

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE AGROPECUARIA

**Tema: "Evaluación de biol y sustratos en la producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Simpson bajo sistema semi hidropónico en el Centro Experimental San Francisco – Cantón Huaca "**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del  
título de Ingeniera en Agropecuaria

AUTORA: Vallejos Velasco Tania Magali

TUTOR: Ing. Ortiz Tirado Paúl Santiago, MSc.

Tulcán, 2024.

## CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que la estudiante(s) Vallejos Velasco Tania Magali con el número de cédula 0402120604 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de biol y sustratos en la producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Simpson bajo sistema semi hidropónico en el Centro Experimental San Francisco – Cantón Huaca"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

---

Ing. Ortiz Tirado Paúl Santiago, MSc.

**TUTOR**

Tulcán, junio de 2024

## AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniera en la Carrera de agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Vallejos Velasco Tania Magali con cédula de identidad número 0402120604 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Tania Vallejos', enclosed within a circular scribble.

---

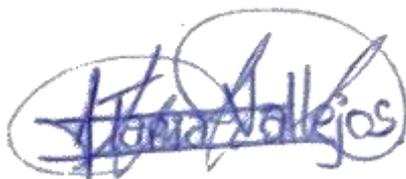
Vallejos Velasco Tania Magali

**AUTORA**

Tulcán, junio de 2024

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Vallejos Velasco Tania Magali declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Evaluación de biol y sustratos en la producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Simpson bajo sistema semi hidropónico en el Centro Experimental San Francisco – Cantón Huaca" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature appears to read 'Tania Vallejos'.

---

Vallejos Velasco Tania Magali

**AUTORA**

Tulcán, junio de 2024

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a dios por mantenerme en pie y con la salud necesaria para finalizar con éxito mi carrera profesional, iluminando mi camino y no dejándome sola en ninguna circunstancia.

A mis padres Luis Vallejos y Elena Velasco, por apoyarme en todo momento sin importar la situación, brindándome buenos consejos que me dieron ánimo de seguir adelante y con más entusiasmo, por su ayuda incondicional facilitándome los recursos necesarios para poder culminar mi carrera profesional.

A mis hermanos Vicente Vallejos y Jaime Vallejos, quienes dedicaron parte de su tiempo para ayudarme a implantar mi tesis y poder cumplir mis objetivos.

A mis amigos y compañeros con quien compartía alegres momentos y realizaba los trabajos académicos, por cumplir de manera responsable y confiable con nuestras obligaciones tanto dentro como fuera de las aulas de la universidad.

A mi tutor por su dedicación y paciencia que brindó al momento de elaborar mi tesis, por guiarme con sus acertados y sabios consejos.

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por darme la hermosa oportunidad de estudiar en sus instalaciones y a todos los docentes que forman parte del equipo de trabajo de la carrera y de la institución por ilustrarme con su conocimiento diariamente durante todo mi ciclo de formación académica.

Tania Magali Vallejos Velasco

## **DEDICATORIA**

Con mucha alegría en mi corazón le dedico mi triunfo a mis padres Luis Vallejos y Elena Velasco, que han sido mi apoyo incondicional en el trascurso y desarrollo de mi carrera profesional, por su firme dedicación, esfuerzo y trabajo que hicieron para poder brindarme los recursos económicos necesarios para continuar mis estudios y verme triunfar en este día, con mucho cariño Tania

Tania Magali Vallejos Velasco

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>I. EL PROBLEMA</b> .....	15
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	16
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	16
<b>1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	18
1.4.1. Objetivo General .....	18
1.4.2. Objetivos Específicos.....	18
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	18
<b>II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	19
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	19
<b>2.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	20
2.2.1. Cultivo de lechuga .....	20
2.2.1.1. Origen del cultivo de lechuga .....	20
2.2.1.2. Clasificación taxonómica .....	20
2.2.1.3. Morfología.....	21
2.2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos.....	22
2.2.1.5. Manejo del cultivo.....	23
2.2.1.6. Ciclo de producción.....	25
2.2.1.7. Variedad Simpson (lechuga crespita verde .....	25
2.2.1.8. Plagas y enfermedades.....	26
2.2.2. Sustratos.....	29
2.2.2.1. Propiedades físicas y químicas de sustratos .....	29
2.2.2.2 Cascarilla de arroz.....	30

2.2.2.3. Perlita .....	31
2.2.2.4. Arena .....	32
2.2.3. Hidroponía .....	32
2.2.3.1. Ventajas de en la hidroponía .....	33
2.2.4. Biol .....	33
2.2.5. Nutrifoliar completo .....	34
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....</b>	<b>35</b>
3.1.1. Enfoque .....	35
3.1.2. Tipo de Investigación .....	35
<b>3.2. HIPÓTESIS .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....</b>	<b>35</b>
3.3.1. Definición de las variables .....	35
<b>3.4. MÉTODOS UTILIZADOS .....</b>	<b>38</b>
3.4.1. Ubicación del ensayo .....	38
3.4.2. Tratamientos del experimento .....	38
3.4.2.1. Características de la Unidad Experimental .....	39
3.4.2.2. Distribución y características del experimento .....	39
3.4.3. Población y muestra de la investigación .....	40
3.4.4. Procedimiento .....	41
3.4.4.1. Construcción de camas .....	41
3.4.4.2. Biol .....	41
3.4.4.3. Obtención y preparación de sustratos .....	41
3.4.4.4. Plántulas de lechuga .....	42
3.4.4.5. Manejo del cultivo .....	42
3.4.4.6. Pesaje y empaclado .....	43
<b>3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>43</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>

