

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSERVACION**



Evaluación de bioestimulante a base de quitosano en un sistema acuapónico con lechuga romana (*Lactuca sativa* var. *Longifolia*)

**PROYECTO DE TESIS**

presentada como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO EN GESTION INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES**

POR:

**Daniela Alejandra Pineda Vallecillos**

**CATACAMAS, OLANCHO**

**Noviembre de 2023**

Evaluación de bioestimulante a base de quitosano en un sistema acuapónico con lechuga romana (*Lactuca sativa* var. *Longifolia*.)

POR:

**Daniela Alejandra Pineda Vallecillos**

**M.S.C. JOSUÉ DAVID MATUTE AGUILAR**

Director de Tesis

**TESIS**

Presentada como requisito para obtener el título de  
**INGENIERO EN GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES**

**CATACAMAS, OLANCHO**

**Noviembre de 2023**



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

Catacamas, Olancho

### ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los suscritos miembros de la comisión evaluadora del Informe de Tesis certificamos que:

El estudiante **DANIELA ALEJANDRA PINEDA VALLECILLOS** del IV Año de ingeniería en gestión integral de los recursos naturales presentó su informe intitulado:

**“EVALUACIÓN DE BIOESTIMULANTE A BASE DE QUITOSANO EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO CON LECHUGA ROMANA (*LACTUCA SATIVA* VAR. *LONGIFOLIA*.)”**

El cual, a criterio de los evaluadores, \_\_\_\_\_ el presente Informe Final de Tesis como requisito previo para optar al título de Ingeniero en gestión integral de los recursos naturales.

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los diecisiete días del mes de noviembre de dos mil veintitrés.

\_\_\_\_\_  
M.s.c. Josué David matute Aguilar

**Director de Tesis  
Tesis**

\_\_\_\_\_  
M.s.c. Wendy Leonela Castellanos

**Jurado de**

\_\_\_\_\_  
PhD. Héctor Gómez  
**Jurado de Tesis**

## **DEDICATORIA**

**A DIOS**, padre celestial, por su infinita sabiduría, amor y misericordia, que me ha guiado y acompañado en todo momento, especialmente durante este camino de formación académica.

**A MI MADRE NIDIA ROXANA VALLECILLOS**, por su amor incondicional, su apoyo incondicional y su ejemplo de fortaleza y perseverancia.

**A MI PADRE GERARDO ALFREDO PINEDA**, que desde el cielo me sigue guiando y motivando a ser una mejor persona.

**A MI ABUELO JOSE DANIEL PIENDA SANTOS**, que en paz descansa, mi ángel, mi segundo padre y guía de mi vida, que me impulsó a ser una mujer de bien y me formó en la persona que soy.

**A MI NOVIO OSCAR EDUARDO GODOY BENAVIDES**, por su amor, su apoyo y su confianza en mí. Tú amor me ha dado la fuerza para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Tu apoyo me ha ayudado a alcanzar mis metas, y tu confianza me ha hecho creer en mí misma.

**A MIS HERMANOS RICSY JOHANA VALLECILLOS Y GERARDO ALFREDO PINEDA**, por su amor, su apoyo, por estar pendiente y preocuparse siempre por mi bienestar.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS TODO PODEROSO** por su infinita sabiduría, amor y fuerza que me

ha dado para enfrentar las dificultades que se me han presentado durante todo mi trayecto de mi carrera.

**A MI QUERIDA MADRE NIDIA ROXANA VALLECILLOS**, Gracias por siempre creer en mí, por estar ahí para mí en los buenos y malos momentos, por apoyarme en todo lo que hago, aconsejándome y por amarme.

**A MI PADRE GERADO ALFREDO PINEDA**, por ese ángel que me da la fortaleza y me cuida en todo momento.

**A MI ABUELO JOSE DANIEL PINEDA SANTOS**, por ser ese ángel que me cuido y me enseñó el valor de la vida, infinito gracias por todo ese amor que me demostró en vida y que me formo en la persona que soy.

**A MI NOVIO OSCAR EDUAURDO GODOY**, por acompañarme en cada uno de los malos y buenos momentos de mi carrera, mostrándome su amor, su apoyo incondicional en esta fase de mi vida tan importante.

**A MIS HERMANOS RICSY JOHANA VALLECILLOS, GERARDO ALFREDO PINEDA**, por sus consejos y por apoyarme en cada monto de mi vida

A mis amigos y compañeros de clase por ser testigos de los esfuerzos realizados durante este proceso de formación académica.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA (UNAG)**, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional y por permitirme realizar esta investigación.

**AL PERSONAL TÉCNICO DE LA FINCA AGROECOLÓGICA**, por su apoyo y colaboración durante el desarrollo de esta investigación.

**A MIS ASESORES**, M.s.c. Josué David matute Aguilar, M.s.c. Wendy Leonela Castellano, PhD Hector Gómez, por su guía, apoyo y orientación durante todo el proceso

de investigación. Gracias por su paciencia, su dedicación y su compromiso con mi desarrollo profesional.

**A MIS AMIGOS**, Jessica Mejía, Olga Gonzales, Ana Funez, Lucy Flores, Juliana Castillo, Oscar Godoy, por su apoyo y disposición durante este proceso académico.

## CONTENIDO

<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iii</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE ANEXO</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xi</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN:</b> .....	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	2
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	<b>3</b>
3.1 Hipótesis Nula (Ho):.....	3
3.2 Hipótesis Alternativa (Ha): .....	3
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
4.1. Bioestimulante .....	4
4.1.1. Bioestimulante en la agricultura orgánica .....	4
4.2. Bioestimulante quitosano.....	5
4.2.1. Producción de quitosano.....	6
4.2.2. Propiedades del quitosano .....	6
4.2.3. Nutrientes del bioestimulante quitosano esenciales para las plantas:.....	8
4.2.4. Efecto del quitosano en el crecimiento y desarrollo de las plantas .....	9
4.2.5. Efecto del quitosano en la resistencia de las plantas a estrés abiótico .....	10
4.2.6. Efecto del quitosano en la calidad de los cultivos .....	10
4.2.7. Protección contra las plagas y enfermedades .....	10
4.2.8. El quitosano se puede aplicar a las plantas de varias maneras .....	11
4.3. Cultivo de lechuga Romana ( <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Longifolia</i> .).....	11
4.3.1. Clasificación taxonómica .....	11
4.3.2. Descripción botánica .....	12
4.3.3. Requerimientos que requiere la lechuga romana.....	13

4.4.	Hidroponía .....	14
4.5.	Sistema acuapónico.....	14
4.5.1.	Diseño acuapónico de film nutritivo (NFT) .....	14
4.5.2.	Los componentes básicos de un sistema acuapónico son los siguientes ..	15
4.5.3.	Ventajas de la acuaponía .....	15
4.5.4.	Proceso de nitrificación en sistema acuapónico NFT recircular .....	16
4.5.5.	Desventajas de la acuaponía .....	17
4.5.6.	La acuaponía como sistema agroalimentario sustentable.....	18
4.6.	Problema de producción de alimentos .....	18
4.7.	Soluciones a la Problemática .....	18
<b>V.</b>	<b>MATERIAL Y METODO .....</b>	<b>20</b>
5.1.	Ubicación geográfica .....	20
5.2.	Materiales.....	20
5.2.1.	Método de investigación.....	21
5.2.2.	Diseño experimental .....	21
5.3.	Actividades desarrolladas dentro de la investigación .....	21
5.3.1.	Elaboración de los bioestimulante .....	21
5.3.2.	Elaboración del sistema acuapónico NFT .....	23
5.3.3.	Aplicación de los bioestimulantes .....	25
5.3.4.	Mediciones de ph y conductividad eléctrica del sistema acuapónico .....	26
5.3.5.	Análisis de laboratorio para determinar el contenido de nutrientes en cada bioestimulante .....	27
5.3.6.	Mediciones de las variables hojas, altura y grosor de tallo del cultivo de lechuga	27
5.3.7.	Determinación del rendimiento de las lechugas romana ( <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Longifolia</i> )el sistema acuapónico .....	28
5.4.	Medición de la demanda de agua que consume el sistema acuapónico.....	28
5.5.	Deficiencia de nutrientes en el sistema acuapónico con cultivo de lechuga romana .....	29
<b>VI.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
6.1.	Análisis de laboratorio del contenido de nutrientes en los bioestimulantes .....	30
6.2.	Características de las plantas .....	31
6.2.1	Número de hojas.....	31
6.2.2.	Grosor de tallo (mm).....	32



6.2.3	Altura de cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> var. <i>Longifolia</i> ) .....	33
6.2.4.	Largo de raíz (cm). .....	34
	Figura 17. Largo de raíz (cm) cultivo de lechuga. ....	35
6.3.	Rendimiento del peso total del cultivo de lechuga (Kg/mentro leinal) .....	36
6.3.	Ph del sistema acuapónico con la técnica de NFT evaluados .....	37
6.4.	Conductividad eléctrica del sistema acuapónico con cultivo de lechuga romana	38
6.5.	Demanda de Agua en el sistema acuapónico .....	40
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>41</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>42</b>
<b>IX.</b>	<b>BIBLIOGRAFIAS</b> .....	<b>43</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>49</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Ciclo del nitrógeno en acuaponía.....	17
<b>Figura 2.</b> Ubicación geográfica de la Finca Agroecológica, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas Olancho.....	20
<b>Figura 3.</b> Elaboración de los Bioestimulante.....	23
<b>Figura 4.</b> Diseño del sistema acuapónico NFT.....	24
<b>Figura 5.</b> Estructura del sistema acuapónico y galera .....	25
<b>Figura 7.</b> Diagrama del proceso de aplicación del biostimulnate.....	26
<b>Figura 8.</b> Mediciones de ph y Conductividad eléctrica del sistema acuapónico. ....	26
<b>Figura 9.</b> Muestras de los bioestimulantes. ....	27
<b>Figura 10.</b> Mediciones de altura, numero de hojas y grosor de tallo en mm.....	27
<b>Figura 11.</b> Registro de los datos del rendimiento del cultivo de lechuga. ....	28
<b>Figura 12.</b> Mediciones del consumo de agua del sistema acuapónico. ....	29
<b>Figura 14.</b> Número de hojas de lechuga ( Lactuca sativa var. Longifolia.) dentro de un sistema acuapónico NFT, con diferentes biostimulantes.....	32
<b>Figura 15.</b> Grosor de tallo (mm) del cultivo de lechuga (Lactuca sativa var. Longifolia) .....	33
<b>Figura 16.</b> Altura de cultivo de lechuga Romana (Lactuca sativa var. Longifolia)en un sistema acuapónico, con diferentes tratamientos.....	34
Figura 17. Largo de raíz (cm) cultivo de lechuga.....	35
<b>Figura 18.</b> Rendimiento del peso total del cultivo de lechuga (g/ha) de cada tratamiento. ....	37
<b>Figura 19.</b> Ph del sistema acuapónico con la técnica de NFT. ....	38
<b>Figura 20.</b> Conductividad eléctrica del sistema acuapónico con cultivo de lechuga. ...	39

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Ejemplo de análisis de nutrientes del quitosano Barrera et al. (2007): .....	8
<b>Tabla 2.</b> Taxonomía de la lechuga.....	12
<b>Tabla 3.</b> Insumos de los biostimulantes.....	22
<b>Tabla 6.</b> Contenido de nutrientes de los tratamientos utilizados. ....	30
<b>Tabla 5.</b> Agua utilizada en el sistema acuapónico con cultivo de lechuga.....	40

## LISTA DE ANEXO

	<b>Pag</b>
<b>Anexo 1.</b> Instalaciones del sistema acuapónico y galera.....	49
<b>Anexo 2</b> Diseño del método NFT en el sistema acuapónico.....	50
<b>Anexo 3.</b> Instalación de los complementos dentro del sistema acuapónico.....	51
<b>Anexo 4.</b> Trasplante de Cultivo de lechuga romana ( <i>Lactuca sativa</i> L.)dentro del sistema acuapónico con técnica de NFT. ....	54
<b>Anexo 5.</b> Desarrollo del Cultivo de lechuga romana ( <i>Lactuca sativa</i> L.)dentro del sistema acuapónico con técnica de NFT. ....	55
<b>Anexo 6.</b> Aplicaciones de los biostimulantes a base de quitosano y sin quitosano. ....	56
<b>Anexo 7.</b> Registro de Datos de las variables medidas en el cultivo.....	58
<b>Anexo 8.</b> Deficiencia de nutrientes del sistema acuapónico con cultivo de lechuga. ....	60
<b>Anexo 9.</b> Ciclo de la nitrificación del sistema acuapónico .....	63
<b>Anexo 10.</b> Cosecha del cultivo de lechuga .....	64
<b>Anexo 11.</b> Resultados de análisis del contenido de macronutrientes y micronutrientes de los biostimulnates. ....	65
<b>Anexo 12.</b> Análisis de varianza LSD Fisher de los tratamientos a evaluados en el cultivo de lechuga romana. ....	66

Pineda Vallecillos. D.A. 2023. Evaluación de bioestimulante a base de quitosano en un sistema acuapónico con lechuga romana (*Lactuca sativa var. Longifolia.*), Informe final de investigación Ing. Catacamas Olancho, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura.

## RESUMEN

El quitosano, un biopolímero derivado de la quitina presente en los exoesqueletos de crustáceos, ha demostrado ser un biostimulante prometedor para el crecimiento de las plantas. Se ha encontrado que el quitosano mejora la absorción de nutrientes, la resistencia a enfermedades y el desarrollo. El estudio se llevó a cabo en la Finca Agroecológica de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en Catacamas, Olancho. Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de un biostimulante a base de quitosano en el crecimiento de lechuga en un sistema acuapónico. Se implementó un sistema acuapónico con diseño NFT para el cultivo de lechuga Romana (*Lactuca sativa var. Longifolia*) y se evaluó el efecto de un biostimulante a base de quitosano en comparación con un grupo de control sin el uso de quitosano más un el grupo de testigo que recibió cero tratamientos. Para este estudio se realizó una fermentación aeróbica de 4 biostimulantes a base de cabeza de camarón y uno sin cabeza de camarón, se utilizó un total cinco tratamientos diferentes, incluyendo el grupo de control, cada uno con una cantidad variable de quitosano. Se evaluaron variables, como la altura de las plantas, el número de hojas, el largo de las raíces, el grosor de los tallos, el rendimiento en peso y el contenido de nutrientes, ph, conductividad eléctrica y la demanda del agua. Encontrado que, si hay diferencia significativa con un ( $p < 0.0001$ ) entre cada biostimulante y el testigo, de cada variable relacionada con el crecimiento de las plantas. En el estudio se encontró que el uso de bioestimulantes a base de quitosano en un sistema acuapónico para el cultivo de lechuga Romana (*Lactuca sativa var. Longifolia*) tiene un efecto positivo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, en comparación con el grupo de control sin el uso de quitosano. Los resultados indican que el quitosano puede ser una herramienta eficaz para mejorar el rendimiento de las plantas en sistemas acuapónicos.

