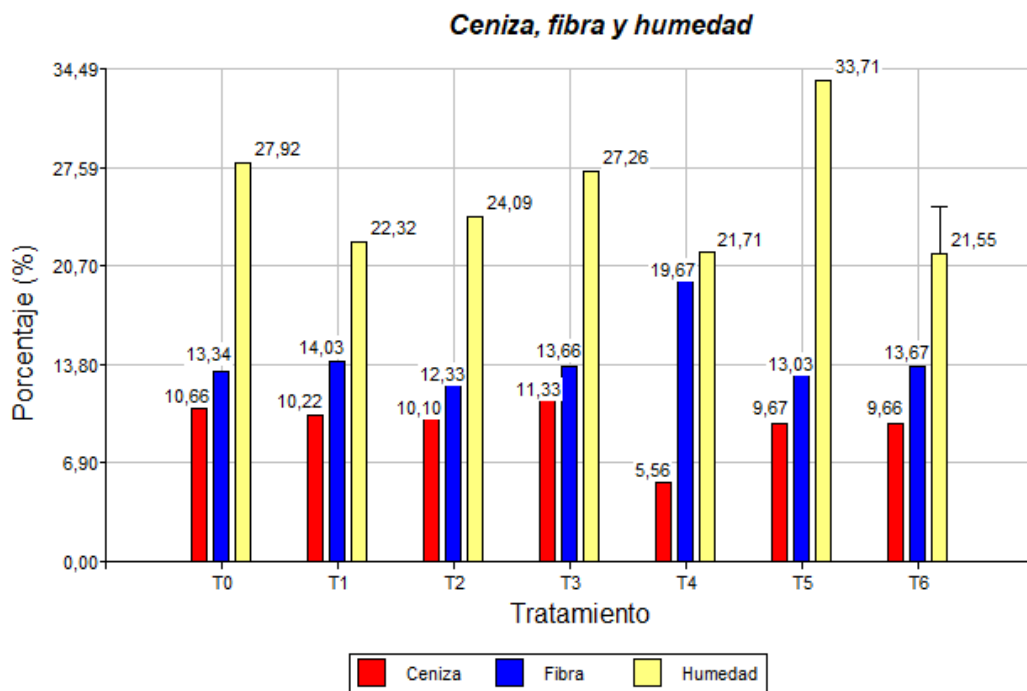
Autoría propia.

En cuanto a fibra, en nuestro estudio se encontraron valores promedio en el T4 ($19,67 \pm 0,01$) (Figura 23), este valor supera a los resultados que se obtuvieron en el estudio de Arzate y Grenón (2002) con un valor promedio de 16,30 %. Por otra parte, Muñoz y Tipán (2020) en su estudio obtuvieron un valor promedio en el T10 ($14,78 \pm 0,01$), valor inferior al que se menciona en nuestro estudio. Según Al Far *et al.*, (2019) señalan que el contenido de fibra cruda en cultivares de pepinillo baby es mayor cuando están sometidos al sustrato (toba + aserrín 50% cada uno) con un valor promedio de 6,25 %. El mayor porcentaje de ceniza se encontró en el T3 ($11,33 \pm 0,01$), valor muy superior al que se encontró en el estudio de Arzate y Grenón (2002) con valor promedio de 5,6 %. Por otra parte Vargas *et al.*, (2019)

menciona que, el contenido de cenizas en las cáscaras de frutas hace que puedan considerarse como fuentes potenciales de minerales. Además Coral (2014) señala que, es importante la determinación de ceniza debido a que constituye un método sencillo para el control de calidad de algunos alimentos y con el valor del contenido de cenizas se puede tener una estimación del contenido total de inorgánicos. Muñoz y Tipán (2020) afirma que, si el contenido de fibra es alto y el tamaño del fruto pequeño, tendrá una mayor concentración de sólidos y menor cantidad de agua. Córdova (2019) afirma que, la aplicación de bioproductos algales en frutos presentan una mayor concentración de grasa y fibra, por lo tanto, en la composición proximal ha tenido buenos resultados enriqueciendo a los mismos con la utilización de productos orgánicos.

Figura 23

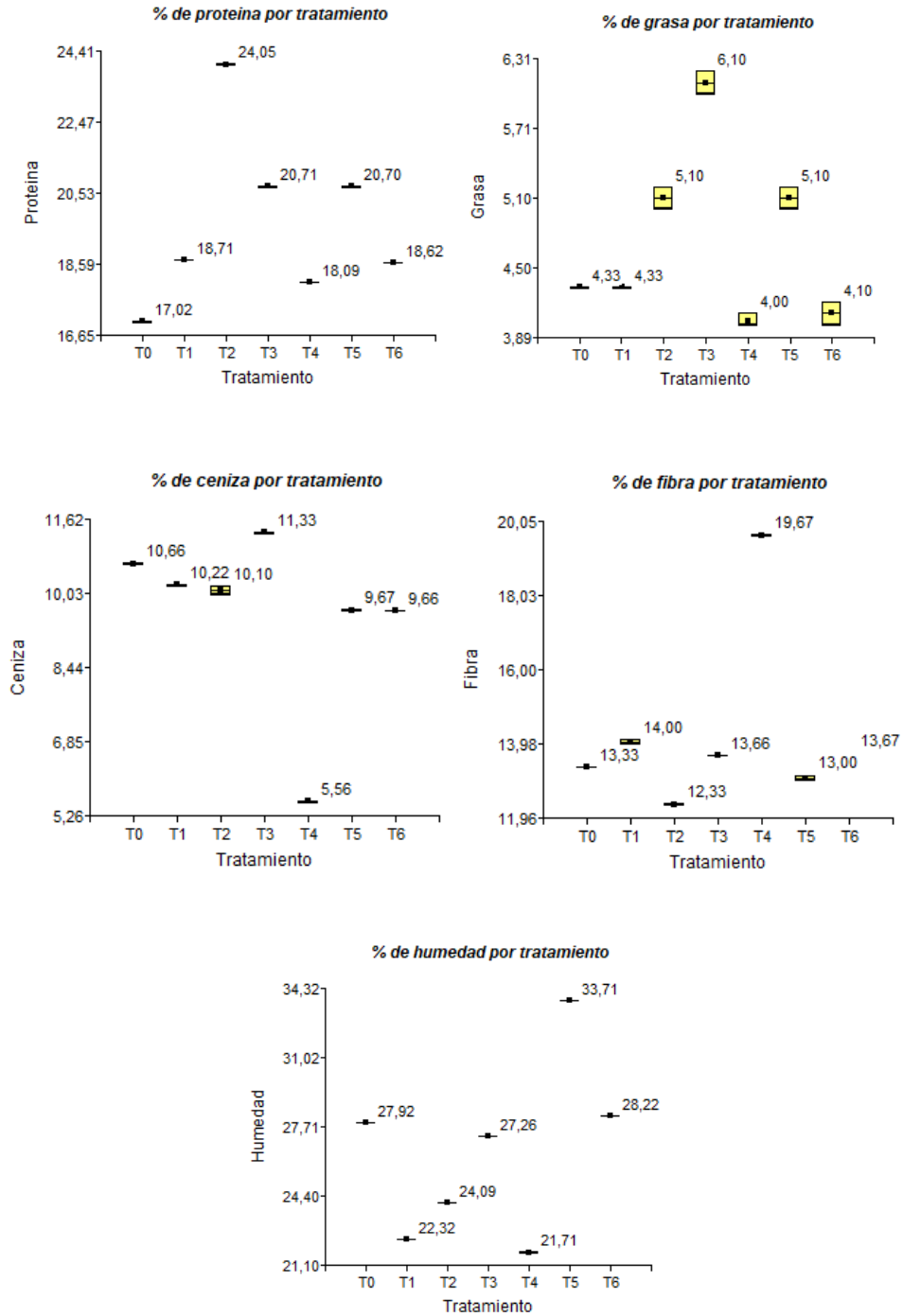
Valor promedio del porcentaje de ceniza, fibra y humedad a diferentes tratamientos



Nota. Ilustración del % de ceniza, fibra y humedad de los frutos de pepinillos cosechados. Autoría propia.

Figura 24

Media del porcentaje de proteína, grasa, ceniza, fibra y humedad a diferentes tratamientos



Nota. Ilustración del porcentaje de proteína, grasa, ceniza, fibra y humedad de los pepinillos cosechados. Autoría propia.

Parámetros tomados en el sistema acuapónico.

Los parámetros fisicoquímicos como temperatura, pH, CE (conductividad eléctrica) y TDS (sólidos totales disueltos) se mantuvieron con rangos adecuados y óptimos para el buen desarrollo tanto en las plantas de pepinillo como en las tilapias. La CE ($77,11 \pm 10,09$ uS/cm) fue mayor con respecto a los demás componentes del sistema acuapónico. Se observó que en el parámetro STD en el tanque 2, nitrificador y retorno fueron similares, sin embargo, en el tanque 1 tuvo un valor de STD ($38,11 \pm 5,39$ ppm) siendo este el contenido más alto a comparación de los otros componentes (Tabla 15).