<b>4.1. RESULTADOS</b> .....	44
4.1.1. Variable porcentaje de prendimiento .....	44
4.1.2. Variable altura de planta .....	45
4.1.3. Variable número de hojas .....	48
4.1.4. Variable longitud de raíz.....	50
4.1.5. Variable volumen de raíz.....	52
4.1.6. Variable días a la cosecha .....	54
4.1.7. Variable peso final por tratamiento .....	55
4.1.8. Análisis económico del cultivo de lechuga.....	57
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	59
<b>5.1. CONCLUSIONES</b> .....	59
<b>5.2. RECOMENDACIONES</b> .....	59
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	61
<b>VII. ANEXOS</b> .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.).....	21
Tabla 2. Operacionalización de variables.....	36
Tabla 3. Tratamientos. ....	38
Tabla 4. Características del ensayo. ....	39
Tabla 5. Esquema del análisis de varianza ANOVA.....	43
Tabla 6. Análisis de varianza para la variable porcentaje de prendimiento en tratamientos.....	44
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable porcentaje de prendimiento en sustratos y dosis de biol .....	45
Tabla 8. Análisis de varianza para la variable altura de planta en tratamientos .....	46
Tabla 9. Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta en tratamientos...46	
Tabla 10. Análisis de varianza para la variable altura de planta en sustratos y dosis..47	
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta en sustratos y dosis .....	47
Tabla 12. Análisis de varianza para la variable número de hojas en tratamientos ....	48
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para la variable número de hojas en tratamientos .....	48
Tabla 14. Análisis de varianza para la variable número de hojas en sustratos y dosis de biol.....	49
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz en tratamientos.....	50
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para la variable longitud de raíz en tratamientos...50	
Tabla 17. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz en sustratos y dosis de biol .....	51
Tabla 18. Prueba de Tukey al 5% para la variable longitud de raíz en sustratos .....	51
Tabla 19. Análisis de varianza para la variable volumen de raíz en tratamientos .....	52
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para la variable volumen de raíz en tratamientos ..52	
Tabla 21. Análisis de varianza para la variable volumen de raíz en sustratos y dosis de biol .....	53
Tabla 22. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha en tratamientos ...	54
Tabla 23. Prueba de Duncan al 5% para la variable días a la cosecha .....	54
Tabla 24. Análisis de varianza para la variable peso final en tratamientos .....	55
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para la variable peso final en tratamientos .....	55

Tabla 26. Análisis de varianza para la variable peso final en sustratos y dosis de biol.....	56
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para la variable peso final en sustratos .....	56
Tabla 28. Análisis del costo de producción de la investigación .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del Centro Experimental San Francisco-Cantón Huaca.....	38
Figura 2. Distribución de los tratamientos.....	40
Figura 3. Distribución de la parcela neta.....	41
Figura 4. Preparación del lugar de implantación.....	74
Figura 5. Construcción de camas.....	74
Figura 6. Mezcla de sustratos.....	74
Figura 7. Vaciado de sustratos a camas.....	74
Figura 8. Siembra de plátulas de lechuga.....	74
Figura 9. Medición de pH de solución nutritiva.....	74
Figura 10. Medición de altura de planta.....	75
Figura 11. Desarrollo de lechuga a los 8 días.....	75
Figura 12. Desarrollo de lechuga a los 15 días.....	75
Figura 13. Toma de datos.....	75
Figura 14. Lechuga en etapa final de producción.....	75
Figura 15. Cosecha de lechuga.....	75
Figura 16. Medición de longitud de raíz.....	76
Figura 17. Medición de volumen de raíz.....	76
Figura 18. Cosecha de lechugas de T8.....	76
Figura 19. Empacamiento de la lechuga cosechada.....	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC .....	69
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	70
Anexo 3. Análisis de biol.....	72
Anexo 4. Costo de producción .....	73
Anexo 5. Proceso experimental.....	74

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar dosis de biol y sustratos en la producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Simpson bajo sistema semi hidropónico en el Centro Experimental San Francisco – Cantón Huaca, con un diseño completo al azar (DCA). Se utilizó 8 tratamientos con 3 repeticiones donde: T1 (150 ml de biol/L de agua y sustrato 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona), T2 (150 ml de biol/L de agua y sustrato 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz), T3 (300 ml de biol/L de agua y sustrato 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona), T4 (300 ml de biol/L de agua y sustrato 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz), T5 (450 ml de biol/L de agua y sustrato 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona), T6 (450 ml de biol/L de agua y sustrato 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz), T7 (fertilizante químico y sustrato de perlita) y T8 (fertilizante químico y suelo de la zona al 100%). La unidad experimental fue de 0.60 m<sup>2</sup> de donde se evaluaron 6 plantas, tomando como variables: porcentaje de prendimiento, altura de planta, número de hojas, longitud de raíz, volumen de raíz, días a la cosecha, peso final y rentabilidad por tratamiento. Se utilizó el programa InfoStat para realizar el análisis estadístico ANOVA y prueba de Tukey al 5%; los mejores resultados se obtuvieron con T1 en las variables evaluadas al igual que en su rentabilidad, generando \$3.93 anuales por cada dólar invertido.