**Palabras claves:** acuaponía, bioestimulate, quitosano, biopolímero, nutrientes, fermentación.

## I. INTRODUCCIÓN:

El sistema acuapónico es una forma innovadora y sostenible de cultivar plantas y criar peces en un mismo sistema integrado. Este sistema combina la acuicultura, que es la cría de peces en tanques o estanques, con la hidroponía, que es el cultivo de plantas en agua sin suelo Caló (2011). Esta simbiosis entre peces y plantas crea un ciclo cerrado con nutrientes y eficiente, donde ambos se benefician mutuamente. Además, el sistema acuapónico utiliza menos agua y elimina el uso de fertilizantes químicos, lo que lo convierte en una opción sostenible y respetuosa con el medio ambiente, por lo tanto, estos sistemas acuapónicos son ideales para el cultivo de plantas de crecimiento rápido, como las lechuga (Muñoz 2012; Moreno y Trelles 2014)

El quitosano es un biopolímero natural que se obtiene de la desacetilación de la quitina, un polisacárido que se encuentra en el exoesqueleto de los crustáceos, como los camarones, los cangrejos y las langostas y otros (Romero *et al.* 2020). El uso de quitosano como bioestimulante mejorar la emergencia, el crecimiento y la producción de los cultivos (Rodríguez *et al.* 2019). Además de sus propiedades bioactivas, el uso de quitosano como bioestimulante en un sistema acuapónico puede contribuir a la seguridad alimentaria. Al mejorar la resistencia de las plantas a enfermedades, se reducen las pérdidas de cultivo y se garantiza una mayor producción de alimentos. Esto es especialmente importante en un contexto donde la demanda de alimentos frescos y saludables está en aumento (Jiménez *et al.* 2013).

Por lo anterior el presente estudio tuvo como objetivo el estudio de cultivos acuapónicos con la técnica de NFT y la utilización de un biostimulante a base de diferentes cantidades de cabeza de camarón como fuente de quitosano. También se muestra la metodología y resultados obtenidos del estudio con cultivo de lechuga Romana (*Lactuca sativa var. Longifolia*) en el sistema acuapónico realizado en la ciudad de Catacamas Olancho, en la finca Agroecológica de la Universidad Nacional de Agricultura.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la eficacia de bioestimulante a base de quitosano en un sistema acuapónico con cultivo de lechuga romana (*Lactuca sativa var. Longifolia*).

### **2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ❖ Evaluar el efecto de bioestimulante a base de quitosano en Variables de crecimiento y desarrollo de la lechuga en sistema acuapónico.
- ❖ Analizar el contenido de nutrientes del bioestimulante en diferentes porcentajes de quitosano.
- ❖ Determinar el rendimiento de las lechugas (*Lactuca sativa L.*) en el sistema acuapónico.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1 Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):**

No hay diferencia estadísticamente significativa al en la aplicación de bioestimulante quitosano en el crecimiento de cultivo de lechuga, en un sistema acuapónico.

#### **3.2 Hipótesis Alternativa (H<sub>a</sub>):**

Si hay diferencia estadísticamente significativa en la aplicación de bioestimulante quitosano en el crecimiento de cultivo de lechuga, en un sistema acuapónico.



## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Bioestimulante

Un bioestimulante es una sustancia o microorganismo que se aplica a las plantas con el objetivo de mejorar su absorción y asimilación de nutrientes, aumentar su tolerancia al estrés abiótico y mejorar sus características agronómicas. A diferencia de los fertilizantes, que aportan nutrientes directamente a las plantas, los bioestimulantes actúan mejorando los mecanismos de absorción de nutrientes y la eficiencia de las plantas en su utilización. También favorecen la tolerancia ambiental de las plantas frente a factores adversos. El uso de bioestimulantes puede reducir la necesidad de utilizar fertilizantes, lo cual contribuye a la reducción del uso de fertilizantes y la sostenibilidad agrícola (Cardozo 2020)

Incluyen diversas formulaciones o compuestos, sustancias, y otros productos que se aplican a las plantas o al suelo para regular y aumentar los procesos fisiológicos de los cultivos, haciéndolos más eficientes. Los bioestimulantes actúan sobre la fisiología de la planta a través de mecanismos diferentes a la nutrición para mejorar el vigor de los cultivos, el rendimiento, calidad y la vida postcosecha (Parrado *et al.* 2008).

#### 4.1.1. Bioestimulante en la agricultura orgánica

Para Colla *et al.*, (2015), Benavides y mendoza, (2021), afirman a los compuestos que incrementan el crecimiento y el vigor de las plantas por medio de mayor eficiencia en la absorción de agua y nutrientes. Son productos no fertilizantes que tienen un impacto benéfico en las plantas. Muchos de estos materiales bioestimulantes son productos naturales que no contienen químicos añadidos ni reguladores del crecimiento de las plantas sintéticas.

Al ser aplicado a las plantas en agricultura sostenible, son capaces de mejorar su eficacia, en absorción y asimilación de nutrientes, tolerancia a estrés biótico, abiótico o mejorar alguna de sus características agronómicas, además proporciona incrementos adicionales en los rendimientos de los cultivos, estimula y vigoriza desde la germinación hasta la

fructificación. Gracias a la función de los bioestimulantes, las plantas obtienen nutrientes capaces de reducir los impactos no deseados al medio ambiente (Valverde *et al.* 2020; Jardin 2015).

#### **4.2. Bioestimulante quitosano**

El término Quitosano generalmente se refiere a una familia de polímeros obtenida después de la desacetilación de la Quitina en diversos grados. Fue descubierto en 1859 por Rouget al hervir quitina con KOH, convirtiéndose en una sustancia soluble en ácidos orgánicos. Le llamó Quitina modificada. El quitosano es obtenido comercialmente mediante desacetilación alcalina de la Quitina (Rkhaila *et al.* 2021).

La quitina y el quitosano son compuestos naturales que son biodegradables y no tóxicos y han ganado una notable atención debido a su contribución efectiva al aumento del rendimiento y la sostenibilidad agroambiental a través de la aplicación de bioestimulante en las plantas (Shahrajabian *et al.* 2021).

El quitosano un compuesto natural y se produce comercialmente a partir de conchas de mariscos. Se ha utilizado en la inducción del sistema de defensa en frutas y verduras tanto antes como después de la cosecha contra hongos, bacterias, virus y otros estreses abióticos. Además de eso, el quitosano mejora efectivamente las propiedades fisiológicas de las plantas y también mejora la vida útil de los productos postcosecha. Además, el tratamiento con quitosano regula varios genes en las plantas, particularmente la activación de las vías de señalización de defensa de las plantas (Alvarenga 2011).

El quitosano, principal derivado de la quitina, es un amino-polisacárido compuesto principalmente de unidades repetitivas de 2- amino-2-desoxi- $\beta$ -D-Glucopiranososa, como polímero natural tiene un gran potencial en diferentes aplicaciones. La quitina es un polímero natural que se encuentra en los exoesqueletos de insectos y crustáceos, así como también en las paredes celulares de algunos hongos, levaduras y algas. De ella se obtiene el quitosano mediante un proceso de desacetilación, este polisacárido también se puede encontrar directamente en algunos hongos (Giraldo 2015).

#### 4.2.1. Producción de quitosano

Los métodos para producir quitosano son a partir de materias primas naturales, como la cáscara de camarón o la quitina de hongos.

La producción de quitosano se puede realizar a partir de materias primas naturales como la cáscara de camarón o la quitina de hongos. En lugar de desechar las cáscaras de camarón, se pueden recuperar y utilizar para la producción de quitosano. Este proceso implica la extracción y purificación de la quitina de las cáscaras de camarón, seguido de un proceso de desacetilación para obtener quitosano (Ávila 2017).

#### 4.2.2. Propiedades del quitosano

El quitosano es un bioestimulante eficaz debido a sus propiedades químicas, físicas y biológicas. Estas propiedades le confieren diversas aplicaciones en diferentes campos (Rodríguez *et al.* 2009).

##### 4.2.2.1. Propiedades químicas del quitosano

El quitosano es un polisacárido catiónico derivado de la quitina, que se encuentra en el exoesqueleto de crustáceos como los camarones y los cangrejos (Giraldo 2015).

Algunas de las propiedades químicas del quitosano incluyen:

- ❖ **Carga positiva:** El quitosano tiene una carga positiva debido a la presencia de grupos amino en su estructura. Esta carga le confiere la capacidad de interactuar con moléculas cargadas negativamente, como los ácidos nucleicos y los polianiones.
- ❖ **Biocompatibilidad:** El quitosano es biocompatible, lo que significa que es compatible con los sistemas biológicos y no causa reacciones adversas en el cuerpo humano.
- ❖ **Biodegradabilidad:** El quitosano es biodegradable, lo que significa que puede descomponerse en el medio ambiente sin causar daño.

#### 4.2.2.2. Propiedades físicas del quitosano

El quitosano también tiene propiedades físicas que lo hacen útil como bioestimulante (Giraldo 2015).

Algunas de estas propiedades incluyen:

- ❖ **Solubilidad:** El quitosano es soluble en soluciones ácidas, lo que facilita su procesamiento y aplicación en diferentes formas, como geles, películas y recubrimientos.
- ❖ **Flexibilidad:** El quitosano es flexible y puede adaptarse a diferentes formas y superficies, lo que lo hace adecuado para su uso en aplicaciones como recubrimientos y películas protectoras.
- ❖ **Capacidad de retención de agua:** El quitosano tiene la capacidad de retener agua, lo que ayuda a mantener la humedad en los sustratos y promueve el crecimiento de las plantas.

#### 4.2.2.3. Propiedades biológicas del quitosano

El quitosano también exhibe propiedades biológicas que lo convierten en un bioestimulante eficaz (Aljawish *et al.* 2015).

Algunas de estas propiedades son:

- ❖ **Actividad antimicrobiana:** El quitosano tiene propiedades antimicrobianas y puede inhibir el crecimiento de bacterias y hongos, lo que lo hace útil en aplicaciones agrícolas para proteger las plantas de enfermedades.
- ❖ **Estimulación del crecimiento de las plantas:** El quitosano puede estimular el crecimiento de las plantas al mejorar la absorción de nutrientes, promover la germinación de semillas y aumentar la resistencia al estrés abiótico.

- ❖ **Interacción con sistemas biológicos:** El quitosano puede interactuar con sistemas biológicos, como las membranas celulares, y desencadenar respuestas biológicas beneficiosas.

#### 4.2.3. Nutrientes del bioestimulante quitosano esenciales para las plantas:

Para Acosta, (2019); Jiménez *et al.* (2013) y otros en sus estudios han demostrado que los bioestimulante quitosano proporciona diversos nutrientes esenciales para las plantas son aquellos que las plantas necesitan para su crecimiento, desarrollo y reproducción. El quitosano es un bioestimulante que puede ayudar a las plantas a absorber y utilizar los nutrientes esenciales. En particular, se ha demostrado que el quitosano puede aumentar el contenido de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio en las plantas (Costales y Falcón 2018)

Se dividen en dos grupos: macronutrientes y micronutrientes. Los macronutrientes son necesarios en grandes cantidades y se incluyen el nitrógeno (N), el fósforo (P), el potasio (K), el calcio (Ca), el magnesio (Mg), el azufre (S) y el hierro (Fe), (Barrera *et al.* 2007).

**Tabla 1.** Ejemplo de análisis de nutrientes del quitosano Barrera et al. (2007):

Nutriente	g/100 g	(%)
Nitrógeno (N)	3	3
Fósforo (P)	1	1
Potasio (K)	1.5	1.5
Calcio (Ca)	0.5	0.5
Magnesio (Mg)	0.2	0.2
Azufre (S)	0.3	0.3

El contenido de nitrógeno es un indicador importante de la salud y el crecimiento de las plantas. El nitrógeno es un componente esencial de la clorofila, que es necesaria para la fotosíntesis. El aumento del contenido de nitrógeno en las plantas tratadas con quitosano sugiere que este bioestimulante puede mejorar la capacidad de las plantas para realizar la fotosíntesis (Kyrkby y Römheld 2007).

El potasio es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es necesario para la regulación de la apertura y cierre de las estomas, el transporte de agua y nutrientes, y la producción de proteínas. El aumento del contenido de potasio en las plantas puede mejorar la capacidad de las plantas para absorber y utilizar los nutrientes del suelo (Barrera *et al.* 2007).

El calcio es un nutriente esencial para la estructura celular de las plantas. Es necesario para la formación de la pared celular, la división celular y la resistencia a las enfermedades. Mejorando la resistencia de las plantas a las enfermedades y el estrés (Mengel y Kirkby 2000).

El magnesio es un nutriente esencial para la fotosíntesis. Es necesario para la síntesis de la clorofila y la producción de ATP, una molécula que proporciona energía a las células. Mejorar la capacidad de las plantas para realizar la fotosíntesis (Mengel y Kirkby 2000).

#### **4.2.4. Efecto del quitosano en el crecimiento y desarrollo de las plantas**

Los efectos del quitosano influyen en la germinación, el crecimiento de las raíces, el desarrollo de las hojas, la floración y la fructificación de las plantas. Puede aumentar la absorción de nutrientes, la división celular y la síntesis de proteínas. También puede ayudar a las plantas a resistir el estrés, como la sequía y la salinidad (Costales y Falcón 2018).

#### **4.2.5. Efecto del quitosano en la resistencia de las plantas a estrés abiótico**

El quitosano tiene un efecto positivo en la resistencia de las plantas al estrés abiótico. Su aplicación puede inducir la resistencia de las plantas a diferentes tipos de estrés abiótico, como el estrés causado por sales, sequía y temperatura. Esto se debe a su impacto en la transpiración de las plantas, la activación de genes de defensa y el secuestro de radicales libres (Bautista *et al.* 2006).

Además, el quitosano puede mitigar los efectos negativos del estrés abiótico en las plantas, ayudando a mejorar su crecimiento y desarrollo. Actúa como elicitador de resistencia, induciendo mecanismos de defensa en las plantas y protegiéndolas contra el estrés abiótico (Sharif *et al.* 2018).

#### **4.2.6. Efecto del quitosano en la calidad de los cultivos**

El quitosano puede mejorar la calidad de los cultivos de varias maneras. Puede aumentar el contenido de nutrientes de los frutos y las verduras, así como su vida útil. También puede mejorar el sabor y la textura de los productos alimenticios (Vargas y González 2010).

El quitosano es una herramienta prometedora para mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos. Se ha utilizado con éxito en una variedad de cultivos, incluyendo arroz, soja, maíz, tomate y lechuga (Pérez *et al.* 2019).

#### **4.2.7. Protección contra las plagas y enfermedades**

El quitosano puede ayudar a las plantas a protegerse de las plagas y enfermedades de varias maneras. Puede actuar como un repelente de insectos y nematodos, y también puede estimular la producción de fitoalexinas, que son compuestos naturales que protegen a las plantas de los patógenos. Además, el quitosano puede actuar como un repelente de insectos y nematodos. Estos organismos dañinos pueden causar estragos en los cultivos, pero el quitosano puede ayudar a mantenerlos alejados de las plantas. Esto se debe a que

el quitosano tiene propiedades que repelen a los insectos y nematodos, lo que reduce la probabilidad de que ataquen las plantas (Patel y Krishnamurthy 2013).

#### **4.2.8. El quitosano se puede aplicar a las plantas de varias maneras**

1. Tratamiento de semillas: El quitosano se puede aplicar a las semillas antes de la siembra para mejorar su germinación y crecimiento inicial.
2. Inyección foliar: El quitosano se puede inyectar en las hojas de las plantas para proporcionar un suministro directo de nutrientes y bioestimulantes.
3. Riego: El quitosano se puede aplicar al agua de riego para ayudar a las plantas a absorber nutrientes y protegerse del estrés.

#### **4.3. Cultivo de lechuga Romana (*Lactuca sativa* var. *Longifolia*.)**

La lechuga romana (*Lactuca sativa* var. *Longifolia*) es una variedad de lechuga cultivada que se caracteriza por tener hojas alargadas y crujientes. Es una planta anual de la familia de las compuestas. Los romanos se referían a la lechuga como "lactuca", en alusión a la sustancia blanca de látex que exudan los tallos cortados (Casseres 2007).