Tabla 15

Valores medios \pm DE, de las variables fisicoquímicos del agua en diferentes tanques

	Tanque 1	Tanque 2	Nitrificador	Retorno
Temperatura (°C)	$25,02 \pm 1,05$	$24,73 \pm 0,66$	$24,13 \pm 0,64$	$24,25 \pm 0,75$
pH	$7,55 \pm 0,53$	$7,71 \pm 0,68$	$7,26 \pm 0,47$	$7,18 \pm 0,47$
CE (uS/cm)	$77,11 \pm 10,09$	$74,70 \pm 7,56$	$75,81 \pm 7,69$	$75,80 \pm 7,32$
STD (ppm)	$38,11 \pm 5,39$	$37,56 \pm 3,83$	$37,94 \pm 3,91$	$37,90 \pm 3,70$

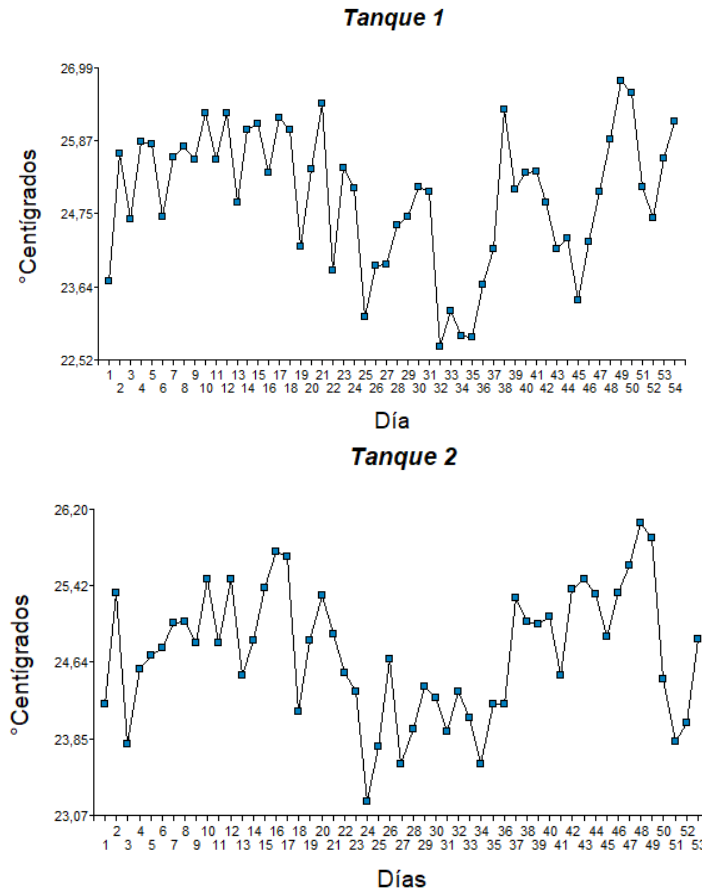
Nota. CE: conductividad eléctrica; STD: sólidos totales disueltos. Autoría propia.

Temperatura

El promedio de las temperaturas en todos los componentes del sistema acuapónico no tuvo muchas diferencias, las cuales se mantuvieron en 24 °C, la más alta fue en el estanque 1 con un promedio de ($25,02 \pm 1,05$ °C) (Tabla 15; figura 25).

Figura 25

Comportamiento de la temperatura del agua en el estanque 1 y 2 durante dos meses



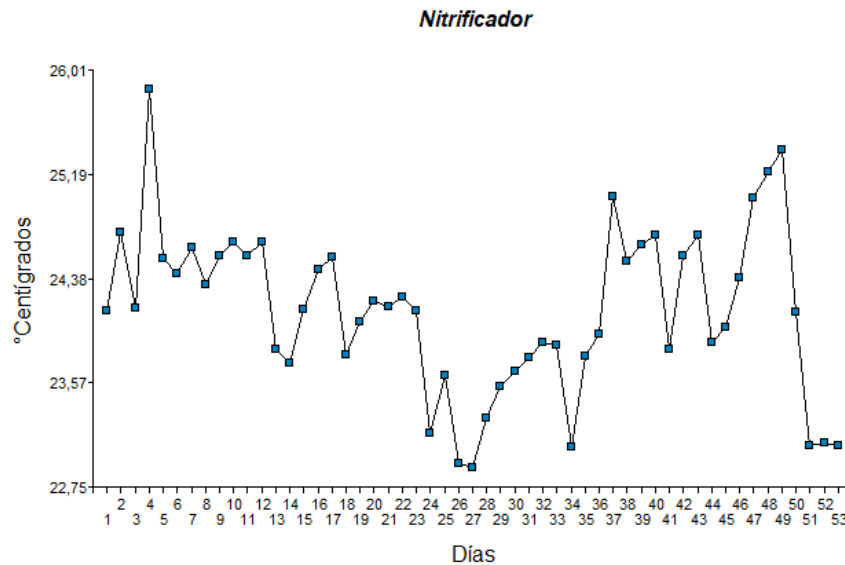
Nota. Variabilidad de la temperatura en el tanque 1 y 2 en función del tiempo. Autoría propia.

Según Kanchi (2013) la tilapia muestra un buen desempeño reproductivo en un rango de 24 a 29 °C, por otro lado, para ganancia de peso y crecimiento es de 25 a 30 °C.

Por otro lado Valle y Umazor (2014) revelan que las tilapias reducen sus niveles de actividad y de ingesta de alimentos cuando la temperatura del agua es inferior a 24 °C, esto concuerda con el buen rendimiento que tuvieron los peces en nuestra investigación ya que en los dos tanques bajo invernadero no tuvieron temperaturas menores a 24 °C, sino que presentaron valores $(25,02 \pm 1,05) ^\circ\text{C}$ y $(24,73 \pm 0,66) ^\circ\text{C}$ (Tabla 15; Figura 25).

Figura 26

Comportamiento de la temperatura del agua en el tanque nitrificador durante dos meses



Nota. Variabilidad de la temperatura en el tanque de nitrificación en función del tiempo. Autoría propia.

Somerville *et al.*, (2022) indican que el grupo *Nitrobacter* es menos tolerante a temperaturas bajas que el grupo de *Nitrosomonas*, por lo cual en épocas más frías se debe monitorear el nitrito para así evitar acumulaciones peligrosas.

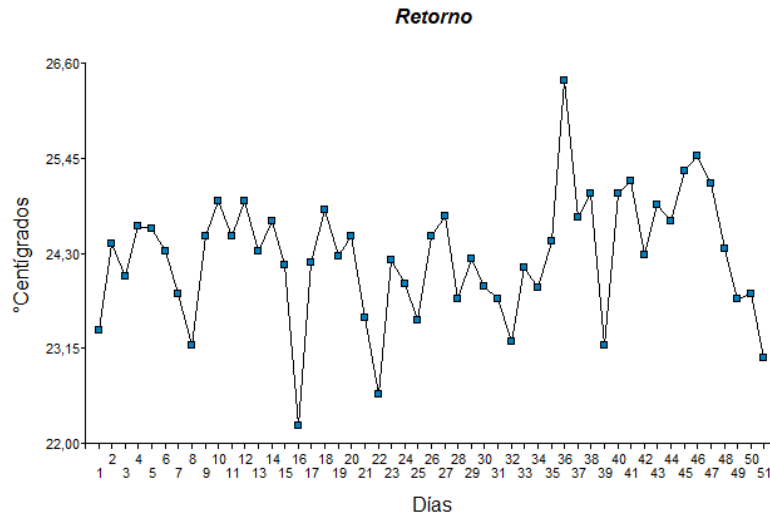
Córdova (2019) señala que el proceso de nitrificación se realice de una manera eficiente, se debe tener en cuenta que la temperatura sea de 17 – 34 °C.

Según Bañuelos (2017) las bacterias nitrificantes prosperan y tiene un mejor desarrollo y crecimiento a un rango de temperatura de 22 a 29 °C, además, menciona que la capacidad de las plantas para absorber el calcio puede verse obstaculizada por las altas temperaturas. Somerville *et al.*, (2022) menciona que, si la temperatura del agua está por debajo de los 17 °C, la productividad bacteriana descenderá. Por debajo de los 10 °C su productividad puede reducirse hasta un 50 por ciento o más.

Por último, el tanque de retorno del sistema acuapónico, mantuvo una media de $(24,25 \pm 0,75)$ °C, con un valor máximo de 26,39 °C y un valor mínimo de 22,21 °C (Tabla 15; Figura 27).

Figura 27

Comportamiento de la temperatura del agua en el tanque de retorno durante dos meses



Nota. Variabilidad de la temperatura en el tanque de retorno en función del tiempo. Autoría propia.

pH

El nivel de pH en el agua en el tanque 1 y tanque 2 tuvieron los mayores resultados ($7,55 \pm 0,53$) y ($7,71 \pm 0,68$) respectivamente a comparación del tanque nitrificador ($7,26 \pm 0,47$) y el de retorno ($7,18 \pm 0,47$).