**Palabras Claves:** *Lactuca sativa L.*, variedad Simpson, producción, dosis, biol, sustratos, semi hidropónico.

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate doses of biol and substrates in the production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) Simpson variety under a semi-hydroponic system at San Francisco Experimental Center – Huaca Canton with a random complete design (DCA). 8 treatments were used with 3 repetitions where: T1 (150 ml of biol/L of water and substrate 70% rice husk + 30% white sand from the area), T2 (150 ml of biol/L of water and substrate 70% white sand from the area + 30% husk rice), T3 (300 ml of biol/L of water and substrate 70% rice husk + 30% sand white sand from the area), T4 (300 ml of biol/L of water and substrate 70% white sand from the zone + 30% rice husk), T5 (450 ml of biol/L of water and substrate 70% husk of rice + 30% white sand from the area), T6 (450 ml of biol/L of water and substrate 70% white sand from the area + 30% rice husk), T7 (chemical fertilizer and perlite substrate) and T8 (chemical fertilizer and 100% local soil). Unit experimental was 0.60 m<sup>2</sup> and 6 plants were evaluated, taking as variables: percentage of budding, plant height, number of leaves, length of root, root volume, days to harvest, final weight, and profitability per treatment. InfoStat program was used to perform the statistical analysis ANOVA and test Tukey's at 5%; The best results were obtained with T1 in the variables evaluated as well as its profitability, generating \$3.93 annually for every dollar invested.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L, Simpson variety, production, dose, biol, substrates, semi-hydroponic.

## INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) crespa variedad Simpson es una hortaliza que tiene su origen en Asia, la cual posee hojas sueltas y rizadas de un color verdoso claro, esta variedad no forma cabeza con otras variedades, siendo muy adaptable a todo tipo de suelo, aunque se ha visto mejor desarrollo en suelos franco-arcillosos y franco arenosos que retengan en buen porcentaje la humedad y que sean bien drenados (Fercon, 2021).

La lechuga Simpson, es una hortaliza muy apetecida alrededor de mundo, siendo cultivada en invernaderos o campo abierto y en suelo o de forma hidropónica, la cual se la ha considerado como un cultivo de importancia en los últimos años siendo China el país con mayor producción de lechuga seguido de EE. UU. y con menor producción Italia, España e India, este cultivo es exportado mayormente por España, EE. UU. e Italia. En Ecuador las principales provincias productoras de lechuga son Tungurahua, Pichincha, Azuay y Loja (AgroActivo, 2022).

Actualmente la agricultura sostenible se ha visto como una forma de producir los cultivos de una forma más rentable debido al ahorro de agroquímicos, generando mayores ingresos a menor inversión, lo que ayuda a incentivar a los agricultores a desarrollar sus propias economías, este tipo de agricultura es muy bien vista ya que evita la contaminación del suelo y agua, haciendo que se utilice menor cantidad de energía en comparación a la agricultura tradición, lo cual disminuye impactos negativos y beneficiando al medio ambiente (Jiffy, 2020).

Los nuevos e innovadores sistemas de producción tienden a aprovechar al máximo los recursos naturales al igual que las técnicas con las que se trabaja, asegurando una agricultura sostenible a largo plazo y la soberanía alimentaria de la humanidad mediante el uso de biofertilizantes que suministran macro y micronutrientes benéficos para las plantas y el suelo y recursos naturales que se dispone alrededor y no es necesario de altos costos para adquirirlos.

## I. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El clima y sus variaciones alrededor del mundo ha generado impactos negativos que implican cuantiosas pérdidas económicas en la agricultura ocasionadas por una reducida productividad, aumento de pérdidas en cosechas y degradación de recursos naturales, lo que ha conllevado a los agricultores buscar nuevas estrategias para la producción de sus cultivos durante todo el año (Viguera y Martínez, 2019).

La lechuga en sus diferentes colores y formas es una de las hortalizas más comunes y consumidas en todo el mundo, por lo que la producción a nivel mundial incrementó a 27.7 millones de toneladas en el año 2021, pero con una reducción del rendimiento por área debido a deficientes condiciones climáticas que se prestan para el desarrollo de enfermedades, ocasionando que la lechuga sea susceptible al cultivarla a campo abierto (Orús, 2022).

A nivel del país la incidencia de plagas y enfermedades en cultivos hortícolas a causado el desmedido uso de agroquímicos como rápida medida de tratamiento del cultivo, lo que conlleva a poner en riesgo la salud humana, ya que se menciona que los fungicidas sólo deben ser usados como último recurso con el fin de evitar la acumulación de residuos en las hojas que no pueden ser aprovechados por la planta rápidamente al ser un cultivo de ciclo corto (Vásquez, 2018).

Entre las plagas que más destacan en las pérdidas de lechuga son los trips, minadores de la lechuga, mosca blanca, babosas y pulgones, mientras que las enfermedades con mayor incidencia y de mayor relevancia son borytis o podredumbre gris, mildiu de la lechuga, oídio, alternaria, septoria, esclerotinia y el virus del mosaico en la lechuga, lo cual se estima que representan pérdidas del 25-30 % del cultivo (BASF, 2022).

En el Carchi al igual que en otras zonas, la presencia de microorganismos dañinos en el suelo que no son eliminados totalmente por químicos es una problemática que ha causado la disminución de la productividad de hortalizas debido a daños radiculares.

Durante la germinación y en la fase de crecimiento de la lechuga es muy notorio en el semillero el marchitamiento y estrangulación en la base del cuello, dando como resultado la muerte de la planta debido al ataque de hongos presentes en el suelo (Muñoz, 2018).

En el cantón huaca no se cuenta con la producción de lechuga bajo sistemas semi hidropónicos, considerándolo como una inversión de alto valor económico y escasa participación por agricultores de implementar nuevas estrategias de producción. El uso de biol como biofertilizante tampoco es utilizado en grandes producciones, debido al desconocimiento de sus beneficios que brinda (Castillo y Arellano, 2019).

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la dosis de biol recomendada y sustrato adecuado para una buena producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Simpson bajo un sistema semi hidropónico en Huaca en el año 2023?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente los agricultores han descubierto e implementado nuevas estrategias de producción para sus cultivos como son los sistemas hidropónicos en los cuales no es necesario la utilización del suelo permitiendo reducir impactos negativos sobre el suelo natural, además de que permiten producir entre tres a diez veces mayor cantidad de alimentos en comparación a la agricultura convencional, el ciclo del cultivo en este tipo de sistemas es más corto permitiendo que el agricultor obtenga mayor número de cosechas al año (Ramírez, 2019).