El nombre "Lactuca" se convirtió en el nombre del género, mientras que "sativa" se añadió para crear el nombre de la especie, que significa "sembrada" o "cultivada". El término "Romana" se utiliza para designar esta variedad de lechuga, y procede de las primeras semillas europeas del tipo procedentes de la isla griega de Cos, centro de cultivo de lechugas en el periodo bizantino (Brier 2020; Cruz 2009)

##### **4.3.1. Clasificación taxonómica**

La lechuga es una planta anual, autógama y la clasificación de la USDA, (2006) se encuadra en los siguientes taxones:



**Tabla 2.** Taxonomía de la lechuga.

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i> – Plantas
<b>Subreino</b>	<i>Tracheobionta</i> – Plantas vasculares
<b>Superdivisión</b>	<i>Spermatophyta</i> – Plantas con semilla
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i> – Plantas con flores
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i> – Dicotiledóneas
<b>Subclase</b>	<i>Asteridae</i>
<b>Orden</b>	<i>Asterales</i>
<b>Familia</b>	<i>Asteraceae</i>
<b>Genero</b>	<i>Lactuca L.</i>
<b>Especie</b>	<i>Lactuca sativa L</i>

#### 4.3.2. Descripción botánica

La lechuga es una planta anual y autógama, perteneciente a la familia *Compositae* y cuyo nombre botánico es (*Lactuca sativa var. Longifolia*).

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

**Hojas:** las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.

**Tallo:** es cilíndrico y ramificado.

**Inflorescencia:** son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.

**Semillas:** están provistas de un vilano plumoso.

#### **4.3.3. Requerimientos que requiere la lechuga romana**

Para Saavedra *et al.*(2017) menciona que la lechuga romana es una hortaliza de hoja verde que se cultiva en todo el mundo. Es una planta de clima frío que prefiere temperaturas entre 15 y 20 grados Celsius. La lechuga romana también requiere una buena exposición a la luz solar, al menos 6 horas al día.

##### **1. Requerimientos climáticos**

La lechuga romana es una planta de clima frío que prefiere temperaturas entre 15 y 20 grados Celsius. Las temperaturas inferiores a 5 grados Celsius pueden causar daños a las plantas, mientras que las temperaturas superiores a 25 grados Celsius pueden provocar el desarrollo de hojas amarillentas y marchitas.

##### **2. Requerimientos de luz**

La lechuga romana requiere una buena exposición a la luz solar, al menos 6 horas al día. La falta de luz solar puede provocar el desarrollo de hojas pálidas y con tallos largos y delgados.

##### **3. Requerimientos de suelo**

La lechuga romana prefiere suelos ricos en materia orgánica y bien drenados. El pH del suelo ideal para la lechuga romana es de 6 a 6,8. Requerimientos de agua La lechuga romana requiere un riego regular, pero no excesivo. El suelo debe mantenerse húmedo, pero no empapado.

##### **4. Requerimientos de nutrientes**

La lechuga romana es una planta que requiere muchos nutrientes. Los nutrientes más importantes para la lechuga romana son el nitrógeno, el fósforo y el potasio.

#### **4.4.Hidroponía**

Hidroponía, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vistas las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes (Beltrano y Gimenez 2020).

#### **4.5.Sistema acuapónico**

Un sistema acuapónico es un sistema de producción de alimentos que combina la acuicultura, la cría de peces en agua, con la hidroponía, el cultivo de plantas en agua. En un sistema acuapónico, los desechos de los peces se utilizan como fertilizante para las plantas, y las plantas ayudan a limpiar el agua para los peces (Gallegos *et al.* 2019).

Los sistemas acuapónicos pueden ser de cualquier tamaño, desde pequeños sistemas domésticos hasta grandes sistemas comerciales. Se pueden utilizar para cultivar una variedad de peces y plantas, incluidos peces de agua dulce, como tilapia, trucha y carpa, y plantas como lechuga, tomates y hierbas (Sabogal 2008).

##### **4.5.1. Diseño acuapónico de film nutritivo (NFT)**

La técnica de film nutritivo se abrevia como NFT por su nombre en inglés, “Nutrient Film Technique”. Se trata de la utilización de tuberías o canales por las que corre una fina película de agua cargada en nutrientes. Las plantas se ubican en macetas perforadas dentro de las tuberías o canales. De esta manera las raíces alcanzan la película de agua que discurre por dentro. Este tipo de técnica es muy recomendable para plantas de pequeño porte tal como lechugas, acelgas, plantas aromáticas (Brenes y Morales 2014).

En esta técnica no hay mucha superficie de contacto por lo que no existe la posibilidad de un gran crecimiento bacteriano nitrificante. Por ello es necesario un sistema de eliminación de nitrógeno. Por ejemplo, la utilización de biorreactores para eliminar amonio, nitritos y nitratos. Por otra parte es necesaria la utilización de filtros mecánicos o barreras para eliminar el exceso de materia orgánica (INCAP 2006).

#### **4.5.2. Los componentes básicos de un sistema acuapónico son los siguientes**

Según Candarle (2016) son los siguientes:

- ❖ Un estanque de peces: donde viven los peces.
- ❖ Un biofiltro: donde las bacterias convierten los desechos de los peces en nutrientes para las plantas.
- ❖ Un sistema de cultivo hidropónico: donde crecen las plantas.

El agua circula por el sistema, pasando del estanque de peces al biofiltro y luego al sistema de cultivo hidropónico. Las bacterias del biofiltro descomponen los desechos de los peces en nutrientes que las plantas pueden absorber.

#### **4.5.3. Ventajas de la acuaponía**

Según Gallegos *et al*, (2019) son los siguientes:

La acuaponía ofrece una serie de ventajas sobre el cultivo tradicional en suelo y la hidroponía tradicional, entre las que se incluyen:

- ❖ Mayor rendimiento: La acuaponía puede producir hasta un 50% más de plantas que el cultivo tradicional en suelo.
- ❖ Mejor calidad: Las plantas acuapónicas tienen un sabor más intenso y un contenido de nutrientes más alto que las plantas cultivadas en suelo.

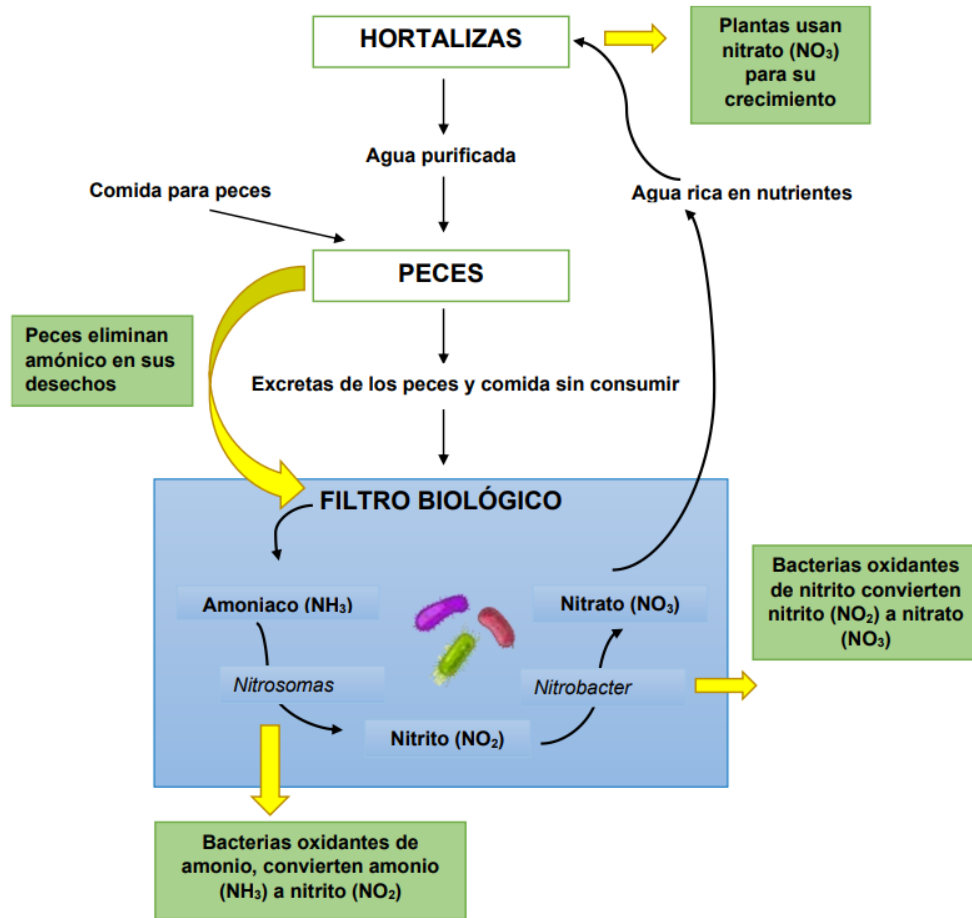
- ❖ Uso eficiente de los recursos: La acuaponía utiliza menos agua y espacio que el cultivo tradicional en suelo.
- ❖ Reducción de la contaminación: La acuaponía ayuda a reducir la contaminación del agua y del aire.

#### **4.5.4. Proceso de nitrificación en sistema acuapónico NFT recircular**

En un sistema acuapónico NFT, el proceso de nitrificación se lleva a cabo por bacterias nitrificantes que viven en el medio de cultivo. Estas bacterias transforman el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), un compuesto tóxico para las plantas, en nitrato ( $\text{NO}_3$ ), un nutriente esencial para su crecimiento. El proceso de nitrificación es una reacción química que transforma el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Las bacterias nitrificantes son las responsables de esta reacción (Candarle 2016).

El ciclo del nitrógeno en la acuaponía implica varios procesos. En primer lugar, los peces en el sistema producen amoníaco a través de sus desechos. Este amoníaco es tóxico para los peces en altas concentraciones, pero es una fuente de nutrientes para las plantas. En segundo lugar, las bacterias nitrificantes convierten el amoníaco en nitritos y luego en nitratos. Los nitritos también son tóxicos para los peces, por lo que es importante que el sistema tenga suficientes bacterias nitrificantes para convertirlos rápidamente en nitratos (Huarillocla 2022).

Finalmente, las plantas en el sistema de acuaponía utilizan los nitratos como fuente de nutrientes para su crecimiento. A medida que las plantas absorben los nitratos, el agua se purifica y se devuelve al tanque de peces, cerrando así el ciclo (Gallegos *et al.* 2019).



**Figura 1.** Ciclo del nitrógeno en acuaponía.

#### 4.5.5. Desventajas de la acuaponía

Según Gutiérrez, (2012) son los siguientes

La acuaponía también tiene algunas desventajas, entre las que se incluyen:

1. Requiere más mantenimiento que la hidroponía tradicional: Los sistemas acuapónicos requieren un control más cuidadoso de los niveles de nutrientes y la calidad del agua.
2. Puede ser más costoso que la hidroponía tradicional: Los sistemas acuapónicos requieren equipos y materiales más especializados.

#### **4.5.6. La acuaponía como sistema agroalimentario sustentable**

La acuaponía es un sistema agroalimentario sustentable en el cual se integran la acuicultura y la agricultura. En este sistema, el agua enriquecida con desechos orgánicos producidos por los organismos acuáticos se utiliza como fuente de nutrientes para las plantas. Las raíces de las plantas actúan como biofiltros, limpiando el agua para que pueda ser reutilizada por los animales acuáticos. Según la FAO, la agricultura es responsable del 70% del consumo mundial de agua. En regiones con escasez de agua, la acuaponía puede ser una forma de producir alimentos sin desperdiciar este recurso vital (Gutiérrez 2012).

#### **4.6. Problema de producción de alimentos**

La crisis del cambio climático mundial está relacionada de forma confusa con el agua. La variabilidad del ciclo del agua acrecentado debido al cambio climático, lo que induce fenómenos meteorológicos extremos, reduce la capacidad de previsión de la disponibilidad de recursos hídricos, reduce la calidad del agua y constituye una amenaza al desarrollo sostenible, la biodiversidad y el disfrute de los derechos humanos al agua potable y el saneamiento en todo el mundo (ONU 2019).

Por lo tanto, los sectores de la energía y la agricultura están cambiando cada vez más a sistemas de producción sostenibles de bajas emisiones, con implicaciones generalmente positivas para la demanda de agua dulce, así como para la contaminación del agua. Además, se espera que la calidad de los recursos hídricos se deteriore debido a una serie de factores que interactúan entre sí (UNEP 2016).

#### **4.7. Soluciones a la Problemática**

Los recursos naturales son cada vez más limitados, mientras la población humana y sus necesidades siguen creciendo sin límites. Necesitamos más que nunca, aprender a gestionar y aprovechar el agua disponible, el espacio, las especies que cultivamos para alimentarnos, la energía y los materiales de nuestro entorno, con el fin de garantizar una

sostenibilidad en el tiempo de todos estos recursos naturales, y de nuestra propia existencia y calidad de vida (Gallegos *et al.* 2019).

El agua es, sin duda, el recurso natural más indispensable para cualquier forma de vida en el Planeta, siendo necesaria para cualquier asentamiento humano, y disponer de ella en la cantidad y calidad suficiente (Gallegos *et al.* 2019).

La acuaponía e hidroponía emergen como posibilidades llamativas que ayudan en la reducción del consumo de agua y agroquímicos, también permiten un mejor control del cultivo, reduce costos, mejora la calidad y el rendimiento de la cosecha (Ezzahoui *et al.* 2021).

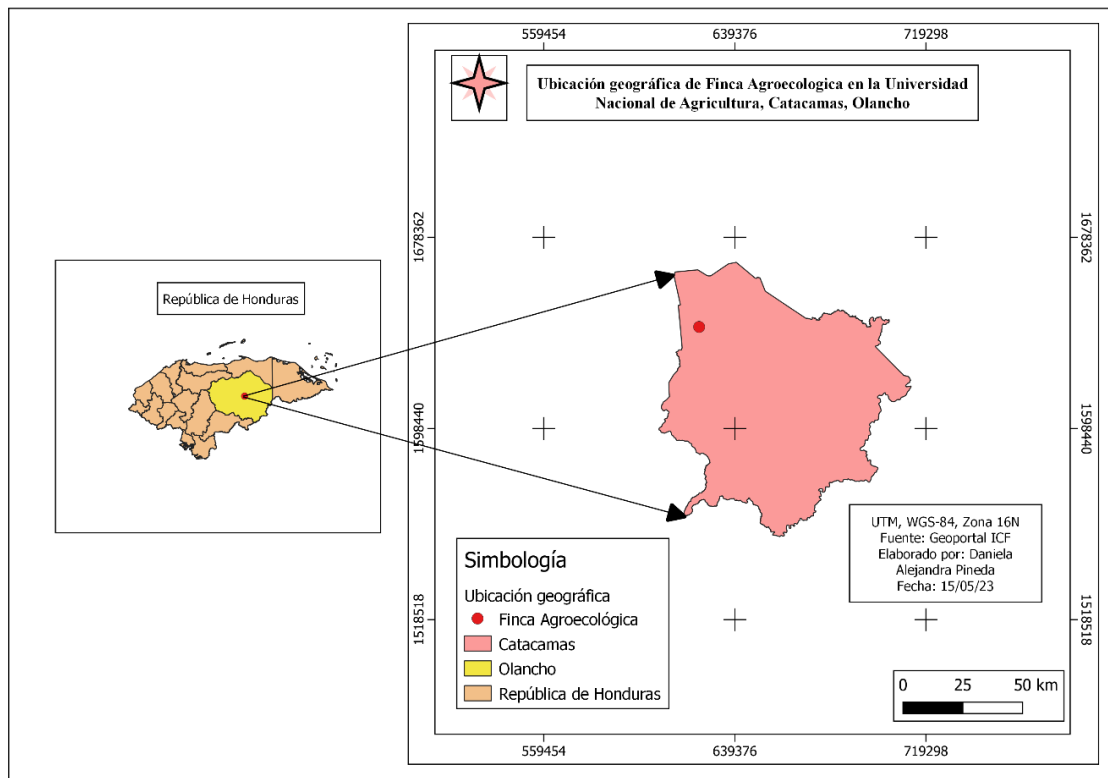
Convirtiéndose en una solución prometedora para la producción de alimento humano, animal y vegetal. Así mismo, para los impactos ambientales ocasionados generalmente por las actividades productivas. Bajo esta problemática surgió la necesidad de implementar un sistema acuapónico híbrido en aras de garantizar seguridad alimentaria (Scaldaferro y Reyes 2016).