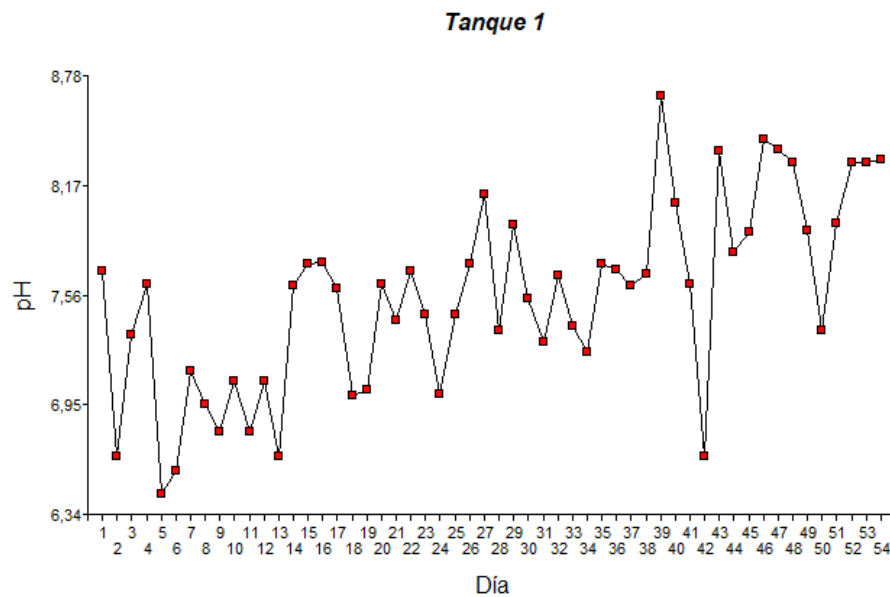
Según Candarle (2015) los valores cercanos a la neutralidad ($\text{pH}=7$) son recomendables y deseables para los sistemas acuapónicos, sin embargo, se debe tener en cuenta las plantas y peces que se van a cultivar. Por otro lado, Villalobos y González (2016) señala que un pH elevado (superior a 7) puede repercutir en el crecimiento de las plantas, mientras que se cree que un pH de 5,8 mejora la disponibilidad de nutrientes en los cultivos hidropónicos, pero obstaculizando en el desarrollo y crecimiento de los peces.

Según Somerville *et al.*, (2022) un pH menor a 5 o por encima de 8 puede convertirse en un problema crítico para todo el ecosistema, por lo que se requiere atención inmediata.

Colorado Gómez y Ospina Correa (2019) mencionan que los niveles de pH cercanos a 5 inducen insuficiencia respiratoria, que provoca la muerte en un plazo de 3 a 5 horas. Por otro lado, provocan pérdida de pigmentación y un aumento de la secreción de mucosidad cutánea.

Figura 28

Comportamiento del pH del agua en el tanque 1 durante dos meses



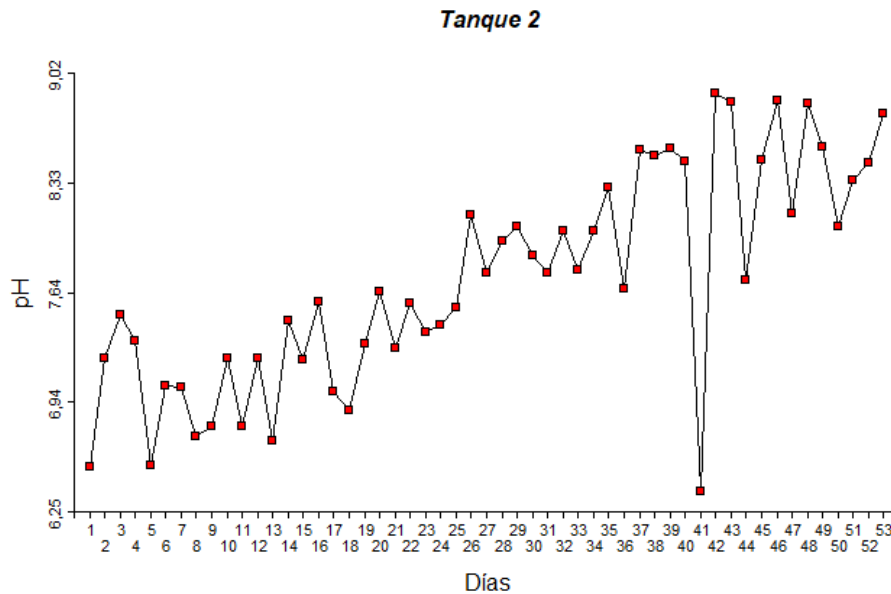
Nota. Variabilidad del pH en el tanque 1 en función del tiempo. Autoría propia.

Reyes *et al.*, (2016) menciona que tuvieron un rango de pH entre 6,6 y 8,5; en este caso el pH en los tanques de las tilapias tuvo valores promedios de $(7,55 \pm 0,53)$ y $(7,71 \pm 0,68)$ (Tabla 15; Figura 28, Figura 29), lo cual concuerda con el autor citado ya que está dentro del rango óptimo para un buen crecimiento y una mayor tasa de supervivencia. Colorado Gómez y Ospina Correa (2019) señalan que los

peces presentan cambios de comportamiento como letargo, inapetencia, retraso del desarrollo y de la reproducción cuando los niveles de pH se sitúan en determinados límites o por debajo de ellos.

Figura 29

Comportamiento del pH del agua en el tanque 2 durante dos meses



Nota. Variabilidad del pH en el tanque 2 en función del tiempo. Autoría propia.

El nivel de pH en el sistema acuapónico se mantuvo entre $(7,55 \pm 0,53)$ y $(7,71 \pm 0,68)$, esto concuerda con Moreno y Zafra (2014) en el cual mencionan que mantener el pH de un sistema acuapónico por encima de 7,0 favorecerá la nitrificación.

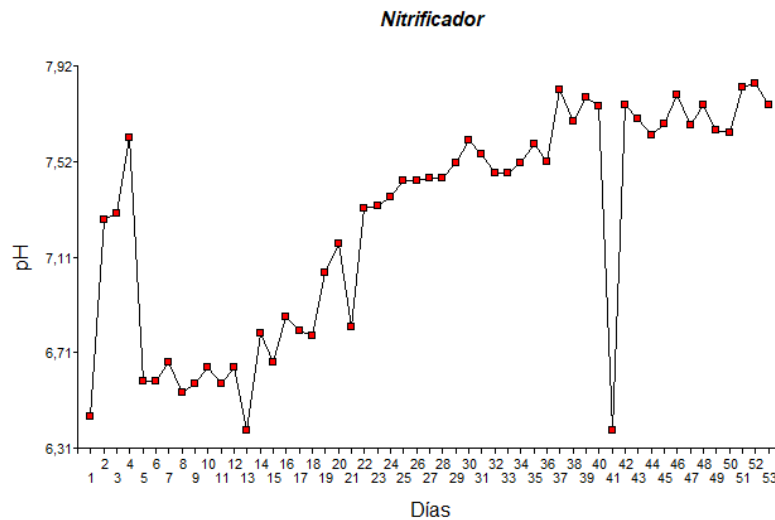
Por otro lado, Somerville *et al.*, (2022) mencionan que las bacterias nitrificantes experimentan dificultades en pH menores a 6, y en ambientes ácidos con pH bajo, las bacterias tienen una menor capacidad para convertir el amoníaco en nitrato.

Así mismo, Moreno y Zafra (2014) señalan que las bacterias nitrificantes crecen mejor a una temperatura de 30°C, y que la nitrificación puede tener lugar en rangos de pH de 6 a 9, lo que concuerda con nuestro estudio, ya que el valor promedio del tanque de nitrificación fue de $(7,26 \pm 0,47)$.

Según Somerville *et al.*, (2022) el pH con un rango de 6 a 7 facilita que las bacterias sigan trabajando mientras van permitiendo que las plantas logren total acceso a los micro y macronutrientes esenciales.

Figura 30

Comportamiento del pH del agua en el tanque nitrificador durante dos meses

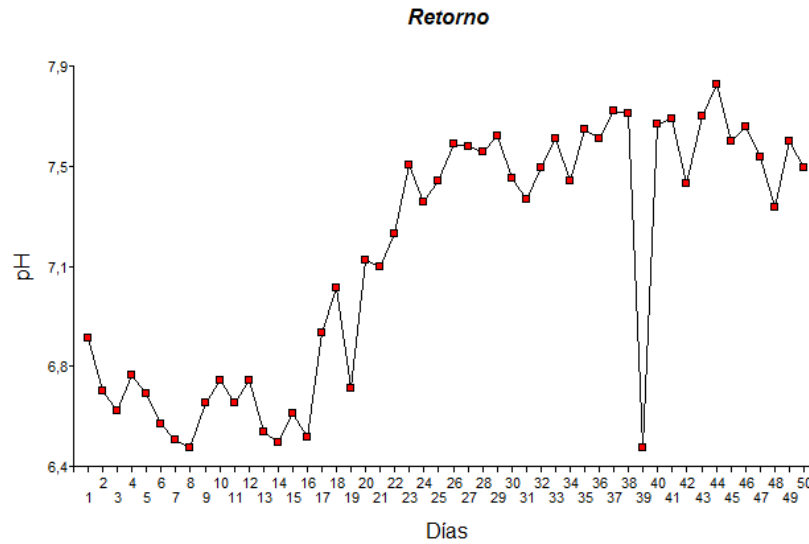


Nota. Variabilidad del pH en el tanque nitrificador en función del tiempo. Autoría propia.

Rosado (2013) menciona que el pH recomendado para esta planta de pepinillo es entre 5.5 a 7.0. Se recomienda monitorear el pH diariamente tanto en el tanque de retorno como en el de nitrificación para evitar estrés sobre la raíz, en este caso, el valor promedio de pH en tanque de retorno fue de $(7,18 \pm 0,47)$, lo cual difiere de los rangos mencionados por el autor, sin embargo, esto no afectó con el buen desarrollo y crecimiento de la raíz en las plantas.

Figura 31

Comportamiento del pH del agua en el tanque de retorno durante dos meses



Nota. Variabilidad del pH en el tanque de retorno en función del tiempo. Autoría propia.