El sistema hidropónico para el cultivo de verduras como la lechuga es una alternativa prometedora y efectiva para la producción, ya que al estar bajo cubierta se puede garantizar la estabilidad de la planta ante posibles condiciones climáticas, reducción de costos mediante la dosificación de biofertilizantes facilitando la mano de obra y reutilizando la infraestructura para producir otros cultivos a largo plazo (CytySens, 2019).

Los sistemas hidropónicos como una opción innovadora ante las limitaciones edáficas, sanitarias y la necesidad de realizar pequeños circuitos de comercialización están dentro del rubro de cultivos protegidos, los cuales en México representan como el 50% de cultivos protegidos, mientras que en EEUU este sistema

de producción involucra \$ 891 millones y ha crecido una tasa de 1.2 %, generando un aumento de empleo de alrededor del 10.1%, lo que se ha demostrado que la hidroponía tiene mayor eficiencia en comparación a la siembra de cultivos de forma convencional (Lazo, 2020).

El biol como fertilizante foliar para cultivos es una estrategia orgánica que actualmente agricultores han puesto en práctica en sus cultivos por varias razones, ayuda a que las plantas se mantengan verdes sirviendo como estimulador de la floración y el fruto, aumenta la fertilidad del suelo, favorece el enraizamiento de las plantas, acelera el crecimiento de pequeños brotes, uniformiza la germinación de semillas y previene la entrada de plagas a los cultivos debido al olor que genera permitiendo que la planta se mantenga vigorosa y con excelente follaje (Sacha, 2019).

La utilización de sustratos como complemento en la hidroponía para la producción agrícola ha sido una buena alternativa ya que permiten mantener la humedad del cultivo evitando su resecamiento, no se degradan fácilmente siendo utilizados por largos periodos de tiempo, poseen buena aireación, en su mayor parte son libres de agentes patógenos asegurando una mejor producción y calidad del cultivo (Rodríguez, 2020).

La necesidad de los agricultores por producir cultivos hortícolas de mayor rendimiento y a menor costo ha permitido con el pasar del tiempo la implementación de nuevos sistemas y alternativas que ayuden a producir cultivos de buena calidad y saludables; que no atenten contra la salud de las personas y beneficien tanto al productor como al consumidor.

En la presente investigación se hizo la aplicación dosis de biol bovino y sustratos inertes como un alternativa sostenible y económica, reduciendo los costos de producción en el sector agrícola con el fin de incrementar la productividad de lechuga cresspa variedad Simpson bajo el sistema semi hidropónico en el cantón Huaca, en el “Centro Experimental San Francisco” de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

## **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar el biol y los sustratos en la producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Simpson bajo sistema semi hidropónico en el Centro Experimental San Francisco – Cantón Huaca.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Identificar la dosis de biol que tiene mejores resultados sobre la producción de la lechuga variedad Simpson.
- Determinar el sustrato donde la variedad Simpson de lechuga tiene mejores resultados bajo el sistema semi hidropónico.
- Realizar un análisis de costos de los tratamientos utilizados en la investigación.

### **1.4.3. Preguntas de Investigación**

¿Influye las diferentes dosis de biol en el desarrollo foliar de la lechuga?

¿Puede influir las diferentes composiciones de sustrato en el desarrollo de las de lechuga Simpson?

¿Qué tratamiento utilizado en la investigación tiene un mayor costo beneficio?

¿Qué sustrato y dosis de biol son más efectivos en el sistema semi hidropónico en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*)?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la Universidad Técnica de Babahoyo (Ecuador) se realizó la evaluación del comportamiento agronómico de dos cultivares de lechuga (*Lactuca sativa L.*) sembradas bajo sistema hidropónico utilizando tres dosis de biol; se utilizó semillas de las variedades Green Salad Bowl y Red Salad Bowl. Los tratamientos utilizados fueron la aplicación de biol en dosis de: 300 ml/L; 200 ml/L y 100 ml/L de agua como principal fuente nutricional (Calderón, 2018).

La investigación llevó un DBCA con 8 tratamientos y 3 repeticiones, con el fin de tomar datos sobre: altura de plantas, peso del repollo, porcentaje de prendimiento, longitud de hojas, rendimiento y finalmente análisis de costos, dando como mejor tratamiento la aplicación de biol en dosis de 300 ml/L (Calderón, 2018).

En la revista de investigación científica Manglar se muestra una investigación de la influencia de un abono orgánico líquido tipo biol en el rendimiento de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) cultivada en sistema hidropónico, donde se usó tres dosis de biol como tratamientos en 1350 ml, 900 ml y 450 ml frente a una solución química de 160 ml de macroelementos más 64 ml de microelementos (Sucre, 2017).

Cada uno de los tratamientos fueron diluidos en 16 litros de agua y las variables evaluadas fueron rendimiento en peso y composición química nutricional en tejidos vegetales, dando como mejor resultado el tratamiento 1 con dosis de 450 ml de biol, permitiendo tener mejor aprovechamiento de nutrientes por la planta (Sucre, 2017).

En una investigación realizada en la Universidad nacional de Cajamarca (Perú) sobre el efecto de cuatro dosis de biol en el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad White Boston bajo un sistema hidropónico, donde las dosis a aplicar fueron: 200 ml, 150 ml, 100 ml y 50 ml en un DBCA con 4 repeticiones y 4 tratamientos sin incluir el de testigo; Las dosis de biol fueron aplicadas a los 18 días después del trasplante, dando resultados positivos con el tratamiento 3 de 150 ml de biol (Incio, 2019).