## V. MATERIAL Y METODO

### 5.1.Ubicación geográfica

Este estudio se realizó en la finca agroecológica de la Universidad Nacional de Agricultura, en la ciudad de Catacamas, ubicada a 350 msnm. El sitio de estudio tiene una precipitación promedio anual de 845 mm, humedad relativa de 74% y una temperatura en promedio anual de 25 °C.



**Figura 2.** Ubicación geográfica de la Finca Agroecológica, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas Olancho.

### 5.2.Materiales

Para el desarrollo de la práctica se utilizó los siguientes materiales: libreta de campo, computadora, lápiz, sistema acuapónico, biostimulantes orgánicos, medidor de pH y conductividad eléctrica, word 2021, excel 2021, plántulas de lechuga.

### **5.2.1. Método de investigación**

Para evaluar el bioestimulante en el sistema acuapónico con cultivo de lechuga romana, se utilizó un enfoque cuantitativo experimental, teniendo un método de investigación observacional y las mediciones de campo.

### **5.2.2. Diseño experimental**

Las variables en el sistema acuapónico (NFT) fueron evaluadas de manera independiente. Para cada tratamiento se usó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, para un total de 5 unidades experimentales en el sistema. Para la comparación entre sistemas acuapónicos se utilizó un diseño con bloques en parcelas divididas y los tipos de tratamientos.

- Análisis estadístico: Los datos se analizaron mediante análisis de varianza utilizando el programa de insostat y la prueba de LSD Fisher. Las diferencias de medias se determinaron utilizando el método de la diferencia significativa ( $P > 0.05$ ).

## **5.3. Actividades desarrolladas dentro de la investigación**

En el desarrollo del trabajo profesional supervisado se realizaron las siguientes actividades y prácticas en la evaluación de un bioestimulante a base de quitosano en sistema acuapónico con cultivo de lechuga romana

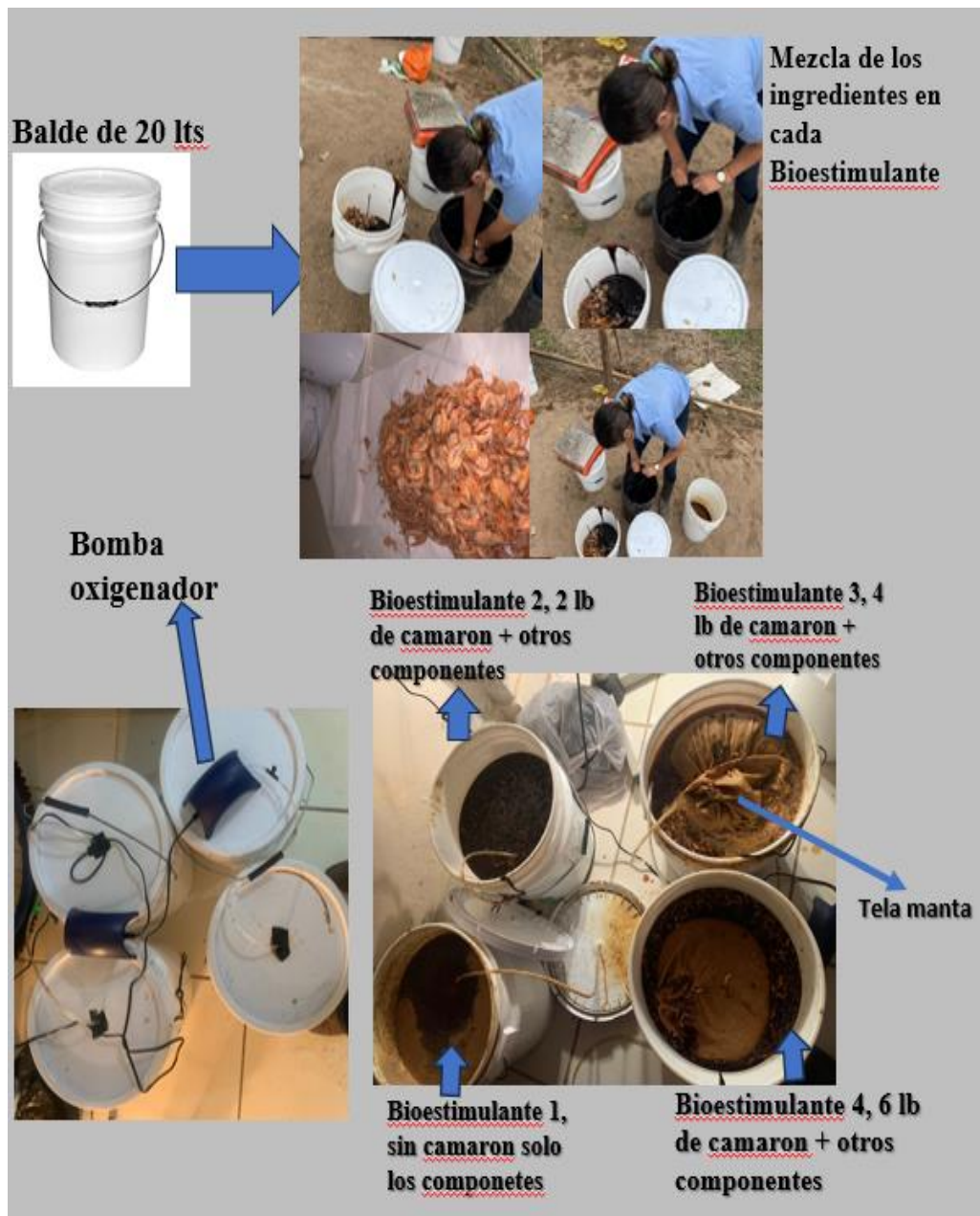
### **5.3.1. Elaboración de los bioestimulante**

Se elaboraron diferentes bioestimulantes orgánicos a base de cabeza de camarón en diferentes cantidades para proporcionar en quitosano y se elaboró otro sin cabeza de camarón. Se utilizó una receta a base de insumos y fácil de obtener, con el fin de tener nutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de las plantas de lechuga cuadro tabla 3. Los bioestimulantes tuvieron una fermentación anaeróbica con la ayuda de bombas de oxigenadores de acuario, durante 45 días, los reactores utilizados fueron recipientes de

20 litros funcionando como fermentador, se puede observar el proceso realizado paso a paso, para la producción del bisotilumante a base de cabeza de camarón para la obtención de quitosano figura 2.

**Tabla 3. insumos de los biostimulantes**

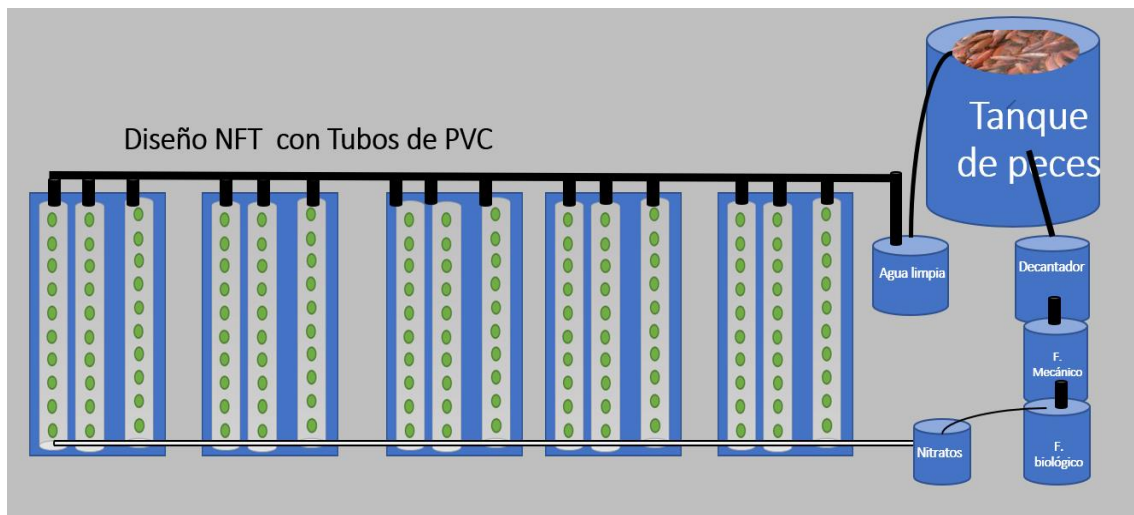
<b>Biostimulantes</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	1/2 lb estiércol de ternero recién nacido 10 litros de suero 2 litros de melaza 1 ½ lb de harina de trigo 1 litro de microorganismos líquidos 1 metro de tela manta 1 Balde de 20 litros Bomba de acuario para oxigenar.
<b>2</b>	1 kg de cabeza de camarón 1/2 lb estiércol de ternero recién nacido 10 litros de suero 2 litros de melaza 1 ½ lb de harina de trigo 1 litro de microorganismos líquidos 1 metro de tela manta 1 Balde de 20 litros Bomba de acuario para oxigenar.
<b>3</b>	2 kg de cabeza de camarón 1/2 lb estiércol de ternero recién nacido 10 litros de suero 2 litros de melaza 1 ½ lb de harina de trigo 1 litro de microorganismos líquidos 1 metro de tela manta 1 Balde de 20 litros Bomba de acuario para oxigenar.
<b>4</b>	3 kg de cabeza de camarón 1/2 lb estiércol de ternero recién nacido 10 litros de suero 2 litros de melaza 1 ½ lb de arena de trigo 1 litro de microorganismos líquidos 1 metro de tela manta 1 Balde de 20 litros Bomba de acuario para oxigenar.



**Figura 3.** Elaboración de los Bioestimulante.

### 5.3.2. Elaboración del sistema acuapónico NFT

Para poder establecer el sistema de NFT , se eligió el lugar donde se pudieran obtener la mayor cantidad de luz durante el día, se elaboró una estructura con madera y con techo de plástico o nailon Trasparente, y de esta manera las plantas tengan mayor entrada de luz solar y evitando el paso de lluvias para el cultivo, pudiendo controlar la humedad de los cultivos Anexo 1 y 2. También se diseñaron estructuras para establecer la lechuga con la técnica de NFT figura 4.



**Figura 4.** Diseño del sistema acuapónico NFT

❖ **Materiales para la construcción que se utilizaron son los siguientes**

Tornillos de madera de tres y de dos pulgadas, madera acerrada, postes, martillo, alambre de gallina, nailo transparente, clavos, motosierra, escalera, azadón, arena, pala, carreta, barriles, baldes, tanque de 1000 litros, tubos de pvc, bomba de agua, manguera, pegamento de tuvo, regla, marcador, entre otros.

❖ **Las medidas de la estructura fueron las siguientes**

Para la construcción de la estructura que protege las plantas de las lluvias y de cualquier otro factor se tomaron las siguientes medidas: altura 2.60 m, ancho 7.8 m, largo 5 m, las medidas de las estructuras para sostener los tubos fueron: ancho 60 cm, largo 3.15 m y altura de 90 cm.

En la figura 5 se muestra la estructura del sistema acuapónico con el diseño de NTF ya terminada.

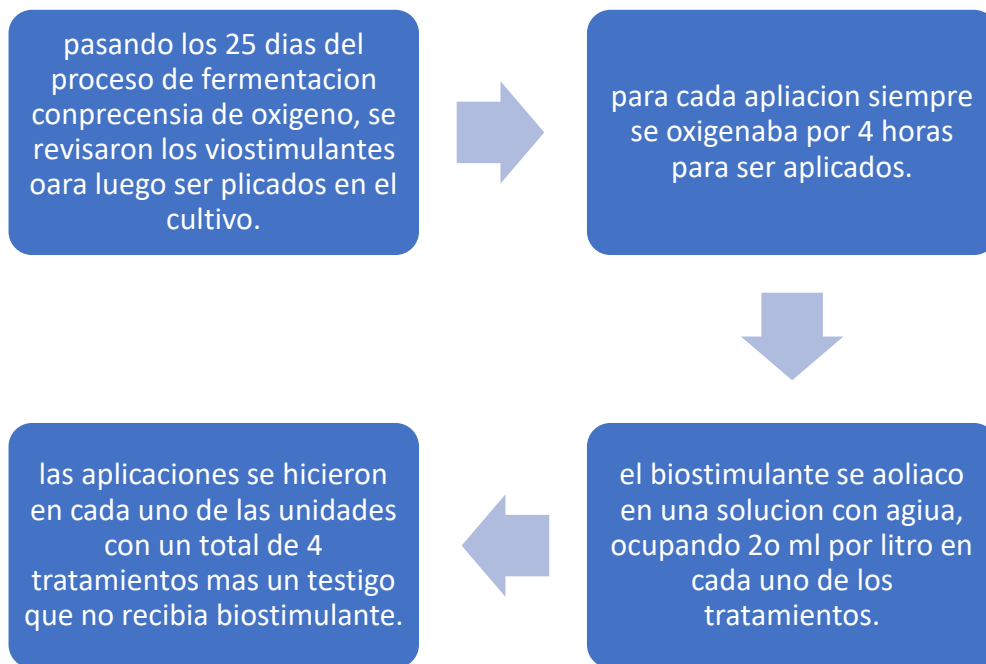


**Figura 5.** Estructura del sistema acuapónico y galera

### **5.3.3. Aplicación de los bioestimulantes**

En la figura 6 se puede observar el proceso de aplicación del bioestimulante para el cultivo de lechuga romana en un sistema NFT. El bioestimulante se diluye en agua con una concentración de 20 ml por litro de agua. La solución se aplica de manera foliar de las plantas mediante un sistema acuapónico que está diseñado para que el bioestimulante llegue uniformemente a todas las plantas de manera foliar, este proceso se repetía cada tres días para cada biostimulante utilizando la misma concentración. Antes de la aplicación, se oxigenó cada bioestimulante durante 4 horas. Las plantas se trataron 20 minutos después de la oxigenación.





**Figura 6.** Diagrama del proceso de aplicación del biostimulante.

#### 5.3.4. Mediciones de pH y conductividad eléctrica del sistema acuapónico

En la figura 7 se puede observar las mediciones regulares de pH y conductividad eléctrica del sistema acuapónico con cultivo de lechuga romana, se realizaron mediciones regulares de pH y conductividad eléctrica. Las mediciones fueron fundamentales para el monitoreo y control del sistema acuapónico con el cultivo de lechuga romana. Estas mediciones permitieron ajustar los niveles de pH y la concentración de nutrientes para mantener un entorno óptimo para el crecimiento de las plantas.



**Figura 7.** Mediciones de pH y Conductividad eléctrica del sistema acuapónico.

### 5.3.5. Análisis de laboratorio para determinar el contenido de nutrientes en cada bioestimulante

La figura 8 muestra las muestras de bioestimulantes tomadas durante la actividad. Las muestras se tomaron para determinar su contenido de macronutrientes y micronutrientes. Cada muestra se colocó en un frasco de 1 litro que se selló herméticamente para garantizar la precisión y seguridad de los datos al momento de ser trasladados al laboratorio.



**Figura 8.** Muestras de los bioestimulantes.

### 5.3.6. Mediciones de las variables hojas, altura y grosor de tallo del cultivo de lechuga

La figura 9 muestra la toma de las mediciones semanales de las variables de número de hojas, altura y grosor del tallo del cultivo de lechuga. Estas mediciones permitieron obtener datos precisos sobre el desarrollo de la planta y determinar la comparación entre cada tratamiento utilizado.