Somerville *et al.*, (2022) a un pH de 6,0–6,5, todos los nutrientes están fácilmente disponibles, pero fuera de este rango, es difícil para las plantas accederlos. De hecho, un pH de 7,5 puede dar lugar a deficiencias de hierro, la absorción de manganeso es muy pobre con un pH superior a 8, el molibdeno no está disponible biológicamente en un pH inferior a 5. Este fenómeno es conocido como fijación de nutrientes.

Comportamiento de parámetros de los nutrientes inorgánicos en los tanques de tilapias, nitrificador y retorno

El nivel de amonio ($1,09 \pm 1,32$) en el tanque 2 fue mayor en los demás componentes del sistema acuapónico. Por otro lado, las concentraciones de nitrito ($0,78 \pm 0,98$) fueron mayores en el tanque 2, nitrato y fosfato fueron mayores en el tanque 1 de las tilapias con $3,96 \pm 1,39$ ppm y $0,79 \pm 0,55$ ppm (Tabla 16) respectivamente con respecto a los demás tanques del sistema.

Los niveles de nitritos en el sistema acuapónico se mantuvieron dentro de los rangos establecidos por Basurto y Vera (2022) en los cuales el rango óptimo es 5,0 – 150,0 mg/L, y que el rango óptimo para los niveles de fosfato es 0,6 – 1,5 mg/L. Por otro lado, Granda (2022) sugiere que, para evitar concentraciones excesivas de amonio y para que se mantenga el contenido de nitritos se debe ir cambiando el agua y restringiendo la alimentación.

Bañuelos (2017) menciona que los peces pueden tolerar hasta 300 mg/L de nitrato, sin embargo, tendrá efectos negativos y esto no beneficiará a las plantas, por lo que recomienda el autor es un rango de 5,0 – 150,0 mg/L, en nuestro caso el mayor valor fue de $3,96 \pm 1,39$ (tabla 16; figura 32), no obstante, esto no afectó al desarrollo de las tilapias y a la producción de las plantas.

Colorado Gómez y Ospina Correa (2019) mencionan que el amoníaco es tóxico, y con una temperatura del agua elevada y pH alto, su toxicidad crece; el intervalo de tolerancia para la tilapia es de 0.6 a 2.0 ppm.

Somerville *et al.*, (2022) señalan que en condiciones ácidas (pH bajo), el amoníaco se une con los iones de hidrógeno y se hace menos tóxico. No obstante, en condiciones básicas (pH alto), no hay suficiente cantidad de iones de hidrógeno y el amoníaco se mantiene en su estado más tóxico.

Tabla 16

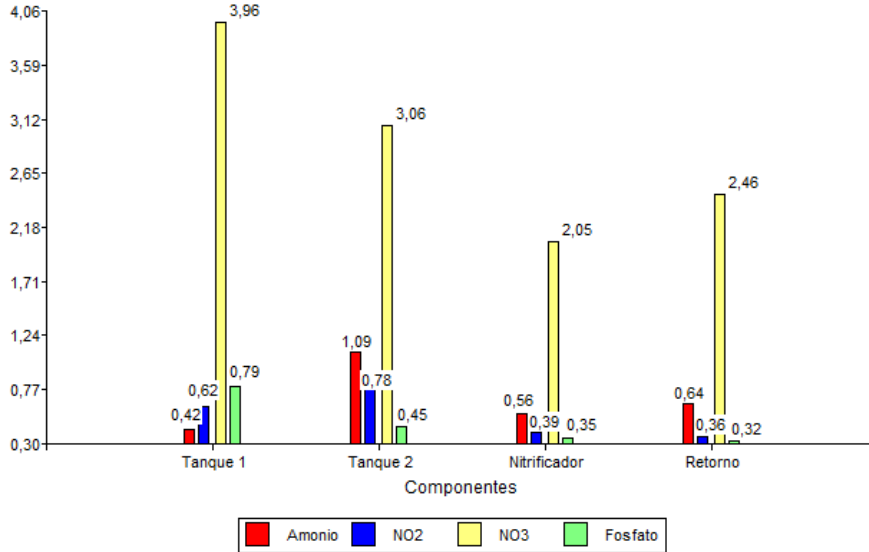
Valores medios de amonio, nitrito, nitrato y fosfatos \pm DE en diferentes tanques

	Amonio	Nitrito	Nitrato	Fosfato
Tanque 1	$0,42 \pm 0,24$	$0,62 \pm 0,14$	$3,96 \pm 1,39$	$0,79 \pm 0,55$
Tanque 2	$1,09 \pm 1,32$	$0,78 \pm 0,98$	$3,06 \pm 0,87$	$0,45 \pm 0,16$
Nitrificador	$0,56 \pm 0,39$	$0,39 \pm 0,31$	$2,05 \pm 1,12$	$0,35 \pm 0,22$
Retorno	$0,64 \pm 0,49$	$0,36 \pm 0,28$	$2,46 \pm 1,49$	$0,32 \pm 0,18$

Nota. Autoría propia.

Figura 32

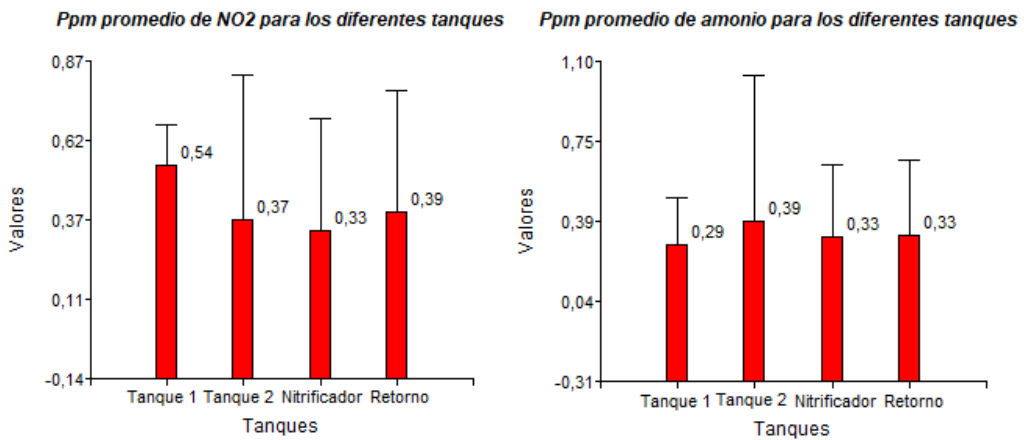
Media de las concentraciones de amonio, nitritos, nitratos y fosfatos



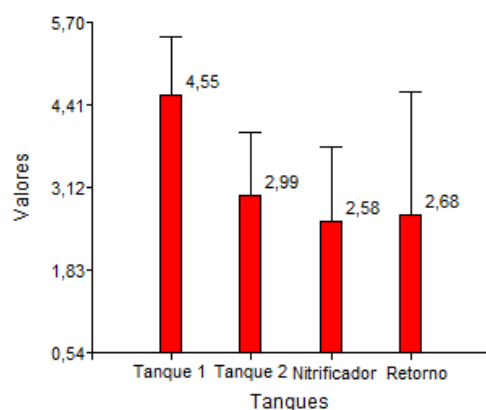
Nota. Valores promedio de amonio, nitrito, nitrato y fosfatos en los diferentes tanques del sistema. Autoría propia.

Figura 33

Medias de los compuestos de amonio, nitritos, nitratos y fosfatos en diferentes tanques



Ppm promedio de NO3 de para los diferentes tanques



Nota. Autoría propia

Parámetros morfológicos de la tilapia (*Oreochromis* sp.)

El peso de las tilapias desde la semana 1 (8,50 gramos) hasta la semana 10 (50,1 gramos) tuvo un crecimiento óptimo y progresivo durante el tiempo (Tabla 17; Figura 34), el cual concuerda con Bautista *et al.*, (2021) quien mencionan que la tilapia requiere de temperaturas superiores a 23 °C para alcanzar una tasa de crecimiento óptima, en nuestro caso tuvimos una temperatura media en los estanques de (25,02 ± 1,05 °C) (Tabla 15). Por otro lado, Jaramillo y Ramos (2018) mencionan que en estanques de un sistema semi-intensivo los incrementos de peso diario para esta especie pueden ser entre 1 a 2 gramos/día.

En cuanto al largo total final de la tilapia se obtuvo una media de (15,22 cm) (Tabla 17; Figura 34), valor superior al obtenido por Valdez *et al.*, (2018) quienes mencionan que a los 70 días en un sistema acuapónico la talla de las tilapias al final del estudio fue de (13.8 ± 0.5 cm).

Finalmente, el ancho que se obtuvo en nuestro estudio en la etapa de levante a las 10 semanas fue de (6,11 cm) (Tabla 17; Figura 35), esto difiere con los resultados obtenidos por Tamarit *et al.*, (2013) quienes en su estudio presentó una media de 11 cm en el ancho ventral, sin embargo, este valor es tomado al final del estudio, es decir, en la etapa de engorde.