En un artículo de investigación de JSAB se plasma el análisis de la influencia de biol en el rendimiento del cultivo (*Lactuca sativa L.*) de la variedad Iceberg bajo un sistema de cultivo hidropónico, donde se usaron como tratamientos dosis de biol al 6%, 4% y 2% con frecuencias de aplicación de 15 y 8 días, utilizando un DBCA (Pompoza, 2018).

Las variables que se tomaron en cuenta fueron diámetro de tallo principal, días a la cosecha, altura de planta, peso y diámetro del cogollo comercial y rendimiento en kg. Dando resultados favorables con la aplicación de biol al 6% con frecuencia de 15 días, concluyendo que la aplicación de biol es una alternativa para fertilizar ecológicamente y reducir el uso de fertilizantes químicos y costos de producción (Pompoza, 2018).

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Cultivo de lechuga**

La lechuga es una hortaliza que se cultiva en diferentes altitudes y para un estado de salud estable es muy recomendada al tener un escaso aporte de calorías, ya que tiene un alto contenido de compuestos fenólicos, vitaminas como A, B1 y B2, minerales como Fe y K entre otros. Esta planta es cultivada al aire libre en zonas templadas, pero también en invernaderos; sin embargo, el uso de fertilizantes químicos para mantener la calidad del cultivo hace que esta ponga en riesgo la salud de quienes la consumen (Moreiras, 2018).

#### 2.2.1.1. Origen del cultivo de lechuga

Se han realizado investigaciones que conducen a que la lechuga fue originaria de las costas del sur y suroeste del Mar Mediterráneo, desde Egipto hasta Asia Menor, donde los egipcios comenzaron a cultivarla 4500 años ac. Esta era utilizada mayormente para la extracción de aceite de la semilla y para forrajes. De ahí pasa a Grecia y también cultivada por los romanos que rápidamente la difundieron por Europa hasta llegar a América, cabe mencionar que la lechuga de esa época era de tipo cos o de hoja (Granval y Gaviola, 2017).

#### 2.2.1.2. Clasificación taxonómica

El cultivo de lechuga como cualquier otra hortaliza tiene una taxonomía como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Taxonomía de la lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Cichorioideae
Tribu	Lactuceae
Género	Lactuca
Especie	Lactuca sativa L.

**Fuente:** (Cedeño, 2022).

### 2.2.1.3. Morfología

La lechuga es una planta herbácea, cuyo órgano comestible son las hojas, las cuales son brillantes de color verde pudiendo variar su tonalidad, además tiene un sistema radicular compuesto por la raíz principal, cabe mencionar que debido a su poca profundidad tiende a tener un rápido crecimiento alrededor de 1 pulgada/día. Así como también la raíz principal es corta no llega a superar los 25 cm de profundidad, es pivotante y tiene ramificaciones (Carasco y Sandoval, 2018).

La lechuga posee un tallo cilíndrico, aplastado y constreñido, lo cual es el lugar de donde emergen las hojas y es el que se corta al momento de cosechar el cultivo. Es importante mencionar que las hojas se disponen de forma espiral como una roseta o cogollo, son anchas, orbiculares y sinuosas. Tiene hojas internas que son de color más amarillento donde se envuelve una sobre otra con textura suave o crujiente (Carasco y Sandoval, 2018).

Las hojas tienen borde liso, ondulado, rizado o con depleciones, el tamaño es otra característica que se debe tener en cuenta al momento de la cosecha, ya que dependiendo la variedad tienden a tener mayor tamaño, como por ejemplo la Romana tiene mayor tamaño que la Iceberg y Mantecosa, a su vez pudiendo ser estas más grandes en comparación a las de hoja de Roble, tipo Lollo, cabe mencionar que el tipo cogollo es la más pequeña (Carasco y Sandoval, 2018).

La semilla es conocida como el fruto de la lechuga o aquenio, el cual no abre de forma natural con vilano en la base que luego se desprende, es importante tener en

cuenta que esta no sobrepasa los 3 mm y es de color blanco o negro (Carasco y Sandoval, 2018).

#### 2.2.1.4. Requerimientos edafoclimáticos

##### 2.2.1.4.1. Temperatura

Una adecuada temperatura de germinación para la lechuga oscila entre 18-20 °C, mientras que para la etapa de desarrollo se requieren temperaturas entre 14-18 °C en el día y de 5-8 °C en la noche; durante la etapa de acogollado necesita temperaturas entre 12 °C en el día y de 3 a 5 °C en la noche, es decir que para cada una de las etapas del ciclo vegetativo requiere diferente rango de temperatura. Es importante mencionar que la lechuga soporta más las temperaturas elevadas que las bajas (Infoagro, 2021).

##### 2.2.1.4.2. Humedad relativa

La lechuga es un cultivo sensible a la escasez de humedad debido al reducido sistema radicular en comparación a su área foliar, por lo que adecuado porcentaje de humedad de este cultivo está entre 60-80% (Infoagro, 2021).

##### 2.2.1.4.3. Suelo

Los suelos ideales para la lechuga son considerados los ligeros, arenoso-limosos, con adecuado drenaje y pH óptimo entre 6.7 y 7.4. Una recomendación que se debe tener en cuenta es que si los suelos tienen un elevado grado de alcalinidad es necesario encalarlos (Infoagro, 2021).

##### 2.2.1.4.4. Luminosidad

La lechuga exige alto nivel de luz y su carencia puede traer consecuencias como la debilidad o delgadez de sus hojas. Este factor es de vital importancia tener en cuenta al momento de realizar la siembra de las plántulas, con el fin de tener una buena densidad de la población evitando que entre ellas se hagan sombra y al final conseguir un producto de buena calidad, ya que de acuerdo con investigaciones se considera que la textura, color y sabor dependen de una alta luminosidad solar (Male, 2021).