**Figura 9.** Mediciones de altura, número de hojas y grosor de tallo en mm.



### 5.3.7. Determinación del rendimiento de las lechugas romana (*Lactuca sativa* var. *Longifolia*) el sistema acuapónico

En la figura 10 se muestra a detalle las evaluaciones para determinar el rendimiento del cultivo de lechuga. se tomaron medidas del peso y la altura de la planta, el número de hojas, el grosor del tallo y la raíz, en centímetros. También se registró el peso total de cada lechuga. Estas mediciones se realizaron en la séptima semana, 50 días después del trasplante de las plantas al sistema acuapónico.

Para calcular el peso total, se sumaron los pesos individuales de todas las lechugas en cada grupo (tratamiento y control). Luego, se calculó la diferencia en el peso total entre el grupo de tratamiento y el grupo de control para evaluar el impacto del bioestimulante a base de quitosano en el peso de las lechugas



**Figura 10.** Registro de los datos del rendimiento del cultivo de lechuga.

### 5.4. Medición de la demanda de agua que consume el sistema acuapónico.

Em la figura 11 muestra los tanques utilizados en el sistema acuapónico el cual cuenta con 6 tanques uno de ellos se ubica el tanque 1000 litros donde están los peces, los otros 5 tanques de 200 litros y uno de 50 litros donde ocurre el proceso de nitrógeno, donde el amonio es convertido a nitratos a través de los filtros, y el tanque de agua limpia donde va a caer el agua que sale de los cultivos. Mas el caudal de un tanque que esta fuera del sistema, pero se tiene conectado una manguera delgada negra para la oxigenación de los peces. Donde se hicieron los cálculos respectivos para saber el total de agua que consume cada 15 días.



**Figura 11.** Mediciones del consumo de agua del sistema acuapónico.

### **5.5. Deficiencia de nutrientes en el sistema acuapónico con cultivo de lechuga romana**

En el anexo 2 se ilustra el sistema acuapónico para su funcionamiento se realizaron diferentes actividades:

- ❖ se incorporaron 60 peces de 40-50 gramos de tilapia roja, el cual se mueren por el estrés producido en el traslado y la falta de oxigenación ya que este tipo de tilapia es menos resistente.
- ❖ Luego se incorporaron 10 peces de tilapia negra de una libra estos individuos mostraron mayor resistencia dentro del sistema, contando al final solo con 5 peces para el funcionamiento del sistema.

En el anexo 7 se observó que las plantas de lechuga romana cultivadas en un sistema acuapónico con un número insuficiente de peces presentaron una serie de síntomas de deficiencia de nutrientes. Estos síntomas incluían:

- Tallo demasiado largo y hojas pequeñas:
- Coloración amarillenta o clorótica de las hojas
- Marchitamiento de las hojas

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Análisis de laboratorio del contenido de nutrientes en los bioestimulantes

La tabla 6 muestra los resultados de un análisis de nutrientes de cuatro muestras de bioestimulantes utilizados en el cultivo de lechuga. Las muestras se diferencian por la cantidad de quitosano que contienen: 0kg, 1 kg, 2 kg y 3 kg. Los resultados muestran que el quitosano tiene un efecto positivo en la concentración de nutrientes en los bioestimulantes. A medida que aumenta la cantidad de quitosano, también aumenta la concentración de nutrientes. En el biostimulante con 3 kg de cabeza de camarón obtuvo la mayor concentración de nutrientes con 0.40 % de N, 1.02% de K, 0.08% P y 0.36% Ca, el biostimulante con 1 kg y el de 3kg se obtuvo porcentajes poco altos en nutrientes, a diferencia de biostimulante 0 g de cabeza de camarón se obtuvo resultados bajos en nutrientes a diferencia de los que si contiene quitosano. Un estudio realizado por Zhang *et al.* (2021) en la Universidad de California, Davis, menciona que los bioestimulantes de quitosano contenían nutrientes (en mg/g) significativos. Estos estudios muestran que los bioestimulantes de quitosano pueden proporcionar a las plantas una cantidad significativa de nutrientes esenciales. Sustentando la importancia tener en cuenta que el contenido de nutrientes puede variar según el método de producción y el origen del quitosano. Un estudio realizado por Barrera et al. (2007): tuvo datos casi similares con los nutrientes encontrado Nutriente g/100 g (%): Nitrógeno (N) 3, Fósforo (P), Potasio (K) 1.5%, Calcio (Ca) 0.5%, Magnesio (Mg)0.2, Azufre (S) 0.35

**Tabla 4.** Contenido de nutrientes de los tratamientos utilizados.

Parámetros	Sin quitosano	1 kg de quitosano	2kg de quitosano	3kg de quitosano
Ph	3.46	3.73	3.74	4.36
Densidad g/ml	1.03	1.08	1.08	1.09
Humedad g/100 g	-	-	-	-
Materia orgánica g/100 g (%)	8.3	4.6	4.9	6.2
Nitrógeno g/100 g (%)	0.25%	0.30%	0.40%	0.40%

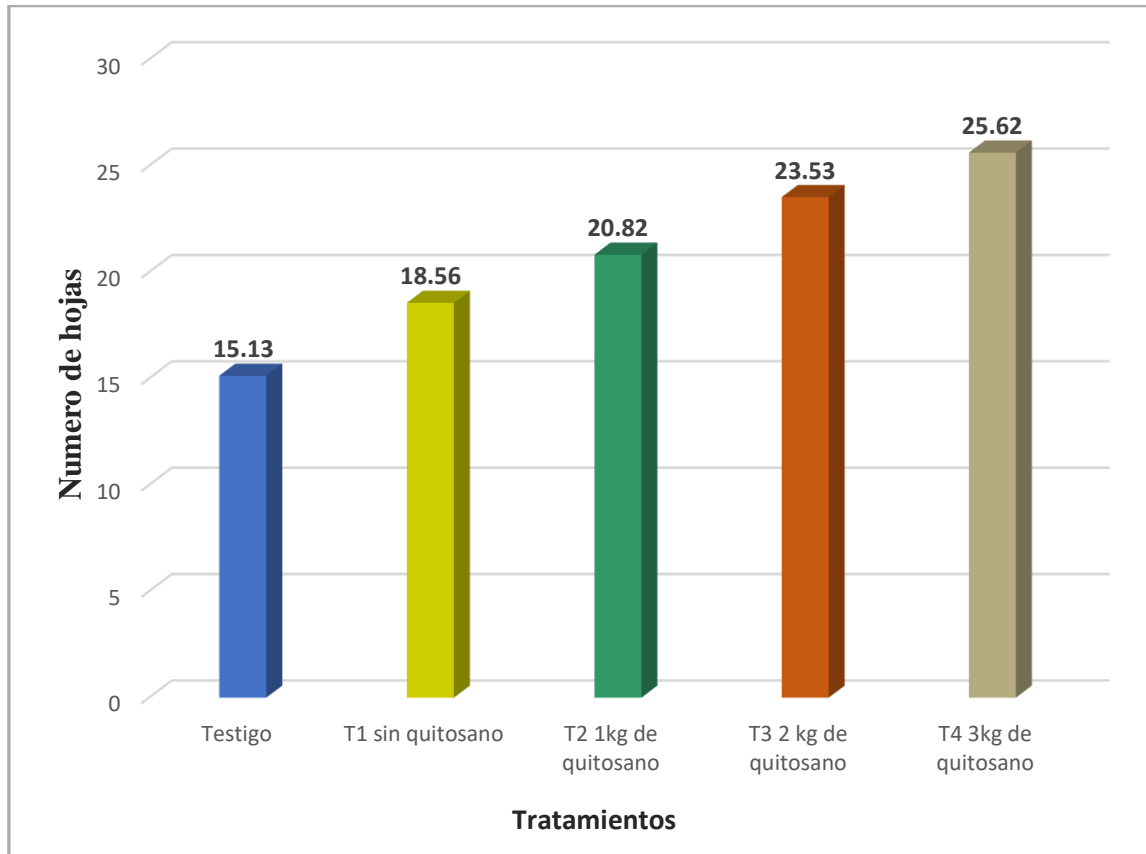
Fósforo g/100 g (%)	0.02%	0.04%	0.07%	0.08%
Potasio g/100 g (%)	0.93%	0.81%	0.85%	1.02%
Calcio g/100 g (%)	0.15%	0.28%	0.28%	0.36%
Magnesio g/100 g (%)	0.04%	0.06%	0.05%	0.05%
Azufre g/100 g (%)	ND	ND	ND	ND
Sodio mg/kg	261	331	475	2302
Cobre mg/kg	16	21	36	67
Hierro mg/kg	32	3	60	60
Manganeso mg/kg	194	182	210	216
Zinc mg/kg	ND	ND	ND	ND
Boro mg/kg	194	182	210	216
Rel C/N	19	7	9	9.1

## 6.2. Características de las plantas

### 6.2.1 Número de hojas

En la figura 13, se puede observar el efecto del biostimulante en el número de hojas de la planta, se encontró diferencia significativa p valor < 0.0001 para esta variable. con una dosis de 2 ml por litro de agua para todos los tratamientos. Se encontró que el (T4) donde se usó 3 kg de cabeza de camarón presentó el mayor número de hojas con un promedio de 25.62 y el (T3) con 2 kg de cabeza de camarón produjo un promedio en hojas de 23.53, los tratamientos (T2 y T1) también produjeron aumentos significativos en el número de hojas. Un estudio realizado por Reyes *et al.*, (2019) evaluó diferentes dosis de quitomax (0,2 ml, 0,4 ml, 0,6 ml) en el cultivo de lechuga. El tratamiento con la mayor concentración de quitomax (0,6 ml) presentó el mayor número de hojas, con un promedio de 32,5 hojas por planta. El tratamiento con 0,4 ml presentó un promedio de 26,5 hojas. El tratamiento con 0.2 ml presentó el menor número de hojas, con un promedio de 20,8 hojas por planta. Y el testigo con un promedio de 8 hojas, los resultados mostraron que todos los tratamientos con quitomax, independientemente de la dosis aplicada, presentaron un número de hojas significativamente mayor que el tratamiento testigo sin aplicación. Por otra parte Morales *et al.* (2018), estudios realizados han demostrado que el uso de

bioestimulantes a base de quitosano puede conducir a un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas durante este estudio encontró que el uso de quitosano aumentó el número de hojas en un más del 20% con aplicación de quitosano.

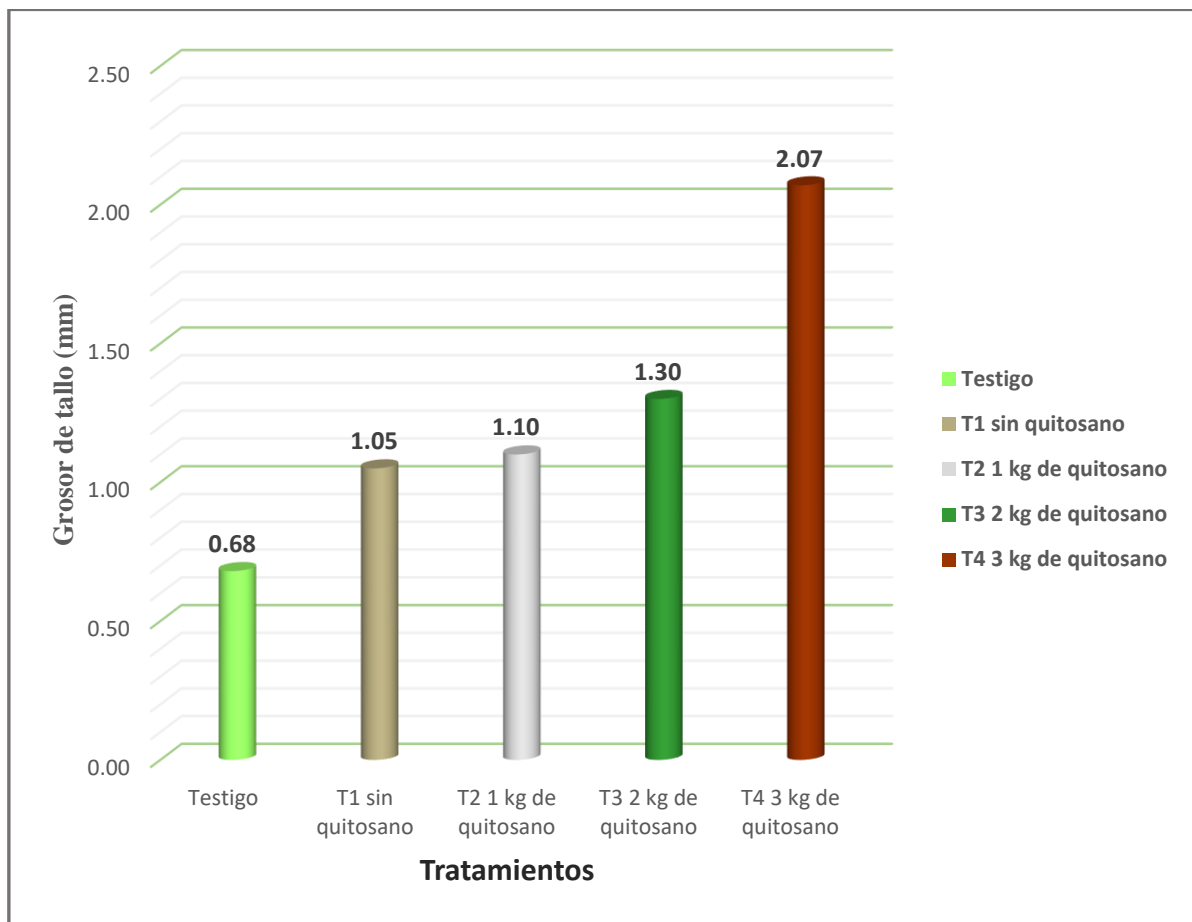


**Figura 12.** Número de hojas de lechuga (*Lactuca sativa* var. *Longifolia.*) dentro de un sistema acuapónico NFT, con diferentes bioestimulantes.

### 6.2.2. Grosor de tallo (mm)

En la figura 13, se puede observar el efecto del bioestimulante en el grosor de tallo de la planta, se encontró diferencia significativa  $p$  valor  $< 0.0001$  para esta variable con una dosis de 2 ml por litro de agua, Se encontró que el (T4) donde se usó 3 kg de cabeza de camarón y en el (T3) con 2 kg de cabeza de camarón se produjeron el mayor significancia en el grosor de tallo, sin embargo los tratamientos (T2 y T1), también produjeron grosores casi similares en las plantas de lechuga, resultados concordaron con respecto a estudios realizados por Reyes *et al.*, (2019), evaluó diferentes dosis de Quitomax (0,2 ml, 0,4 ml,

0,6 ml) del quitosano con respecto al grosor de tallo mm de lechugas romanas (*Lactuca sativa L*), Los resultados muestran que una dosis 0.6 ml tuvo mayor grosor con un promedio de 1.95 mm, a comparación de grupo de testigo tuvo diámetro de 1.0 mm las plantas, confirmando las plantas que no recibieron quitosano tuvieron tallos que las plantas del grupo control significativamente más gruesos (Conde 2021).