Tabla 17

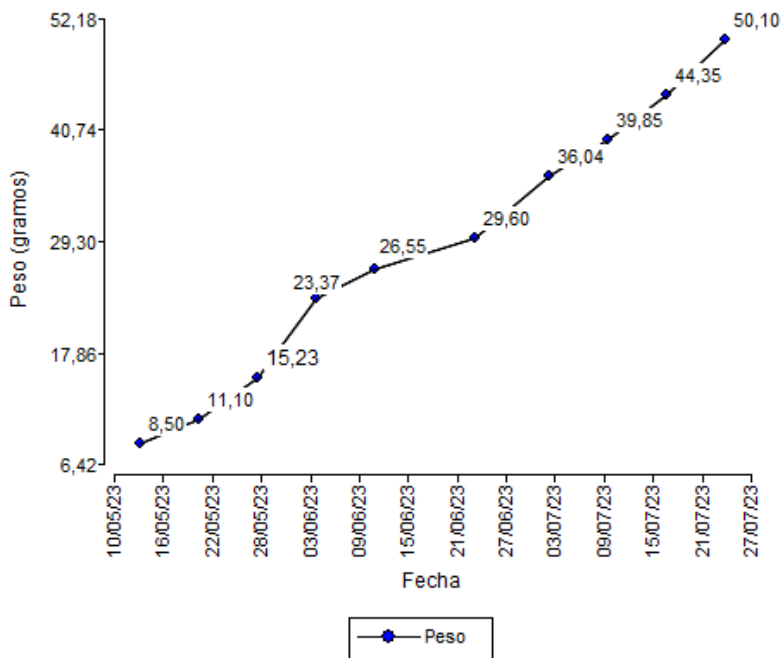
Valores medios del crecimiento de las tilapias en diferentes fechas

Estanque	Fecha	Peso (g)	Largo Total (cm)	Largo Parcial (cm)	Ancho (cm)
1	13/5/2023	8,50	7,21	3,6	2,56
1	20/5/2023	11,1	8,26	3,82	2,79
1	27/5/2023	15,23	9,01	4,07	3,23
1	3/6/2023	23,37	9,97	4,79	3,72
1	10/6/2023	26,55	10,53	5,01	3,85
1	22/6/2023	29,6	11,03	5,28	3,96
1	1/7/2023	36,04	12,23	5,78	4,41
1	8/7/2023	39,85	14,01	6,02	4,79
1	15/7/2023	44,35	14,98	6,55	5,14
1	22/7/2023	50,1	15,22	7,01	6,11

Nota. Autoría propia.

Figura 34

Curva de crecimiento del peso de tilapia

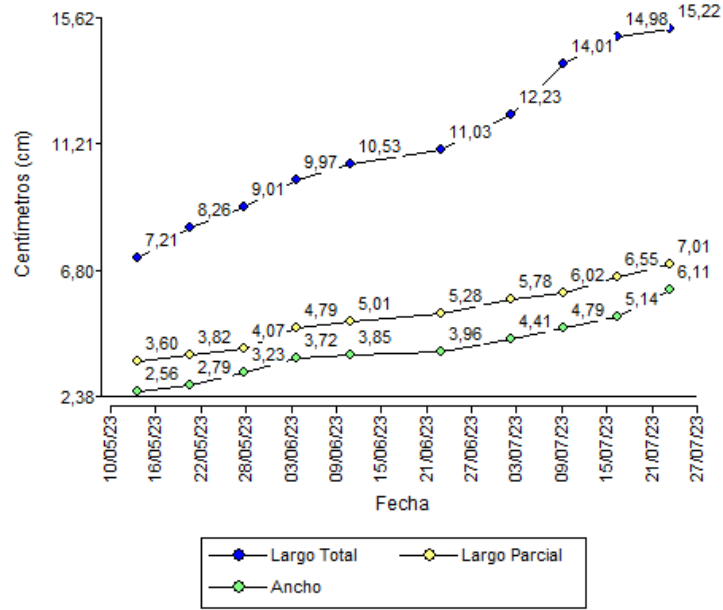


Nota. Crecimiento de las tilapias en peso en función del tiempo.

Autoría propia.

Figura 35

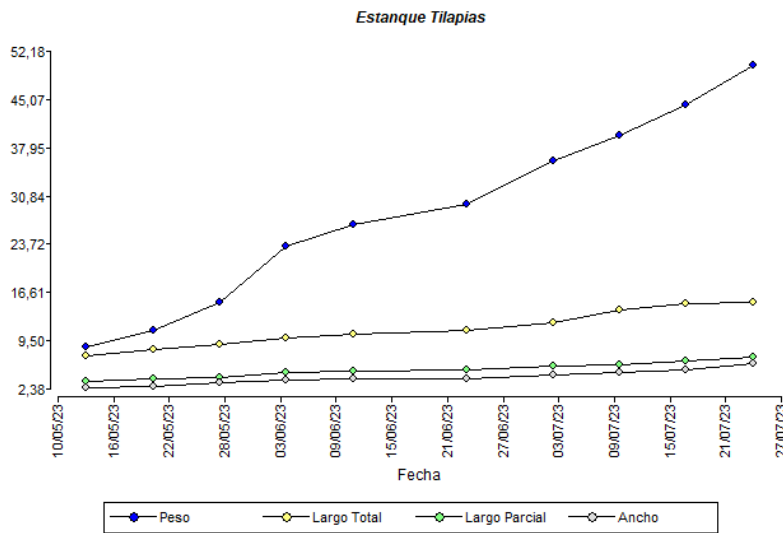
Curva de crecimiento del largo total, largo parcial y ancho de tilapia



Nota. Crecimiento de las tilapias en largo, ancho y largo parcial en función del tiempo. Autoría propia.

Figura 36

Media de los valores de crecimientos de las tilapias en diferentes fechas



Nota. Crecimiento de las tilapias en función del tiempo. Autoría propia.

Parámetros productivos de la tilapia (*Oreochromis* sp.)

Tabla 18

Valores medios de las variables productivas de las tilapias en diferentes fechas

Estanque	Fecha	Peso	GP(g·día ⁻¹)	TCE(%·día ⁻¹)	FCA	EA (%)
1	13/5/2023	8,50	0,541	2,534	1,344	74,430
1	20/5/2023	11,1	0,830	2,153	1,453	68,802
1	27/5/2023	15,23	0,688	1,701	1,647	60,733
1	3/6/2023	23,37	0,949	1,089	1,357	73,716
1	10/6/2023	26,55	0,667	0,907	1,523	65,650
1	22/6/2023	29,6	1,243	0,752	1,223	81,750
1	1/7/2023	36,04	0,888	0,471	1,434	69,723
1	8/7/2023	39,85	1,675	0,327	1,766	56,636
1	15/7/2023	44,35	1,898	0,174	1,565	63,881
1	22/7/2023	50,1	2,987	0,000	1,343	74,436
	Promedio		1,236	1,011	1,466	68,235

Nota. GP: ganancia de peso; TCE: tasa de crecimiento específico; FCA: factor de conversión alimenticia; EA: eficiencia alimenticia. Autoría propia.

El factor de conversión alimenticia (FCA) presentó un valor promedio de (1,466), valor inferior al obtenido por Delgado (2020) quien obtuvo un FCA de 2,27 a los 51 días de experimento, sin embargo, Zafra *et al.*, (2019) presentaron valores en un rango de 1,39 a 2,14, lo cual está dentro de los límites mencionados. Por otro lado, Saavedra (2006) menciona que el FCA depende de la edad del pez, los peces más jóvenes tienen los mejores valores, así mismo depende también de la ración y la calidad de la dieta que le suministra. Quijije (2021) señala que en el caso de la tilapia la buena conversión alimenticia es atribuible a su destreza y habilidad para captar el balanceado.

Así mismo, los valores obtenidos por Córdova (2019) son inferiores al de nuestro estudio, ya que tuvieron un FCA de 1,30 tanto en un sistema NFT como en un sistema de balsa flotante.

En cuanto a la ganancia de peso diaria (GP) se obtuvo un valor de (2,987) a la semana 10 (tabla 17), valor superior al obtenido por Delgado (2020) quien en su investigación presentó un valor promedio de 2.76 g/día a los 39 días de cultivo. Quijije (2021) señala que mientras menor sea la densidad de peces mayor será la ganancia diaria de peso. Por otra parte, Córdova (2019) señala en su estudio que la ganancia de peso en un sistema de balsa flotante fue de 1,63 g/día, sin embargo, en nuestra investigación fue mayor y en un sistema de NFT.

Reyes *et al.*, (2016) mencionan que la tasa de conversión alimenticia y la ganancia diaria de peso fueron mejores de 25 a 30 °C, en nuestro caso la temperatura media fue (25,02 ± 1,05 °C) (Tabla 15). Así mismo, Quijije (2021) afirma que estanques con mayor densidad, los peces son más agresivos en la captura del alimento, debido a mayor competencia de los peces por el alimento balanceado, causada por alta densidad, haciendo que hubiese menor aprovechamiento de la ración.