##### 2.2.1.4.5. Precipitaciones

Las precipitaciones son requeridas para la lechuga entre los 1200 -1500 mm anuales; en su etapa vegetativa oscilan entre 250-350 mm, tomando en cuenta que el exceso

de humedad puede crear un ambiente adecuado para el desarrollo de enfermedades bacterianas y fúngicas (Male, 2021).

#### 2.2.1.5. Manejo del cultivo

Se realizan actividades y uso de herramientas que permiten llevar a cabo el desarrollo del cultivo, por lo que es importante antes de empezar a describir las actividades que se realizan, tener en cuenta algunos factores como se detallan a continuación:

- Tasa de siembra: 800-1000 g (28 a 35 oz) de semillas/Ha.
- Número de plantas/Ha: 50000-60000 plantas.
- Las filas tienen una separación entre 11 a 23 pulgadas (27 a 60 cm) y las plantas tienen una distancia de 7 a 12 pulgadas (18 a 30 cm).
- Profundidad de semilla en la tierra: 6 mm.

#### 2.2.2.5.1. Semillero

La propagación del cultivo de lechuga mayormente se realiza con plantas en cepellones obtenidos en semilleros. Para esta actividad se recomienda utilizar bandejas de poliestireno con un alrededor de 240 alvéolos para la siembra a una profundidad de 5 mm en cada alvéolo. A los 30-40 días de la siembra, cuando la lechuga tiene 5-6 hojas verdaderas y alcanza una altura de 8 cm desde el cuello del tallo hasta el final de la hoja, se puede sembrar.

#### 2.2.2.5.2. Preparación del terreno

Se comienza labrando el terreno con el uso de maquinaria, después se procede al asurcado donde se colocará las plántulas.

#### 2.2.2.5.3. Plantación

Lo correcto es realizarlo en caballones de una altura de 25 cm con el fin de evitar que la planta entre en contacto con la humedad y cree un ambiente adecuado para la propagación de hongos. De modo que la parte superior del caballón tenga en mismo nivel que el suelo para prevenir la podredumbre del cuello de la planta y el resecaimiento de sus raíces.

#### 2.2.2.5.4. Riego

Generalmente el más común es el riego por goteo cuando se cultiva en invernadero, pero también se puede hacer uso de riego por aspersión o por gravedad cuando se presenta la ocasión. Es recomendable hacer riegos con frecuencia, pero con poca

agua de modo que el suelo parezca seco, así mismo es recomendable el riego por aspersión durante los días post trasplante con el fin de conseguir una breve adaptación de las plantas al nuevo suelo (Infoagro, 2021).

#### 2.2.2.5.5. Abonado

En el periodo de formación del cogollo entre el 60 al 65 % de los nutrientes son absorbidos por la planta, en caso de realizar aportaciones de estiércol deben realizarse en una proporción de 3 kg de materia/ m<sup>2</sup>. Algo importante de tener en cuenta es que la lechuga es exigente en K especialmente cuando se presentan bajas temperaturas dando paso a una rápida absorción de mg, lo cual es ideal tener un equilibrio entre los dos elementos, además Se debe hacer aplicaciones de molibdeno a nivel foliar en las primeras fases de desarrollo, ya que es otro elemento muy exigido por la lechuga (Infoagro, 2021).

#### 2.2.2.5.6. Fertiirrigación

Empezar con un abonado a fonde de 8-15-15 a 25 g/ m<sup>2</sup>, después de la plantación regar a diario durante 4 a 5 días con el fin de facilitar el enraizamiento, en el transcurso del primer mes se debe regar 3 veces/semana aportando nutrientes esenciales como: Nitrógeno: 0.30 g/ m<sup>2</sup>; anhídrido fosfórico: 0.10 g/ m<sup>2</sup> y óxido de potasio: 0.20 g/ m<sup>2</sup>. En el siguiente mes ya se debe regar 3 veces/semana y se aplica en cada riego: nitrógeno: 0.50 g/ m<sup>2</sup>; anhídrido fosfórico: 0.10 g/ m<sup>2</sup> y óxido de potasio: 0.10 g/ m<sup>2</sup> (Infoagro, 2021).

#### 2.2.2.5.7. Malas hierbas

Se debe realizar un estricto control de malas hierbas en todo el desarrollo de la planta, ya que la lechuga no soporta la competencia de estas y lo cual le da una mala presentación al robarle sus nutrientes. Por esta razón es importante aplicar la dosis recomendada del herbicida apropiado de acuerdo con el desarrollo fisiológico de la planta.

#### 2.2.2.5.8. Recolección

La lechuga se presenta con una cabeza grande que va desde hojas inmaduras hasta hojas maduras para un buen sabor. Se cosecha de forma manual y se lleva a otro lugar donde se confeccionan para posteriormente ser almacenadas.

#### 2.2.2.5.9. Almacenaje

A temperatura de 0 °C y una humedad del 95% se garantiza el almacenamiento sin daños en hojas, sin embargo, hay excepciones donde la lechuga puede llegar a dañarse debido a la mala eliminación de hojas, temperatura extremadamente baja o rápido enfriamiento, lo que es importante tomar muy en cuenta estos factores para el almacenamiento de la lechuga.

#### 2.2.1.6. Ciclo de producción

El ciclo de producción de la lechuga está comprendido desde la siembra hasta la recolección o cosecha, donde la duración de este depende en su mayoría de la variedad a cultivar, generalmente suele ser de 50 a 60 días en tempranas variedades y de 70 a 80 días para variedades más tardías. Según Quintero (2020) el ciclo de producción comprende las siguientes etapas:

- a) Semillero: se hace la siembra y después de 3 días empieza la primera emergencia, después a los 6 días se completa la emergencia y alrededor de los 27 días están listas para ser trasplantadas.
- b) Crecimiento: Esta etapa está comprendida desde los 28 días hasta los 76 días post trasplante.
- c) Cosecha: Comprende desde los 77 días donde se hacen los primeros cortes hasta los 86 días donde finaliza la cosecha.
- d) Flor: Se empieza a ver la florescencia en tallos residuales a partir de los 87 hasta los 115 días, donde finalmente se cierra el ciclo de producción de lechuga.