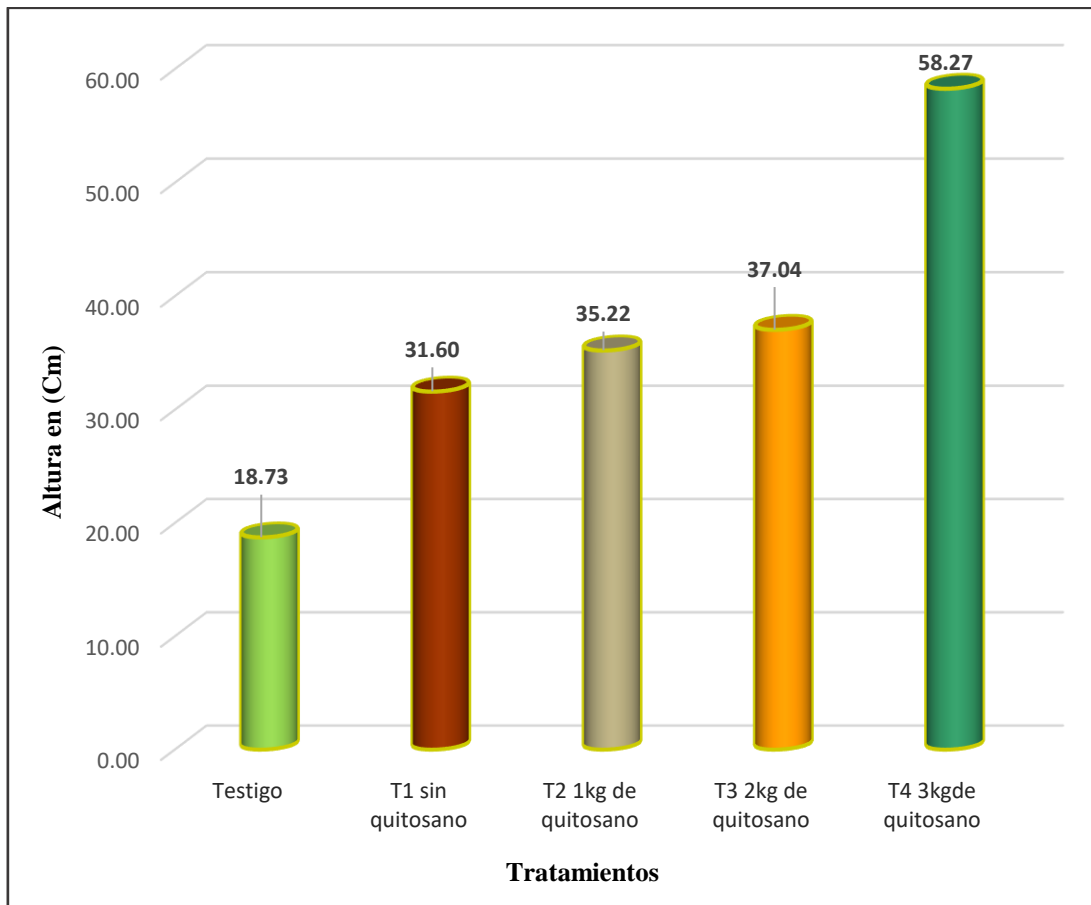


**Figura 13.** Grosor de tallo (mm) del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa var. Longifolia*)

### 6.2.3 Altura de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa var. Longifolia*)

La figura 15 muestra los resultados de la altura de la planta encontrando una diferencia significativa entre las medias de altura de las plantas entre los tratamientos evaluados ( $p < 0.0001$ ). El tratamiento T4, que recibió 3 kg de cabeza de camarón, tuvo la altura más alta 58.27, seguido de T3 con 37.04 cm, T2 35.22 cm y T1 18.73 a diferencia del testigo con una altura baja de 18.73 cm, demostraron diferencias altamente significativas. Sin embargo estos estudio fueron bajos a comparación con la altura obtenida en el estudio en

comparación con datos evaluados por José *et al.* (2019), la aplicación de quitosana a plántulas de lechuga tuvo un aumento altamente significativo en la altura de las plantas. Se obtuvo una altura de 18,56 cm y 17 cm a diferencia del testigo con 18.73. La altura de las plantas es un indicador importante de su crecimiento y desarrollo. En cuanto a los efectos en el crecimiento, obtuvieron resultados favorables con uso de quitosano, estimulando el vigor de las plántulas (Conde, 2021).



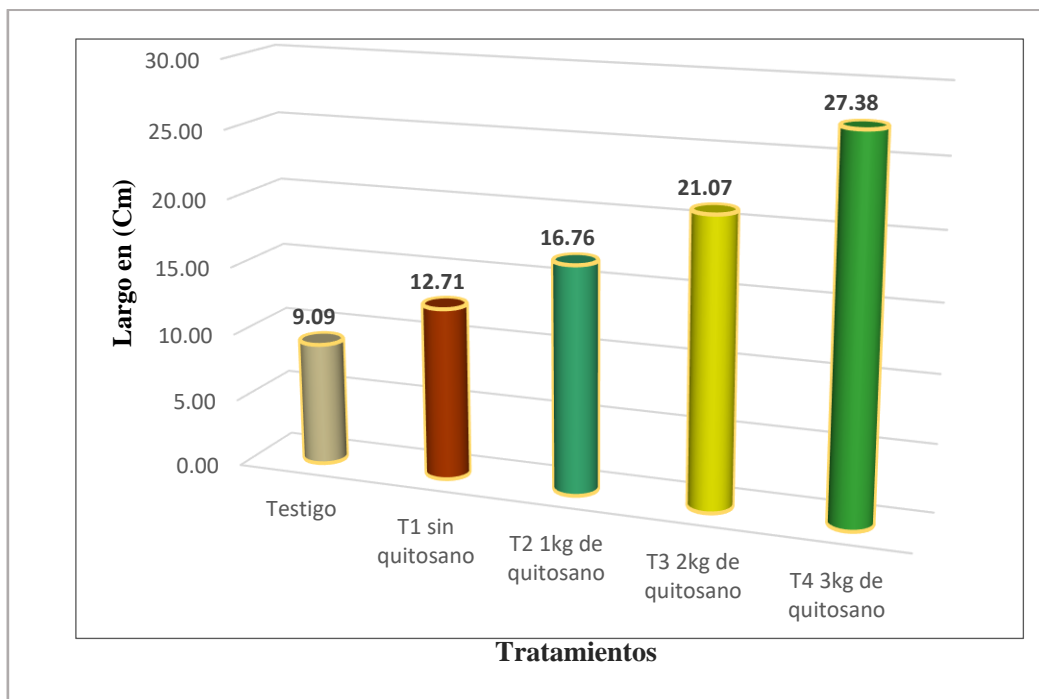
**Figura 14.** Altura de cultivo de lechuga Romana (*Lactuca sativa var. Longifolia*) en un sistema acuapónico, con diferentes tratamientos.

#### 6.2.4. Largo de raíz (cm).

En la figura 16 se muestran a detalle los resultados obtenidos donde existe una diferencia significativa entre las medias entre el largo de raíz (cm) de las plantas entre los tratamientos ( $p < 0.0001$ ). Indicando que hay una diferencia significativa entre las medias



de los tratamientos para el largo de raíz (cm) de las plantas cultivadas con bioestimulantes. El testigo, que recibió cero tratamientos obtuvo medidas bajas, mientras que los tratamientos con bioestimulantes tuvieron medias significativamente mayores, estos datos son relativamente altos en comparación con los estudios realizado por el investigador Rivas *et al.* (2021) en su estudio utilizo diferentes dosis de bstimulnate a base de quitosana obteniendo un promedio de 5.68 y 8.85 mm por planta, y el testigo con un promedio de 4,32 mm por lo que afirma que el cultivo responde a la aplicación de bioestimulantes de quitosano. Otros investigadores que han aplicado algunos bioestimulantes a este cultivo han reportado beneficios para el crecimiento, el desarrollo y la calidad del fruto agrícola, entre los cuales podemos citar a (González *et al.* 2012); (Costales y Falcón, 2018), (González *et al.* (2012).

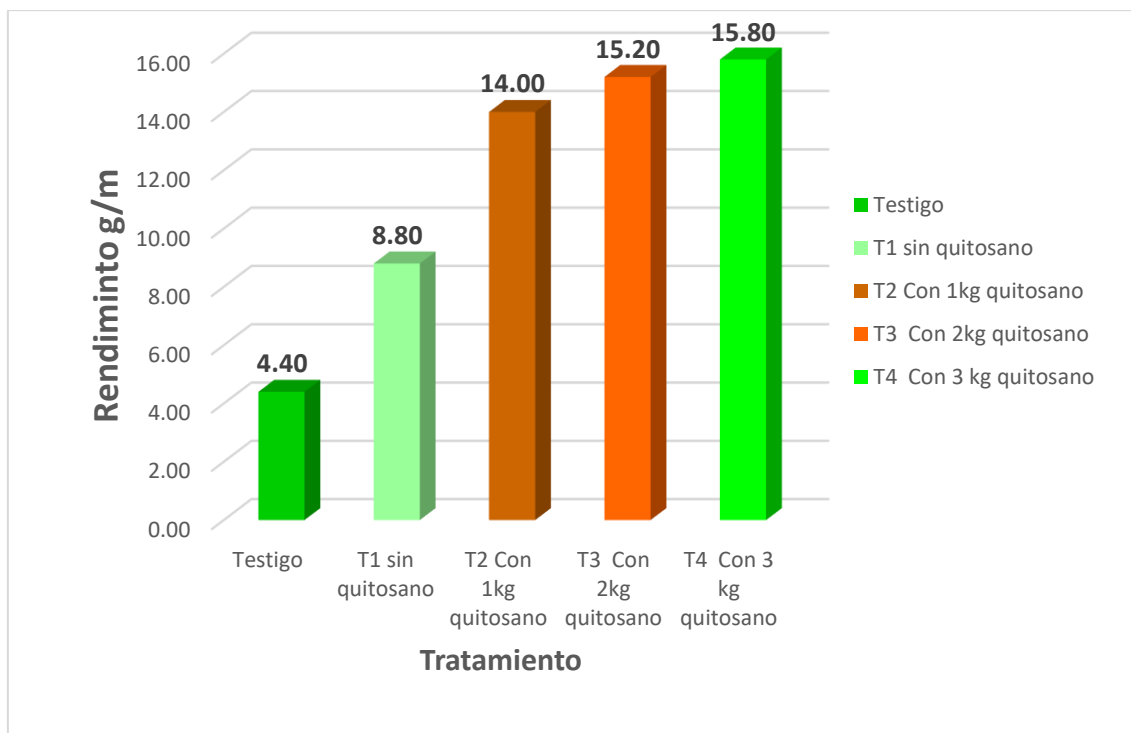


**Figura 15.** Largo de raíz (cm) cultivo de lechuga.



### **6.3. Rendimiento del peso total del cultivo de lechuga (Kg/mentro leinal)**

En la figura 17 se da a conocer el rendimiento en peso total de la lechuga se incrementó significativamente con la aplicación de bioestimulantes obtenidos, en el T4 se obtuvo el rendimiento con un promedio de 15.80 kg/m , que no recibió tratamiento, tuvo un rendimiento bajo en peso, mientras que los tratamientos con bioestimulantes tuvieron rendimientos significativamente mayores, en el estudio, los rendimientos de la lechuga romana fueron más bajos que los reportados en otros estudios el rendimiento de la lechuga romana es de aproximadamente 1.5 a 2.5 libras (0.7 a 1.1 kg/m ). El rendimiento puede variar en función de las condiciones de cultivo, como la variedad de lechuga, la temperatura, la humedad y la fertilización State, (2021). Esto se debió a que las plantas produjeron más tallo y hojas pequeñas. Las condiciones climáticas que fueron superiores a los 30 °C y la deficiencia de nutrientes del sistema acuapónico, afectaron negativamente el desarrollo de las plantas. A pesar de, los tratamientos utilizados en el estudio ayudaron a mejorar el desarrollo de las plantas. El tratamiento 4, tuvo un rendimiento de 15.80 g/m y el testigo con rendimiento de 8.80 g/m, estudios realizados por Reyes *et al.*, (2019) demostró tener mayor rendimiento en las plantas tratadas con biostimulante con rendimientos de 20.5 kg/m con y el testigo presento menor rendimiento con 10.45 kg/m. un Según algunos estudios el rendimiento del cultivo de lechuga romana puede variar en función de una serie de factores, incluyendo la variedad de lechuga, las condiciones climáticas, se puede esperar que una planta de lechuga romana produzca alrededor de 200 gramos de hojas comestibles (FAO y Pesca 2022). La deficiencia de nutrientes en un sistema acuapónico puede afectar el rendimiento del cultivo. La salud y el crecimiento de las plantas dependen de una adecuada disponibilidad de nutrientes en el agua y en el sustrato utilizado en el sistema acuapónico. La falta de nutrientes esenciales puede provocar síntomas de deficiencia en las plantas, como hojas amarillentas, crecimiento lento y menor producción de frutos o vegetales (Candarle 2016).

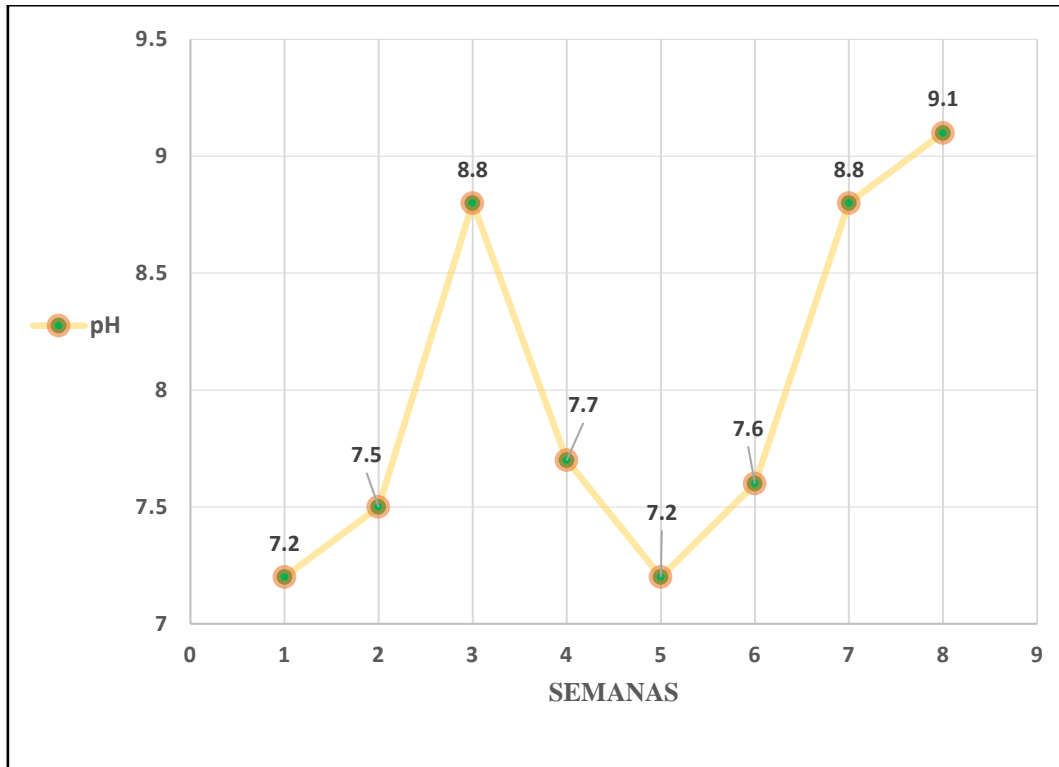


**Figura 16.** Rendimiento del peso total del cultivo de lechuga (g/ha) de cada tratamiento.

### 6.3. Ph del sistema acuapónico con la técnica de NFT evaluados

En la figura 18 muestra los resultados obtenidos del estudio indican que el pH del sistema acuapónico se mantuvo dentro del rango óptimo para el crecimiento de las plantas y los peces. En la semana 3, el pH alcanzó un valor de 8.8, en la semana 8, el pH alcanzó un valor de 9.1, que es superior al rango óptimo para el crecimiento de los peces. Esto podría deberse a la acumulación de residuos orgánicos en el sistema. Respecto a los resultados obtenidos, estos fueron similares a los resultados obtenido por Simón y Trelles, (2014), los sistemas acuapónicos, el pH del agua debe mantenerse por encima de 7,0 para que se produzca la nitrificación, un proceso químico que convierte los desechos nitrogenados de los peces en nutrientes que las plantas pueden absorber. Sin embargo, un pH demasiado alto puede reducir la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, como el hierro, el manganeso, el cobre, el zinc y el boro. Por otro lado, un pH demasiado bajo puede reducir la solubilidad de nutrientes esenciales como el fósforo, el calcio y el magnesio La nitrificación puede ocurrir en un rango de pH de 6 a 9, pero el crecimiento

de las bacterias nitrificantes, que son las que realizan este proceso, es óptimo a una temperatura de 30°C para los investigadores ( Simón y Trelles 2014;. Leal 2017). Otro estudio realizado por (Velásquez *et al.* 2021) encontró un ph de 0.50 y de 8.00 en el sistema acuapónico.