En cuanto a la tasa de crecimiento específico (TCE) se generó un valor al final de las 10 semanas de (1,466 %·día⁻¹), valor que es superior al obtenido por Rueda (2023) quien menciona en sus resultados un valor promedio de (1.03 %·día⁻¹) con una densidad de 180 peces/m³.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El tratamiento (T3) *Arthrospira platensis* de 5 g.L⁻¹ mejoró notablemente en la producción del pepinillo baby en el sistema acuapónico, con una mayor productividad en las variables: número de hojas (11,4 ± 2,35), número de flores (3,14 ± 1,41), número de frutos (3,83 ± 1,41).
- La calidad del fruto se incrementó con la aplicación de manera foliar de *Arthrospira platensis* con una dosis de 5 g.L⁻¹ obteniéndose mayores resultados en peso (91,98 ± 2,64 gramos), longitud (12,07 ± 0,59 cm) y ancho del fruto (3,54 ± 0,33 cm).
- En el análisis bromatológico que se presentó en los frutos de pepinillo baby, tuvo mayores resultados con el T3 en los parámetros de grasa (6,10 ± 0,10) y ceniza (11,33 ± 0,01), sin embargo, para el T2 *Arthrospira platensis* de 3 g.L⁻¹ presentó un alto valor en su composición nutrimental de proteína (3,60 ± 0,01).
- El factor de conversión alimenticia (FCA) tuvo un valor promedio de (1,466) lo cual fue eficiente ya que estuvo dentro de los límites que permite la tilapia roja, además que los componentes asociados como es la calidad de dieta y ración alimenticia fueron de gran soporte para el mismo.
- La ganancia de peso diaria (GP) presentó un valor de (2,987 g/día), lo cual cumple con los requerimientos que necesita la tilapia para su crecimiento y desarrollo, sin embargo, también esto dependerá de los factores físico-químicos del agua como pH, temperatura, disponibilidad de oxígeno al cual está sometido el pez.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar análisis periódicamente de las concentraciones de macro y micronutrientes en el sistema de recirculación, para poder ajustar de mejor manera los niveles de los diferentes minerales.
- Se recomienda realizar un análisis bromatológico de la espirulina liofilizada, para tener una visión más clara de la calidad bioquímica y microbiológica de la misma.
- Se recomienda realizar pruebas piloto de la aplicación radicular de la espirulina liofilizada en diferentes cultivos ya sea tropicales o de climas templados para observar la reacción de la planta al fitoestimulante.
- Se recomienda realizar un análisis económico de la aplicación de espirulina liofilizada con diferentes tratamientos en cualquier cultivo tropical con el fin de obtener los beneficios netos de la producción.

Bibliografía

- Agro. (20 de junio de 2017). *El Ecuador produce spirulina más limpia*. Recuperado el 12 de marzo de 2023 de <https://www.revistaelagro.com/ecuador-produce-espirulinas-mas-limpias>
- Al Far, A., Tadros, M., y Makhadmeh, I. (2019). Evaluation of different soilless media on growth, quality, and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under greenhouse conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 13(8), 1388–1401. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.08.p2122>
- Apaza, M. (2022). *Efecto de las frecuencias de aplicación del té de cáscara de plátano en dos densidades de siembra en el cultivo de pepinillo (Cucumis Sativus L.) en la estación experimental Patacamaya* [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/29731/T-3043.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arboleda, E. B., Cervantes, A. R., Prado, E., y Garzón, V. J. (2021). Gestión de agronegocios de la tilapia roja (*Oreochromis Spp. O*) y su comercialización. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(2), 58–67. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/377>
- Arzate, A., y Grenón, G. (2002). Contribución al conocimiento del pepinillo silvestre (*Melothria pendula* L.). *CIENCIA Ergo-Sum*, 9(1), 78–86. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5139937>
- Asero, L. (2014). *Obtención de la espirulina en polvo por secado al vacío para el enriquecimiento nutricional de los productos alimenticios* [Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2880/1/T-UCE-0017-82.pdf>
- Báez, X., Ramirez, M., Santinón, J., y González, A. (2018). *Adecuación de un sistema NFT para la producción de acuaponía*. https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/49595/RIUNNE_FVET_AC_Baez-Ramirez_Escobar-Santinon.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Bañuelos, J. (2017). *Acuaponía: Parámetros básicos de diseño* [Monografía, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”].
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8341/JOSE%20ROBERTO%20BA%20C%2091UELOS%20JAUREGUI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barba, C. (2015). *Aireación de las piscinas de cultivo de tilapia roja (Oreochromis sp.) y su influencia en la productividad* [Tesis de Grado, Escuela Politécnica Nacional].
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10324/3/CD-6152.pdf>
- Basurto, C., y Vera, P. (2022). *Evaluación de los residuos agrícolas cascarilla de arroz (Oryza sativa) y fibra de coco (Cocos nucifera) como sustratos para sistemas acuapónicos* [Trabajo de Titulación, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López].
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1922/1/TTMA86D.pdf>
- Bautista, A., Fernandez, D., Alvarez, C., Mexia, A., Mendoza, M., y Garcia, K. (2021). Productividad De Lechuga (*Lactuca sativa* L.) En Acuaponía e Hidroponía. *European Scientific Journal*, 17(21), 1–283.
file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Productividad_D_E_Lechuga_Lactuca_Sativ_A_L_En_Acu.pdf
- Beltran, J. (2020). *Efecto de tres soluciones hidropónicas y dos tipos de sustratos en cultivo del pepino (Cucumis Sativus L.) en el municipio del alto* [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés].
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/25657/T-2831.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benavides, C., & Daza, Y. (2020). *Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en agua de un sistema acuapónico para la producción de cachama blanca *Piaractus brachypomus*, fresa *Fragaria vesca* y albahaca *Ocimum basilicum* en la Fundación Universitaria de Popayán* [Trabajo

de Grado, Fundación Universitaria de Popayán].

<http://unividafulp.edu.co/repositorio/files/original/95aa0e6df4dcd2cf99c5c5ae205af794.pdf>

Bennouna, C. (26 de febrero de 2020). *Seleccionar el sistema de cultivo de microalgas adecuado*.

Recuperado el 02 de junio de 2023 de <https://www.synoxis-algae.com/seleccionar-el-sistema-de-cultivo-de-microalgas->

[adequado/#:~:text=Los%20sistemas%20de%20cultivo%20de,\(bacterias%2C%20contaminantes%E2%80%A6\)](https://www.synoxis-algae.com/seleccionar-el-sistema-de-cultivo-de-microalgas-).

Bhattacharya, S. (2023). Health and special snacks. In N. Bandeira (Ed.), *Journals & Books* (pp. 461–524).

Nikki Levy. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128197592000070>

Caiza, J. (2023). *Uso de la espirulina (Arthrospira platensis) en turrónes procesados para el consumo*

humano y su impacto en la química sanguínea de estudiantes del IASA I [Trabajo de Integración Curricular, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36564/1/IASA%20I-TIC-0020.pdf>

Cajamar. (2016, June). Cultivos de microalgas a gran escala: Sistema de producción. *Negocio*

Agroalimentario y Cooperativo, 1–14. <https://www.cajamar.es/storage/documents/018-microalgas2-1467367279-9023d.pdf>

Calvachi, K. (2022). *Evaluación de un sistema acuapónico para girasol (Helianthus annuus L.) Var. Vincent*

Choice y su estimulación mediante fertilización foliar con Chlorella sp. Biotipo III [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35899/1/IASA%20I-TT-0030.pdf>

Camacho, T. (2017). *Obtención de un hidrolizado de Spirulina (Arthrospira platensis) en polvo, mediante*

secado por aspersion, como ingrediente funcional [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25303/1/BQ%20118.pdf>

Candarle, P. (2015). Técnicas de Acuaponía. *Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC)*. [Archivo PDF].

https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos//000000_Desarroll os%20Acu%C3%ADcolas/160831_T%C3%A9nicas%20de%20Acuaponia.pdf

Casanova, A. (2020). *Evaluación de la aplicación de Arthrospira maxima sobre indicadores de crecimiento y rendimiento del cultivo de jitomate bajo invernadero* [Informe Final de Servicio Social, Universidad Autónoma Metropolitana].

<https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/bfa16a75-a078-427c-a1bc-fb97e322d78b/cbs1972960.pdf>

Cedeño, J., & Guzmán, F. (2008). *Diseño de una planta procesadora de baby corn y pepinillo en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador* [Proyecto de Titulación, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1651/1/CD-1867.pdf>

Churuchumbi Cachago, V. H. (2019). *Evaluación de la dieta con harina de larva de cutzo (Phyllophaga spp.) en la alimentación de cría y juvenil de tilapia roja (Oreochromis sp.)* [Trabajo de Grado, Universidad Técnica del Norte].

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10789/2/03%20AGP%20278%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Cofre, M. (2023). *Evaluación del efecto de bokashi y espirulina en pimiento (Capsicum annuum) variedad híbrido Cortés en el cantón Rumiñahui, Ecuador* [Trabajo de integración curricular, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36568/1/IASA%20I-TIC-0024.pdf>

Colagrosso, A. (2014). *Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala* (Primera edición). Youcanprint.

- Colorado Gómez, M. A., y Ospina Correa, M. (2019). *La Acuaponía como herramienta de formación en tiempos de paz*. Centro de Biotecnología Agropecuaria: Regional Cundinamarca.
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5555/acuaponia_como_herramienta_de_formaci%3%b3n.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Colorado, M., Herrera, M., Lancheros, J., López, I., Buitrago, R., y Reynolds, J. (2022). Importance of aquaponic systems as a food source with the implementation of new technologies. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 2(1), 246.
<https://editic.net/ripie/index.php/ripie/article/view/77/55>
- Coral Carrillo, D. M. (2015). *Diseño de un sistema acuapónico en la Unidad de Agricultura Orgánica* [Trabajo de titulación, Escuela Agrícola Panamericana].
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bedeabc1-3ec7-4bd9-aa0a-8c38a0a0e1c5/content>
- Coral, V. (2014). *Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de siete alimentos: yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca, chocho, avena laminada, harina de maíz y harina de trigo integral* [Trabajo de Titulación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador].
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8924/Determinaci%3%B3n%20proximal%20de%20los%20principales%20componentes%20nutricionales%20de%20siete%20alimentos.pdf?sequence=1>
- Córdova, J. (2019). *Valoración de dos sistemas acuapónicos para el cultivo de Fresa (Fragaria vesca) y su estimulación mediante productos algales* [Trabajo de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15729/1/T-IASA%20I-005481.pdf>
- Coronel, A. (2022). *Comparación del efecto de tres biofertilizantes: Biol, Algas marinas y Espirulina (Arthrospira platensis), en la producción orgánica de lechuga (Lactuca sativa)* [Trabajo de

titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35926/1/IASA%20I-TT-0053.pdf>

Cotrina Vila, F. (2005). Cultivo del Pepinillo. *Publicaciones de Extensión Agraria*, 7–79, 16.