#### 2.2.1.7. Variedad Simpson (lechuga crespada verde)

Posee hojas de color verde claro o amarillento con sabor agradable y en ocasiones florecen prematuramente. Pueden ser cultivadas en sustratos o en sistemas de raíz flotante. Al momento del trasplante y de cosecha se debe tener mucho cuidado, ya que tienen hojas muy frágiles que podrían romperse fácilmente. Esta lechuga crece de forma rápida alcanzando su madurez a los 40 días post trasplante. Tiene buena tolerancia al calor, resiste muy bien al mildew, no necesita de altas temperaturas para germinar, lo que implica que en su desarrollo necesita de adecuada humedad pero que no tenga demasiado sol (Hidroevent, 2022).

#### 2.2.1.8. Plagas y enfermedades

En cualquier cultivar es de vital importancia conocer las plagas y enfermedades que pueden afectar a nuestras plantas, ya que la producción y calidad del producto depende en la mayoría de la presencia de estas.

##### 2.2.1.8.1. Enfermedades

###### 2.2.1.8.1.1. Antracnosis (*Microdochium panattoniana*)

Generalmente se desarrolla en las hojas más viejas, limbo, peciolo y nervio central, presentándose como pequeñas manchas amarillentas con margen rojizo que con el pasar de los días su tamaño va aumentando. Para su control es importante tener en cuenta al momento de la siembra la distancia de siembra entre plantas e hileras evitando generar ambientes húmedos sin ventilación (SYNGENTA, 2022).

###### 2.2.1.8.1.2. Botritis (*Botrytis cinérea*)

Hongo patógeno de varias especies vegetales que se lo conoce como *moho gris*, el cual se presenta como podredumbre principalmente en la base del tallo y hojas en cualquier etapa fisiológica y puede generar daños severos y dificultada de comercialización. Este puede ser controlado con adecuados riegos sin exceso de humedad, brindar una buena ventilación respetando la distancia entre hileras y plantas, eliminar plantas que ya presentan síntomas con esta enfermedad y evitar elevadas fertilizaciones nitrogenadas ya que hace que el cultivo sea más susceptible a la presencia de botrytis (INIA, 2018).

###### 2.2.1.8.1.3. Mildiu (*Bremia lactucae*)

Es una enfermedad causada por un parásito, la cual es conocida como mildiu de la lechuga que se presenta en forma de manchas verdosas amarillentas en las hojas con una especie de polvo blanquecino o harinoso en el envés, pudiendo generar daño en cualquier fase del cultivo, ya que las hojas se secan, mueren y caen prematuramente. Una forma de controlar el mildiu es la aplicación de fungicidas recomendados (Seipasa, 2021).

###### 2.2.1.8.1.4. Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Hongo fitopatógeno, ascomicete y necrotrófico conocido como pudrición blanca, la cual ocasiona pérdidas productivas por la muerte de plantas y comúnmente se da en épocas de invierno. Esta enfermedad puede diseminarse por labores de manejo

, riego y viento, pudiéndose presentar en cualquier etapa del cultivo causando daños que empiezan por la base del cuello al estar más cerca del suelo. Lo más apropiado para el control de esclerotinia es el uso de fungicidas químicos y no está por demás brindar ambientes de ventilación (Intagri, 2019).

#### 2.2.1.8.1.5. Septoriosis (*Septoria lactucae*)

Hongo patógeno que causa daños en las hojas, mayormente se presenta en épocas de invierno requiriendo ambientes húmedos. Genera daños en las hojas más viejas de la planta presentándose como pequeñas manchas irregulares que con el pasar del tiempo pueden llegar a ser necróticas. Algunas formas de prevenir esta enfermedad es la eliminación de malas hierbas evitando ambientes de humedad y como para tratamiento se puede hacer uso de productos químicos fúngicos (NEVAL, 2018).

#### 2.2.1.8.1.6 Oídio. (*Erysiphe cichoracearum*)

Enfermedad que se caracteriza por manchas pulverulentas compuestas por micelio de color blanco que puede llegar a cubrir ambas caras de las hojas, bajando la calidad del producto y de paso dificultad de comercialización. Se presenta en ambientes con alta humedad, por lo que el control está en una buena ventilación y la eliminación de restos de lechuga y malezas afectadas, así como también la aplicación de insumos fúngicos (INIA, 2016).

#### 2.2.1.8.1.7. Virus del mosaico de la lechuga

Se transmite por medio de vectores como nemátodos o insectos, el cual causa clareo de las nerviaciones en las hojas, deformación del limbo y puntos necróticos en hojas tiernas, mientras que en hojas maduras se presenta como manchas amarillentas y también puntos necróticos. Como medidas de prevención al no tener control se puede hacer actividades como limpieza de malas hierbas para evitar la presencia de plagas que propaguen el virus, desinfección de herramientas de manejo y sacrificio de plantas enfermas (NEVAL, 2018).

#### 2.2.1.8.1.8. Virus del bronceado del tomate (TSWW)

También es conocido como virus de la mancha necrótica del impatiens (INSV), el cual produce anillos oscuros en las hojas externas y folíolo central, ocasionando la muerte de la planta. No existe control alguno, pero si se puede hacer control de los insectos

vectores de este virus como trips, eliminando malas hierbas donde pueden permanecer y uso de insecticidas químicos (INIA, 2016).