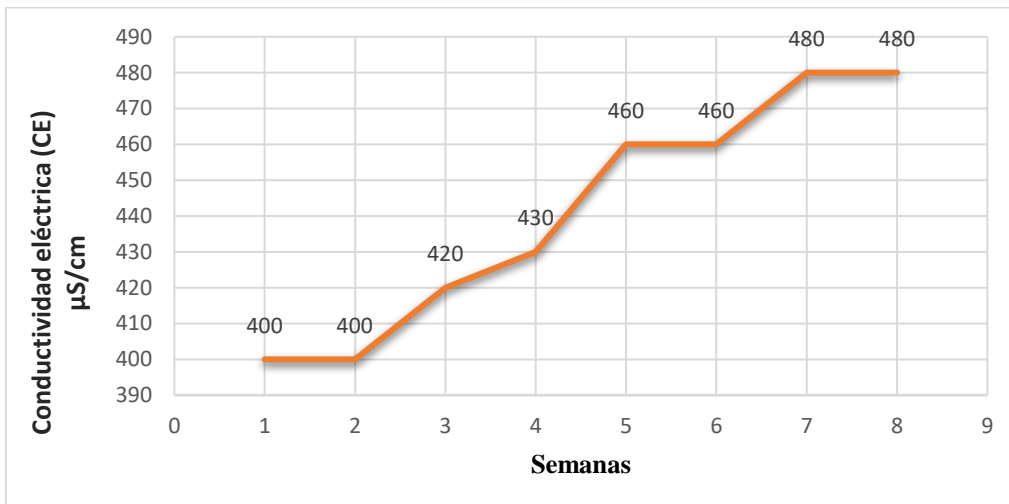
**Figura 17.** Ph del sistema acuapónico con la técnica de NFT.

#### **6.4. Conductividad eléctrica del sistema acuapónico con cultivo de lechuga romana**

Figura 19 muestra La conductividad eléctrica (CE) del sistema acuapónico con cultivo de lechuga aumentó gradualmente con el tiempo. La semana uno fue de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y aumentó a 480  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la semana 8. Este aumento de la CE se debe a la acumulación de nutrientes en el sistema. Los nutrientes son liberados por los peces a medida que comen y excretan. Estos nutrientes son absorbidos por las plantas, pero una parte de ellos permanece en el agua. Según estudios realizados por Castrejón, (2019) la conductividad eléctrica (CE) de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  es un valor adecuado para un sistema acuapónico con cultivo

de lechuga. Este valor se encuentra dentro del rango recomendado para la mayoría de las plantas acuáticas, que es de 200 a 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Una CE alta indica que el agua contiene una mayor concentración de sales disueltas.

Esto puede ser beneficioso para las plantas, ya que les proporciona los nutrientes que necesitan para crecer. Sin embargo, una CE demasiado alta puede ser perjudicial, ya que puede causar estrés a las plantas y dificultar la absorción de nutrientes. En el caso de la lechuga, una CE de 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  es suficiente para proporcionarle los nutrientes que necesita para crecer sana y vigorosamente. Este valor también es adecuado para el crecimiento de las bacterias nitrificantes, que son las que convierten los desechos nitrogenados de los peces en nutrientes que las plantas pueden absorber Huarilloclla (2022); Argüelles (2002). Otro estudio realizado por (Velásquez *et al.* 2021) reportó una conductividad eléctrica por días del cultivo de 0.30 y de 1.50 CE (mS/cm) en el sistema acuapónico.



**Figura 18.** Conductividad eléctrica del sistema acuapónico con cultivo de lechuga.

### 6.5. Demanda de Agua en el sistema acuapónico

En la tabla 3 muestra la demanda de agua que ocupa cada 15 días de agua del sistema acuapónico con diferentes tanques, donde las plantas de lechuga consumen entre 1 a 2 litros por semana. Por su parte los resultados obtenidos en este estudio superan los valores reportados por Moreno, (2014) reportando la cantidad de agua que necesita un sistema acuapónico circular cada 15 días depende de varios factores, como el tamaño del sistema, la densidad de plantación, el tipo de cultivo y la temperatura ambiente, estimo que un sistema acuapónico circular con cultivo de lechuga romana necesita entre (567 a 1135 litros) de agua cada 15 días (Gallegos *et al.* 2019).

**Tabla 5.** Agua utilizada en el sistema acuapónico con cultivo de lechuga.

<b>Tanques</b>	<b>Litros de agua</b>
Tanque de peces	1000 l
Tanque Decantador	200 l
Tanque Mecánico	200 l
Tanque Biofiltro	200 l
Tanque con nitratos	50 l
Tanque de agua limpia	150 l
Tanque adicional para oxigenar los peces	1100 l
<b>Total</b>	<b>2900 l</b>

Con un caudal de 45.8 l por hora

## VII. CONCLUSIONES

- El estudio demuestra que el uso de bioestimulantes con quitosano representa una alternativa viable para mejorar el crecimiento y desarrollo, con un impacto positivo en el crecimiento de las plantas de lechuga romana (*Lactuca sativa var. Longifolia*). Las variables evaluadas, incluyendo grosor del tallo, altura, largo de raíz y número de hojas, mostraron diferencias significativas con un p valor < 0.0001 con el uso de biostimulante quitosano.
- El análisis realizado por el laboratorio de zamorano demuestra que una mayor cantidad de quitosano (derivado de la cabeza de camarón) en el bioestimulante se correlaciona con un mayor contenido de nutrientes para las plantas de lechuga romana, como una estrategia efectiva para mejorar la calidad nutricional de la lechuga romana.
- La deficiencia de nutrientes en un sistema acuapónico, causada por una baja cantidad de peces, afecto negativamente el rendimiento de la lechuga romana. Esta disminución en el rendimiento se debe a la falta de disponibilidad de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

## VIII. RECOMENDACIONES

- En base a los resultados del estudio, se recomienda utilizar el tratamiento 4 de 6 libras de quitosano que contiene el biostimulante para obtener el mayor rendimiento de las plantas de lechuga romana (*Lactuca sativa var. Longifolia*).
- Se recomienda tener un numero de peces adecuado para que no presente escases de nutrientes del sistema acuapónico para el cultivo de lechuga.
- Mantener el sistema acuapónico con energía 24/7. El sistema acuapónico requiere energía para bombear el agua y proporcionar oxígeno a los peces. Para evitar problemas con las plantas y la oxigenación de los peces, es importante mantener el sistema acuapónico con energía 24/7.
- ❖ Continuar con el sistema acuapónico NFT para el cultivo de lechuga y otros . Este sistema es una alternativa viable para la producción de alimentos frescos y nutritivos en condiciones de clima tropical.

## IX. BIBLIOGRAFÍAS

- Aljawish, A; Chevalot, I; Jasniewski, J; Scher, J; Muniglia, L. 2015. Enzymatic synthesis of chitosan derivatives and their potential applications. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* 112:25-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2014.10.014>.
- de Alvarenga, 2011. Characterization and Properties of Chitosan. *Biotechnology of Biopolymers* . DOI: <https://doi.org/10.5772/17020>.
- Argüelles, CLC. 2002. Evaluación de biofloc fortificado para la producción de lechuga en sistema de acuaponía. .
- Ávila, V. 2017. *Sustentabilidad Ambiental*. s.l., s.e. 315-330 p.
- Barrera, J; Cruz, M; Melgarejo, LM. 2007. V. Nutrición mineral. *Experimentos en fisiología vegetal*,79-106.
- Bautista-Baños, S; Hernández-Lauzardo, AN; Velázquez-Del Valle, MG; Hernández-López, M; Ait Barka, E; Bosquez-Molina, E; Wilson, CL. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection* 25(2):108-118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.03.010>.
- Beltrano, J; Gimenez, O. 2020. Cultivo en hidroponía. *Cultivo en hidroponía* . DOI: <https://doi.org/10.35537/10915/46752>.
- Benavides-mendoza, A. 2021. Bioestimulantes agrícolas: importancia y definición. *Bioestimulantes agrícolas: importancia y definición*. (September). DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21104.58889>.
- Brenes Peralta, L; Jimenez Morales, MF. 2014. Manual de producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistema NFT (Nutrient Film Technique). *Tecnologico de costa Rica* :26.
- Brier, J; lia dwi jayanti. 2020. Estudio del cultivo de lechuga romana (*Lactuca sativa* L.), sembrada mediante el sistema de NFT (Nutrient Film Technique), en la zona de Babahoyo. (en línea). 21(1):1-9. Disponible en <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>.
- Caló, P. 2011. 130423\_Introducción a La Acuaponía (1) (en línea). centro nacional de desarrollo acuicola- CENADAC. 1(1):1-15. Disponible en <http://chilorg.chil.me/download->



doc/86262.

- Candarle, P. 2016. Técnicas de Acuaponia (en línea). *Cenadac* 1(8):1-47. Disponible en [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/\\_archivos//000000\\_Desarrollos Acuícolas/160831\\_Técnicas de Acuaponia.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos//000000_Desarrollos_Acuícolas/160831_Técnicas de Acuaponia.pdf).
- Cardozo, GRS. 2020. Influencia de bioestimulantes sobre características agronómicas de la soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Corporate Governance* (Bingley) 10(1):54-75.
- Casseres, E. 2007. Producción de hortalizas CASSERES.pdf. 165-169.
- Castrejón, LJ. 2019. « “universidad Nacional de Cajamarca” Disponible en [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5165/Tesis Lorena Medina.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5165/Tesis_Lorena_Medina.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Colla, G; Roupael, Y. 2015. Biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 1-2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.044>.
- Conde Sabiote, S. 2021. Determinación del efecto de diferentes compuestos bioactivos sobre la germinación de las semillas de *Lactuca sativa* L. Universidad de Cantabria :1-132.
- Costales, D; Falcón, AB. 2018. Biofertilizada Combination of application forms of chitosan in the development of biofertilized soybean (en línea). 39(3):71-79. Disponible en <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/4260/1/Combinación de formas de aplicación de quitosano en el desarrollo de soya.pdf>.
- Cruz, D. 2009. Desarrollo de una función de producción de lechuga (*Lactuca sativa*) a partir de diferentes niveles de nitrógeno, distanciamiento enter planta, ante escenarios con y sin cobertura plástica, en zamorano. .
- Ezzahoui, I; Abdelhouahid, RA; Taji, K; Marzak, A; Ghanimi, F. 2021. The Aquaponic Ecosystem Using IoT and IA Solutions. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies* 17(5):1-15. DOI: <https://doi.org/10.4018/ijwltd.20220901.oa2>.
- F A O; Pesca, CDE. 2022. Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.4060/i4021es>.
- FAO. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.

- Gallegos, D; Moreno, C; Quevedo, J. 2019. Cultivo acuapónico guía especializada (en línea). Aula del Mar :289. Disponible en <https://www.cifalmalaga.org/web/wp-content/uploads/2020/04/2019.11.07-LIBRO-ACUAPONIA.pdf>.
- Geng Zhang, Yuanhua Wang, Kai Wu, Qing Zhang , Yingna Feng, YM and ZY. 2021. Aplicación exógena de quitosano alivia el estrés salino en lechuga ( *Lactuca sativa* L .) . .
- Giraldo, J. 2015. Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del quitosano. University of Concepcion. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3350.9287>.
- González, L; Falcón, A; Jiménez, M; Jiménez, L; Silvente, J; Terrero, J. 2012. Evaluación de tres dosis del bioestimulante Quitosana en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en un periodo tardío. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología 1(2):42-48.
- Huarilloclla Taipe, R. 2022. Agua de la crianza de trucha (*Oncorhynchus Mykiss*) para el cultivo de Albahaca (*Ocimum Basilicum*) en Sistemas acuapónicos, Cabanillas 2022. :19-20. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88445>.
- INCAP. 2006. Hidroponía: Sistema de cultivo NFT. Ecotecnologías para la seguridad alimentaria y nutricional 6:11. Disponible en [http://www.incap.int/portaleducativo/index.php/es/recursos/reservorio-san/doc\\_view/425-ficha-tecnologica-6-sistema-nft](http://www.incap.int/portaleducativo/index.php/es/recursos/reservorio-san/doc_view/425-ficha-tecnologica-6-sistema-nft).
- du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation (en línea). Scientia Horticulturae 196:3-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.
- Jiménez, M; González, L; Falcón, A; Espinosa, S. 2013. Evaluación de tres bioestimulantes en lechuga en condiciones de organopónico (en línea). 40(1):79-82. Disponible en <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2013/vol40/no1/14.pdf>.
- José, U; Mariátegui, C; Investigación, VDE. 2019. Efecto de las dosis de bioestimulante y variedades de lechuga (*lactuca sativa* l.) sobre las características morfológicas y rendimiento cultivadas en dos zonas de la provincia de Chincheros - Apurímac. Disponible en [https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/608/Yvan\\_tesis\\_titulo\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/608/Yvan_tesis_titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Kyrkby, E; Römheld, V. 2007. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones,

absorción y movilidad. *Informaciones Agronomicas* :1-21.

Leal O. 2017. Rango de pH óptimo para el desarrollo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*) en acuaponía campus Montecillo Postgrado en Edafología. .

Mario Esteban Muñoz Gutiérrez. 2012. Sistemas de recirculación acuapónicos Aquaponic recirculation systems (en línea). *Informador Técnico (Colombia) revistas sena* 76(60):123-129. Disponible en [revistas.sena.edu.co/index.php/inf\\_tec/article/download/36/41](http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/download/36/41).

Mengel, K; Kirkby, E. 2000. Principios de pudrición Vegetal (en línea). Instituto Internacional de la Potasa (1):11-23. Disponible en [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod\\_resource/content/2/PRINCIPIOS DE NUTRICIÓN VEGETAL.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS DE NUTRICIÓN VEGETAL.pdf).

Morales, D; Rodríguez, L; Dell'Amico, J; Jerez, E; Estrada, W. 2018. Efecto de dos bioestimulantes y hongos micorrízicos en plantas de tomate sembradas a altas temperaturas. *Cultivos Tropicales* 39(3):41-48.

Moreno, SEW; Trelles, AZ. 2014. Aquaponic system growth of lettuce, *Lactuca sativa*, with tilapia farming effluents. *Rebiol* 34(2):60-72.

Moreno Simón, EW; Zafra Trelles, A. 2014. Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga , *Lactuca sativa* , con efluentes de cultivo de tilapia. *Rebiol* 34(2):60-72.

ONU. 2019. UNWater PolicyBrief Water Climate-Change (ES). Onu-Water and Climate Change 1(1):28.

Parrado, J; Bautista, J; Romero, EJ; García-Martínez, AM; Friaza, V; Tejada, M. 2008. Production of a carob enzymatic extract: Potential use as a biofertilizer. *Bioresource Technology* 99(7):2312-2318. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.05.029>.