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1979_07.pdf

Delgado, N. (2020). *Aprovechamiento de efluentes provenientes de los sistemas de recirculación acuícola del cultivo de tilapia (Oreochromis sp.) en acuaponía* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina].

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4446/delgado-gavilano-nella.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Diédhiou, I., Lara Mireles, J. L., y Rojas Velázquez, Á. N. (2020). Agronomic response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to the application of organic fertilizers in different systems of production.

REDEL. Revista Granmense de Desarrollo Local, 4.

https://www.researchgate.net/publication/343797688_Respuesta_agronomica_del_pepino_Cucumis_sativus_L_a_la_aplicacion_de_abonos_organicos_en_diferentes_sistemas_de_produccion

EDIFARM. (2018). AGROSTEMIN. In *Vademécum Agrícola XV*.

https://gestion.edifarm.com.ec/edifarm_quickagro/pdfs/productos/AGROSTEMIN-20181017-155130.pdf

Escobar, M. (2023). *Evaluación de la eficacia de Bokashi y Espirulina en pimiento (Capsicum annum) variedad campero en el Cantón Rumiñahui* [Trabajo de integración curricular, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36569/1/IASA%20I-TIC-0025.pdf>

- Espinosa, A., Hernández, R., & González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotecnología Vegetal*, 20(4).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2074-86472020000400257
- Fernandez Jose. (2014). *Ingeniería de Procesos aplicada a la Biotecnología de Microalgas*. Microalgal Biotechnology. <https://w3.ual.es/~jfernand/ProcMicro70801207/tema-1---generalidades/1-0-ingenieria-de-procesos.html>
- Fornaris, G. (2001). *Conjunto Tecnológico para la Producción de Pepinillo de Ensalada* [Universidad de Puerto Rico]. <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PEPINILLO-CARACTERISTICAS-PLANTA.pdf>
- Gaibor, M. de L. (2023). *Evaluación de la eficacia de los biofertilizantes Bokashi y Espirulina en pimiento (Capsicum annuum) variedad híbrido Cida R en el cantón Rumiñahui* [Trabajo de Integración Curricular, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36563/1/IASA%20I-TIC-0026.pdf>
- González, J. (2022). *El uso de algas marinas como bioestimulantes* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de la Laguna].
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/29095/El%20uso%20de%20algas%20marinas%20como%20bioestimulantes.pdf?sequence=1>
- Google Maps. (24 de mayo de 2023). *Ubicación geográfica del Centro Piscícola Nanegal*. Recuperado el 23 de mayo de 2023 de
<https://www.google.com.ec/maps/place/Centro+Pisc%C3%ADcola+de+Nanegal/@0.1335171,-78.6648951,387m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x8e2a87f28e54a421:0x93ba21cc3f19190f!8m2!3d0.1335013!4d-78.6653408!16s%2Fg%2F11q96gbv3k?hl=es&entry=ttu>
- Granda, H. (2022). *Comparación de los parámetros de producción obtenidos en 8 estanques de producción de tilapia roja (Oreochromis mossambicus) en una explotación piscícola con sistema*

de recirculación en el municipio de rio negro, Santander [Trabajo de Titulación, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD].

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/51355/hegrandaj.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Heredia, C. (2020). *Efecto de cuatro concentraciones de Chorella sp. Biotipo I como fertilizante foliar en la productividad de frutilla (Fragaria vesca) en sistemas acuapónicos de altura* [Trabajo de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22060/1/T-IASAI-005596.pdf>

Hernández, A., y Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 49(2), 157–173. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572014000200001>

Izquierdo, S., y Gomero, A. (2018). *Bebida de limón (Citrus limón) y capulí (Prunus serotina) enriquecida con spirulina (Arthrospira platensis), para la prevención de la deficiencia de proteínas y hierro, en el preescolar* [Trabajo de Titulación, Universidad Nacional Jose Faustino Sánchez Carrión].

<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/3454/IZQUIERDO%20TINOCO%20y%20GOMERO%20PE%c3%91A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Jaramillo, M., y Ramos, E. (2018). *Evaluación de la remoción de compuestos nitrogenados de un sistema acuapónico compuesto por tilapia y lechuga utilizando tres tipos de sustratos (Turba comercial, Grava, Cascarilla de arroz), bajo condiciones de invernadero en la Granja Experimental Botana, Municipio de Pasto* [Trabajo de Titulación, Universidad de Nariño].

<https://sired.udenar.edu.co/8295/1/92602.pdf>

Kanchi, D. (2013). *Implementación de un sistema acuapónico urbano bajo invernadero en la ciudad de Xalapa* [Trabajo de Titulación, Universidad Veracruzana].

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/42162328/Sistema_acuaponico_urbano-libre.pdf?1454708504=&response-content-

disposition=inline%3B+filename%3DUniversidad_Veracruzana_PARA_ACREDITAR_L.pdf&Expires=1692421274&Signature=PUIDmjWSf54SeGUWejiahck3HX86-PftBX2jIQL5KE8x40rIK-EgCtQ8~oaXZDNjMtAEvEaifPJe2ukpN8v3olZqH4a1-cQa3CsXnmuTeoJWdcuDh8aHuhusg-yMYWe-iSTnNMNJV0bufai0yxTccSbDy5B-RGeHnLnJo~UibQYWktqTwKOG77UtvckuGbLvZDNJhRObNS42FkfFmUwUdDiowsKNhwOYS9STIp-xBSkyP13NklclbwG4sgeL44j2R351IkR7HcX7yDFwVlKp-S7H~j5YPIgRS-4AmrgsnE36vIVjqgHd4lPd67IIPV-DoFx1sKlK1wcluQH700kuPEg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Koyama, R., Michelloti, M., Roder, C., Marinho de Assis, A., Ruffo, S., y Mógor, F. (2012). Extracto de alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis sobre el rendimiento y el desarrollo vegetativo del tomate. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 55(4), 282–287. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4322/rca.2012.067>

López Padrón, I., Martínez González, L., Pérez Domínguez, G., Reyes Guerrero, Y., Núñez Vázquez, M., y Cabrera Rodríguez, J. A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 10. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/1819-4087-ctr-41-02-e10.pdf>

Mamani, P. (2016). *Evaluación del efecto de diferentes niveles de sustratos de dos variedades híbridas de pepinillo (Cucumis sativus L.) bajo un sistema hidropónico en el centro experimental de Cota-Cota* [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7633/T-2249.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Marcillo, G. (2022). *Efecto de la Espirulina (Arthrospira platensis) tratada con auxinas naturales, en la productividad de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en etapa de alevinaje* [Trabajo de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35902/1/IASA%20I-TT-0033.pdf>

- Margarites, A. C., Volpato, N., Araújo, E., Cardoso, L. G., Bertolin, T. E., Colla, L. M., y Costa, J. A. V. (2017). Spirulina platensis is more efficient than Chlorella homosphaera in carbohydrate productivity. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 38(17).
<https://doi.org/10.1080/09593330.2016.1254685>
- Márquez, B. (2014). *Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones* [Trabajo de Titulación, Universidad Nacional de San Agustín].
<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e8bd5b97-f205-4b7e-bcd6-b34d7ab4fbe2/content>
- Martínez, A. (2023). *Evaluación del efecto de biol y espirulina en pimiento (Capsicum annum) variedad híbrido Nathalie en el cantón Rumiñahui* [Trabajo de integración curricular, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36576/1/IASA%20I-TIC-%200033.pdf>
- Martínez, E., y Valle, K. (2021). *Comparación del rendimiento productivo de dos sistemas de cultivos de Tilapia roja (Oreochromis sp). Un sistema Acuapónico vs un sistema de cultivo convencional* [Monografía de tesis, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-LEÓN].
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9328/1/249260.pdf>
- Mendoza, P. (2021). *Histología hepatosomática en juveniles de tilapia roja (Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus) con inclusión de quitosano en dieta* [Unidad de Integración Curricular, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6159/1/T-UTEQ-295.pdf>
- Mindiola, Y. (2023). *Evaluación de la producción del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) en condiciones hidropónicas con diferentes sustratos* [Trabajo de Titulación, Universidad de Guayaquil].
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/67640/1/TESIS-CD-YULISSA.pdf>

- Miranda, V., Fimbres, D., Miranda Anselmo, Rascón, A., Martínez, K., Lizardi, J., Campa, A., y Carvajal, E. (2023). Microalgas Marinas: Una Fuente Valiosa de Polisacáridos con Propiedades Bioactivas y Funcionales. *Revistas Uninson*, 18(1), 1–15.
<https://invurnus.unison.mx/index.php/INVURNUS/article/view/91/68>
- Montoya, S. (2021, April 14). *Ascophyllum Nodusum, propiedades y usos en agricultura*. Tecnicrop.
<https://tecnicrop.com/blog/ascophyllum-nodusum-propiedades-y-usos-en-agricultura>
- Moreno, E., y Zafra, A. (2014). Aquaponic system growth of lettuce, *Lactuca sativa*, with tilapia farming effluents. *Revista Científica de La Facultad de Ciencias Biológicas*, 34(2), 60–72.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbbiol/article/view/770/694>
- Muñoz Gutiérrez, M. E. (2012). Aquaponic recirculation systems. *Informador Técnico (Colombia)* *Revistas Sena*, 76(60), 123–129.
revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/download/36/41
- Muñoz, M., y Tipán, K. (2020). *Valoración de un sistema acuapónico para pepinillo (Cucumis sativus) bajo el efecto de bioestimulantes algales y humus líquido* [Trabajo de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24770/1/T-IASA%20I-005599.pdf>
- Navarro, A. (2022). *Efecto de Chlorella sp. Biotipo I como fertilizante foliar en la productividad de albahaca (ocimum basilicum) en un sistema acuapónico con tilapia roja (oreochromis sp.) en el subtrópico occidental ecuatoriano* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35887/1/IASA%20I-TT-%200018.pdf>
- Ortiz, J., y Ramos, L. (2018). *Evaluación de algunas variables agronómicas en cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) var. batavia bajo un sistema de recirculación con agua* [Tesis de grado, Universidad de Nariño].

<http://sired.udenar.edu.co/6071/1/EVALUACION%20DE%20ALGUNAS%20VARIABLES%20AGR%20C3%93NOMICAS%20EN%20CULTIVO%20DE%20LE.pdf>

Oyervides Cázares, M. del S. (2005). Producción de pepino en cultivo sin suelo bajo condiciones de invernadero [Trabajo de Grado, Centro de Investigación en Química Aplicada]. In *CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA*.

<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/463/1/Maria%20del%20Sagrario%20Oyervides.pdf>

Pérez Madruga, Y., López Padrón, I., y Reyes Guerrero, Y. (2020). Algae as a natural alternative for the production of different crops. *Cultivos Tropicales*, 41. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362020000200009&script=sci_arttext&tlng=en

Piloto, R. (2015). Microalgas. Potencial de producción de biocombustibles. In *Biocombustibles para uso en motores diesel*. https://www.researchgate.net/profile/Ramon-Piloto-Rodriguez/publication/273661341_Microalgas_Potencial_de_produccion_de_biocombustibles/links/5f9881af92851c14bced3465/Microalgas-Potencial-de-produccion-de-biocombustibles.pdf

Pinto, G. (2013). *Efecto de la Spirulina platensis en las úlceras gástricas inducidas por inmovilización en Rattus norvegicus variedad sprague dawley* [Trabajo de Grado, Universidad Católica de Santa María]. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/3848/65.1464.FB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quijije, M. (2021). *Evaluación de Cuatro Densidades de Tilapia Roja (Oreochromis sp A. Smith) Durante la Etapa de Alevinaje Mediante la Técnica de Acuaponía* [Trabajo de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24117/1/T-ESPESD-003104.pdf>

Rehfishch, V., Toala, N., y Velez, J. (2000). *Proyecto para el cultivo y exportación de Pepinillo* [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3836/1/6363.pdf>

Reyes, M., Sandoval, M., Rodríguez, N., Trejo, L., Sánchez, J., y Reta, J. (2016). Concentración de nutrientes en efluente acuapónico para producción de *Solanum lycopersicum* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 17, 3529–3542.

<https://www.redalyc.org/pdf/2631/263149506012.pdf>

Rodríguez, D. (2013). *Evaluación de sustratos orgánicos alternativos en la producción de pepino (Cucumis sativus L.) en invernadero* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí].

<http://ninive.uaslp.mx/xmlui/bitstream/handle/i/3400/MPA1EVA01301.pdf?sequence=2>

Rosado, M. (2013). *Desarrollo morfológico y rendimiento del cultivo de pepino (Cucumis sativus) mediante sistema hidropónico de sustrato sólido en el cantón Babahoyo* [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/198/T-UTB-FACIAG-AGR-000058.pdf?sequence=7&isAllowed=y>

Rueda, A. (2023). *Evaluación de tres densidades de cultivo de Oreochromis niloticus (tilapia nilotica) en acuaponía en condiciones de laboratorio* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].

https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2375/TS_ACRL_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Saavedra, M. A. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

- Salazar, W., Monge, J., y Loría, M. (2022). Aplicación foliar de fertilizantes y extracto de algas en pepino (*Cucumis sativus* L.) en invernadero. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 26, 177–189.
<https://doi.org/https://doi.org/10.53897/RevAIA.22.26.24>
- Sandí, C. (2016). *Crecimiento, producción y absorción nutricional del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) con dos soluciones nutritivas en ambiente protegido* [Trabajo Final de Grado, Tecnológico de Costa Rica].
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9837/crecimiento_produccion_absorcion_nutricional_cultivo_pepino_cucumis_sativus_l_con_dos_soluciones_nutritivas_ambiente_protegido_zona_san_carlos_costa_rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sandoval, D. (2017). *Evaluación del Crecimiento de Esppirulina (Arthrospira platensis) mediante alternativas de fertilización orgánica e inorgánica y su masificación en condiciones de campo en la Hda. El Prado* [Trabajo de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14508/T-IASA-005379.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Silvera, J., y Cantero, K. (2022). *Implementación de un sistema acuapónico híbrido (solar y tradicional) para el cultivo de tilapia roja, especies seleccionadas y forraje verde hidropónico como estrategia de producción más limpia en Polo Nuevo, Atlántico* [Trabajo De Grado, Universidad de la Costa].
https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/9492/Implementacion_de_un_sistema_acuaponico_hibrido.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., y Lovatelli, A. (2022). Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas. In *Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas*. FAO.
<https://doi.org/10.4060/i4021es>

- Tamarit, Y., Nodarse, L., Wong, C., Silveira, R., Turiño, M., y Sáez, C. (2013). Caracterización físico-química y sensorial de la tilapia roja *Oreochromis spp.* *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 30(1), 72–74.
<https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/9798/Caracterizaci%3bn%20f%3adsico-qu%3admica%20y%20sensorial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Thanh Sang, V., Dai Hung, N., y Se Kwon, K. (2015). Nutritional and Pharmaceutical Properties of Microalgal Spirulina. In K. Gomez (Ed.), *Handbook of Marine Microalgae* (pp. 299–308). Janice Audet. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128007761000194>
- Ucan, O. (2019). *Efecto de Tres Bioestimulantes sobre la Producción de Pepino Europeo (Cucumis sativus L.) bajo invernadero en Saltillo, Coahuila* [Trabajo de Titulación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/46152/K%2066082%20Ucan%20Tucuch%2c%20Omar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Valdez, C., Guerra, D., Díaz, M., y Ríos, L. (2018). Evaluation of the integrated production of nilotic tilapia (*Oreochromis niloticus*) and improved bean varieties (*Phaseolus vulgaris*) in an NFT aquaponic system. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 19(5), 1–12.
https://www.researchgate.net/profile/Mercedes-Diaz-6/publication/328392959_Evaluation_of_the_integrated_production_of_Nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_and_improved_bean_varieties_Phaseolus_vulgaris_in_a_NFT_aquaponic_system/links/5eff845692851c52d6142266/Evaluation-of-the-integrated-production-of-Nile-tilapia-Oreochromis-niloticus-and-improved-bean-varieties-Phaseolus-vulgaris-in-a-NFT-aquaponic-system.pdf
- Valle, D., y Umanzor, K. (2014). *Evaluación del engorde de tilapia roja (Oreochromis sp.) y tilapia híbrida (Oreochromis sp. × Oreochromis niloticus) en jaulas flotantes bajo dos ambientes en Zamorano*

[Tesis doctoral, Escuela Agrícola Panamericana].

<https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3510>

Vargas, L. (2019). *Estado actual del estudio de las microalgas como bioestimulantes y perspectivas de su uso en la agricultura sostenible* [Trabajo de Maestría, Universidad de Manizales].

https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/4791/InformeFinal_Lized_AJUSTADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vargas, M. de L., Figueroa, H., Tamayo, J., Toledo, V., y Moo, V. (2019). Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. *CIENCIA Ergo-Sum*, 26(2), 1–12.

<https://doi.org/10.30878/ces.v26n2a6>

Villalobos, S., y 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. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n5/2007-0934-remexca-7-05-983-en.pdf>

Vivanco Viteri, B. W. (2022). *Efecto del biofertilizante a base de espirulina (Arthrospira platensis) sobre la productividad de pepino (Cucumis sativus) en un sistema acuapónico con tilapia roja*

(*Oreochromis sp.*) [Trabajo de Titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE].

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35894/1/IASA%20I-TT-0025.pdf>

Ynga, G., y Niño, A. (2019). *Manual para producción de microalgas marinas en el instituto del mar del Perú* (Vol. 46).

<https://repositorio.imarpe.gob.pe/bitstream/20.500.12958/3338/1/Informe%2046-1.pdf>

Zafra, A., Díaz, M., Dávila, F., Fernández, R., Vela, K., y Guzmán, H. (2019). Conversión y eficiencia alimenticia de *Oreochromis aureus* var. *suprema* (Cichlidae) con diferente alimento balanceado en sistema cerrado, Trujillo, La Libertad, Perú. *Arnaldoa*, 26(2), 1–12.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000200019&script=sci_arttext