Patel, H; Krishnamurthy, R. 2013. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry Elicitors in Plant Tissue Culture. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2(2):60-65.

Reyes-pérez, JJ; Enríquez-, EA; Ramírez-arrebató, MÁ; Tania, A; Falcón-rodríguez, A. 2019. Repuesta agronómica del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) a la aplicación de una formulación de quitosana. *LUZ Revista de la Facultad de Agronomía* 36:44-53.

- Reyes Pérez, J; Ramos Remache, R; Falcón Rodríguez, A; Ramírez Arrebato, M; Rodríguez Pedroso, A; Rivero Herrada, M; Llerena-Ramos, L. 2019. Efecto del quitosano sobre variables del crecimiento, absorción de nutrientes y rendimiento de *Cucumis sativus* Effect of chitosan on variables of growth, nutrient absorption and yield of *Cucumis sativus* (en línea). *Centro Agrícola* 46(4):53-60. Disponible en <http://cagricola.uclv.edu.cu>.
- Reyes Pérez, JJ; Enríquez-Acosta, EA. 2019. Evaluación de quitomax en la emergencia, crecimiento y nutrientes de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ciencia y Tecnología* 11(2):31-37. DOI: <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i2.227>.
- Rivas-García, T; González-Gómez, LG; Boicet-Fabré, T; Jiménez-Arteaga, MC; Falcón-Rodríguez, AB; Terrero-Soler, JC. 2021. Agronomic response of two tomato varieties (*Solanum lycopersicum* L.) to the application of the biostimulant whit chitosan. *Terra Latinoamericana* 39:1-9. DOI: <https://doi.org/10.28940/TERRA.V39I0.796>.
- Rkhaila, A; Chtouki, T; Erguig, H; Haloui, N El; Ounine, K. 2021. Chemical proprieties of biopolymers (Chitin/chitosan) and their synergic effects with endophytic *Bacillus* species: Unlimited applications in agriculture. *Molecules* 26(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26041117>.
- Rodríguez-Guzmán, CA; González-Estrada, RR; Bautista-Baños, S; Gutiérrez-Martínez, P. 2019. Efecto del quitosano en el control de *Alternaria* sp. en plantas de jitomate en invernadero. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 22. DOI: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2019.0.161>.
- Rodríguez-Pedroso, A; Ramírez-Arrebato, MA; Rivero-González, D; Bosquez-Molina, E; Barrera-Necha, LL; Bautista-Baños, S. 2009. Propiedades Químico-Estructurales Y Actividad Biológica De La Quitosana. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(3):307-317.
- Romero Serrano, ID; Pereira, A; Pereira, J. 2020. Estado del arte: Quitosano, un biomaterial versátil. Estado del Arte desde su obtención a sus múltiples aplicaciones / Review: Chitosan, a versatil biomaterial. State of the art from its obtaining to its multiple applications. *Revista ingeniería UC* 27(2):1-21.
- Russo, RO; Berlyn, GP. 1991. The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 1(2):19-42. DOI:

[https://doi.org/10.1300/J064v01n02\\_04](https://doi.org/10.1300/J064v01n02_04).

- Saavedra, G; Corradini, F; Antúnez, A; Felmer, S; Estay, P; Sepúlveda, P. 2017. Manual de producción de Lechuga. Manual de producción de Lechuga Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias Boletín :153.
- Sabogal, D. 2008. la acuaponía : una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Facultad de Ciencias Básicas 4(1):32-52.
- Scaldeferro, JAS; Reyes, KEC. 2016. 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 polonuevo, Atlántico. :1-23.
- Shahrajabian, MH; Chaski, C; Polyzos, N; Tzortzakis, N; Petropoulos, SA. 2021. Sustainable agriculture systems in vegetable production using chitin and chitosan as plant biostimulants. Biomolecules 11(6):1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom11060819>.
- Sharif, R; Mujtaba, M; Rahman, MU; Shalmani, A; Ahmad, H; Anwar, T; Tianchan, D; Wang, X. 2018. The multifunctional role of chitosan in horticultural crops; a review. Molecules 23(4):1-20. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules23040872>.
- State, CUE. 2021. Guía de Vegetales de Colorado «Una guía para el cultivo de vegetales en los huertos, que abarca todas las regiones de Colorado». .
- UNEP. 2016. A Snapshot of the World ' s Water Quality : Towards a global assessment (en línea). s.l., s.e. 162 p. Disponible en [https://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/unep\\_wwqa\\_report\\_web.pdf](https://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/unep_wwqa_report_web.pdf).
- Valverde, Y; Moreno, J; Quijije, K; Castro, A; Merchán, W; Gabriel, J. 2020. Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café ( Coffea arábica L). Journal of the Selva Andina Research Society 11(1):18-28.
- Vargas, M; González, C. 2010. Quitosano: Una Alternativa Natural Y Sostenible Para La Conservación De Frutas Y Hortalizas. Actas del IX Congreso de SEAE “Calidad y seguridad alimentaria”. Disponible en [https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2010/ix-congreso/cd-actas/p1-calidad-agroalimentaria\\_PDF/1-7-quitosano-vargas.pdf](https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2010/ix-congreso/cd-actas/p1-calidad-agroalimentaria_PDF/1-7-quitosano-vargas.pdf).
- Velásquez, DAR; Valderrama, GEA; Mejía, RP. 2021. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Maestría en Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible. .

## X. ANEXOS

### Anexo 1. Instalaciones del sistema acuapónico y galera.



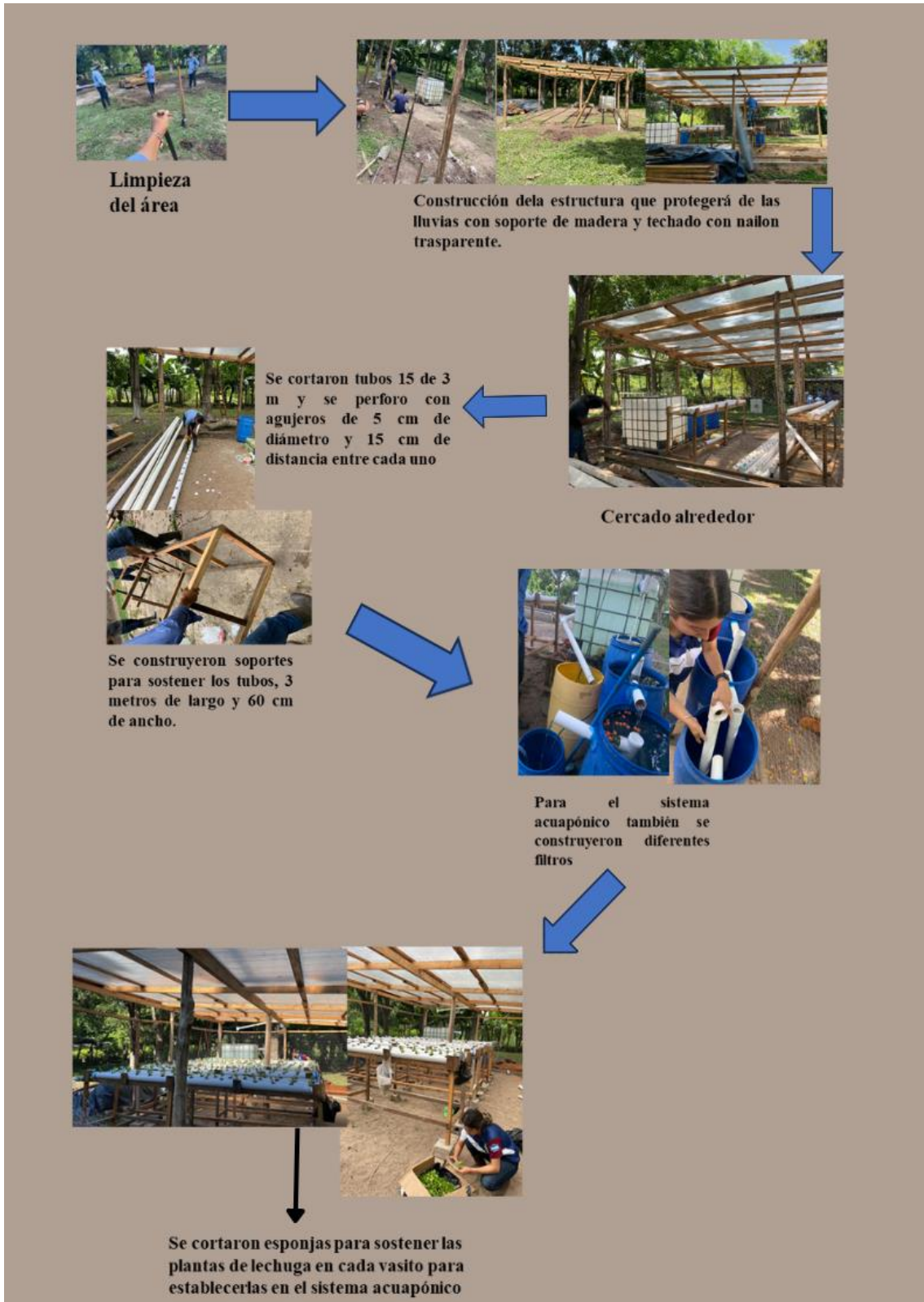
Antes de la instalación del sistema acuapónico



Después de la instalación del sistema acuapónico



**Anexo 2** Diseño del método NFT en el sistema acuapónico.



### Anexo 3. Instalación de los complementos dentro del sistema acuapónico



Instalación de los filtros





Instalación de tubos con ranuras para la salida de eses de peces



Incorporación de peces



Instalación final



**Anexo 4.** Trasplante de Cultivo de lechuga romana (*Lactuca sativa L.*) dentro del sistema acuapónico con técnica de NFT.



Plántulas de lechuga romana (*Lactuca sativa L.*)



Trasplante del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) en el sistema acuapónico



**Anexo 5.** Desarrollo del Cultivo de lechuga romana (*Lactuca sativa L.*) dentro del sistema acuapónico con técnica de NFT.





## Anexo 6. Aplicaciones de los biostimulantes





Procesos de aplicación de los biostimulante



## Anexo 7. Registro de Datos de las variables medidas en el cultivo



Cálculo de peso total en (g)



Mediciones de Diámetro (mm)





Medición de altura

Mediciones de largo de raíz



Mediciones de Ph





Mediciones de Conductividad eléctrica (CE)

**Anexo 8.** Deficiencia de nutrientes del sistema acuapónico con cultivo de lechuga.



Nutrientes producidos por los peces



Plantas con tallo demasiado largo y hojas pequeñas



Coloración amarillenta





Marchitamiento de las hojas



**Anexo 9.** Ciclo de la nitrificación del sistema acuapónico





**Anexo 10.** Cosecha del cultivo de lechuga



**Anexo 11.** Resultados de análisis del contenido de macronutrientes y micronutrientes de los biostimulnates.



ESCUELA AGRÍCOLA PANAMERICANA LABORATORIO DE SUELOS ZAMORANO			
LSZ-MC-F31 INFORME DE RESULTADOS	ANÁLISIS DE ABONOS ORGÁNICOS	Versión	2

Sistema de Gestión de Calidad ISO/IEC 17025

Solicitante	Fecha ingreso Muestra	Fecha Envío Informe	Página
Daniela Alejandra Pineda	2023-10-21	2023-11-21	1 de 1
Dirección del cliente	N° Lote de Análisis	Procedencia de la muestra	Informe N°
Olancho	2023-23	Olancho	2023-327,1

Código interno lab.	Muestra	pH	g/ml		g/100 g (%)								mg/Kg						Rel C/N
			Densidad	Humedad	MO	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B		
23-O-3662	Muestra #1 Sin quitosano	3.46	1.03	-	8.3	0.25	0.02	0.93	0.15	0.04	ND	261	ND	16	2	32	194	19.0	
23-O-3663	Muestra #2 2 lb de quitosano	3.73	1.08	-	4.6	0.30	0.04	0.81	0.28	0.06	ND	331	ND	21	3	5	182	7.0	
23-O-3664	Muestra #3 4 lb de quitosano	3.74	1.08	-	4.9	0.40	0.07	0.85	0.28	0.05	ND	475	ND	36	3	6	210	9.0	
23-O-3665	Muestra #4 6 lb de quitosano	4.36	1.09	-	6.2	0.40	0.08	1.02	0.36	0.05	ND	2302	ND	67	3	60	216	9.1	

ND: NO DETECTADO

**Metodos (En base seca):** N: AOAC 2001.11. K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn: Digestión, determinándose por Espectrometría de absorción atómica de llama acetileno-aire (AOAC 965.09). P: Digestión, determinándose por colorimetría de azul de molibdeno. pH determinado en relación acuosa, Humedad: 48 h a 105 °C.

El laboratorio no se hace responsable por el estado de la muestra al ingresar a nuestras instalaciones. Los resultados se relacionan solo con las muestras recibidas. El laboratorio se exonera de responsabilidad por reproducción parcial o total del informe, o el uso que pueda dársele. El lote de análisis remite la fecha de ejecución de análisis.

Vo. Bo.:   
 Dr. Ricardo Peña Venegas  
 Director Unidad de Suelos

  
 Ing. Eunice Aguilera Núñez  
 Responsable del análisis



E-mail: laboratoriosuelos@zamorano.edu, Tel: (504) 2287-2000 ext. 2316 Fax: (504) 2287-6242 Cel: +5049969-6846  
 Laboratorio de Suelos, Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria Apartado Postal # 93 Tegucigalpa-Honduras. Km 30 Carret. Danlí

**Anexo 12.** Análisis de varianza LSD Fisher de los tratamientos a evaluados en el cultivo de lechuga romana.

C:\Users\Usuario\Downloads\Trabajos de infostat tesis\Nueva.tabla de varian

**Análisis de la varianza**

**Número de hojas**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Número de hojas	225	0.86	0.86	6.78

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2763.89	4	690.97	345.28	<0.0001
Tratamientos	2763.89	4	690.97	345.28	<0.0001
Error	440.27	220	2.00		
Total	3204.16	224			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.58776

Error: 2.0012 gl: 220

Tratamientos Medias n E.E.

Testigo	15.73	45	0.21	A
T1	18.56	45	0.21	B
T2	20.82	45	0.21	C
T3	23.53	45	0.21	D
T4	25.62	45	0.21	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

**Grosor de tallo mm**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Grosor de tallo mm	225	0.87	0.87	14.27

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	47.65	4	11.91	380.41	<0.0001
Tratamientos	47.65	4	11.91	380.41	<0.0001
Error	6.89	220	0.03		
Total	54.54	224			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.07352

Error: 0.0313 gl: 220

Tratamientos Medias n E.E.

Testigo	0.68	45	0.03	A
T1	1.05	45	0.03	B
T2	1.10	45	0.03	B
T3	1.30	45	0.03	C
T4	2.07	45	0.03	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)



### Altura

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	225	0.98	0.98	5.27

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36668.15	4	9167.04	2526.97	<0.0001
Tratamientos	36668.15	4	9167.04	2526.97	<0.0001
Error	798.09	220	3.63		
Total	37466.24	224			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.79135

Error: 3.6277 gl: 220

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Testigo	18.73	45	0.28	A
T1	31.60	45	0.28	B
T2	35.22	45	0.28	C
T3	37.04	45	0.28	D
T4	58.27	45	0.28	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

### Raíz

### Raíz

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Raíz	225	0.98	0.98	5.21

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9201.42	4	2300.36	2802.55	<0.0001
Tratamientos	9201.42	4	2300.36	2802.55	<0.0001
Error	180.58	220	0.82		
Total	9382.00	224			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.37642

Error: 0.8208 gl: 220

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
Testigo	9.09	45	0.14	A
T1	12.71	45	0.14	B
T2	16.76	45	0.14	C
T3	21.07	45	0.14	D
T4	27.38	45	0.14	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)