#### 2.2.1.8.2. Plagas

##### 2.2.1.8.2.1. Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Es un insecto que causa daños al picar los tejidos del cultivo para su alimentación, pero lo más delicado es la transmisión del virus del bronceado del tomate que puede llegar a contagiar al nuevo cultivo. Una forma de eliminar este insecto de la producción es el uso de jabón potásico, ya que reblandece el exoesqueleto debilitándolos y finalmente muriendo, algo importante es que este producto es natural y no causa daños a la salud (BIOSUR, 2020).

##### 2.2.1.8.2.2. Minadores (*Liriomyza trifolii*, *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza strigata* y *Liriomyza bryoniae*)

Los huevos son colocados por las hembras adultas dentro de los tejidos de las hojas, donde las larvas empiezan a desarrollarse para convertirse en pupas que cae al suelo y empezar los daños con las hojas más bajas de la planta. Las galerías de las larvas es la etapa más delicada del cultivo, ya que estas son de gran dimensión y el producto pierde su valor comercial. Como medida de prevención esta la eliminación total de restos vegetales del cultivo después de la cosecha con el fin de evitar la inoculación para futuros cultivos (SYNGENTA, 2022).

##### 2.2.1.8.2.3 Mosca blanca. (*Trialeurodes vaporariorum*)

Muchas especies vegetales son afectadas por esta plaga, ya que succiona la savia del envés de la hoja tornándola amarillenta y reduciendo el tamaño esperado del cultivo. Es importante mencionar que la mosca se disemina por medio del viento y puede ser transmisora de varios virus, por lo que algunas medidas preventivas para esta plaga es el uso de trampas amarillas en las plantaciones y eliminar residuales de la cosecha que pueden ser medios de resguardo para plagas (BAYER, 2016).

##### 2.2.1.8.2.4. Pulgones (*Myzus persicae*, *Macrosiphum solani* y *Narsonovia ribisnigri*)

Es una plaga que causa infecciones y contaminación del cultivo transmitiendo virus que afectan principalmente las hojas basales, medias y apicales. Como medidas de control se pueden hacer la eliminación de malas hierbas, uso de trampas amarillas, aplicación de insecticidas químicos y uso de insectos depredadores benéficos (INIA, 2018).

## 2.2.2. Sustratos

Agroactivo (2023) menciona que los sustratos ser clasificados en dos grupos, esto dependiendo de qué modo influye sobre la nutrición de la planta, por ejemplo:

- a) Sustratos\_inertes: aquellos que tienen como principal objetivo el soporte de la planta, sin embargo, no generan ninguna acción sobre la nutrición de la planta.
- b) Sustratos activos: sustratos que aparte de brindar soporte a la planta, también pueden ofrecer algún tipo de nutriente para su desarrollo.

Los sustratos adicionalmente pueden clasificarse de acuerdo con sus materiales de composición, por ejemplo:

- a) Sustratos con materiales orgánicos: aquellos que provienen de origen natural y se caracterizan por su descomposición natural como las turbas, las de síntesis orgánico no biodegradable como la espuma de poliuretano, los subproductos de actividades agrícolas como la fibra de coco o cascarilla de arroz.
- b) Sustratos con materiales inorgánicos: aquellos que pueden ser de origen natural provenientes de rocas minerales como arenas o gravas, que con transformaciones o tratamientos se modificaron las características de los materiales, por ejemplo, vermiculita, perlita o residuos de subproductos industriales como las escorias.

### 2.2.2.1. Propiedades físicas y químicas de sustratos

Infoagro(2022) menciona algunas propiedades física y químicas que pueden tener los sustratos como se muestra a continuación:

#### 2.2.2.1.1. Propiedades físicas

Porosidad: corresponde al volumen total del medio que ocupan las partículas sólidas en una determinada proporción, lo ideal es que no sea inferior de 80-85%.

Densidad: es el material sólido que componen al sustrato, es decir densidad real que su valor oscila entre 2.5-3. Así mismo existe el espacio total ocupado por los materiales solidos incluido el espacio poroso que se denomina densidad aparente, la cual indica indirectamente la porosidad del sustrato y la facilidad de transporte y manejo, su valor oscila entre 0.7-01.

Estructura: Puede ser granular o fibrilar, donde la granular no tiene forma estable uniéndose con mayor facilidad a la forma que se le asigne, mientras que la fibrilar dependerá de determinadas características de la fibra.

Granulometría: condiciona el comportamiento de los sustratos, ya que varía tanto su densidad aparente como su comportamiento hídrico debido a la porosidad externa, la cual puede aumentar el tamaño de los poros dependiendo cuan sea más grande la granulometría.

#### 2.2.2.1.2. Propiedades químicas

Dentro de las propiedades químicas el valor variará dependiendo de los sustratos, pero lo que se debe tener en cuenta es el valor del pH, la conductividad eléctrica y la relación de carbono y nitrógeno, todo para ver la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimentan a las plantas por medio de las raíces.

#### 2.2.2.2 Cascarilla de arroz

Es un subproducto del procesamiento de la molienda del grano maduro del arroz, lo que conlleva a un insumo de uso agrícola obtenido de la separación del grano de arroz y su cáscara, el cual tiene la capacidad de retener humedad, poseer nutrientes como P, K, Ca, N y Mg que al combinarse con abonos y tierra retrasa el endeudamiento y compactación del suelo. Es un material que está compuesto por celulosa, sílice, ceniza, extractos libres de nitrógeno y humedad. Al ser inerte y porosa se la utiliza para la elaboración de compost y lombricompost, incluso como sustrato en la hidroponía (AgroNegociosPerú, 2020).

##### 2.2.2.2.1. Ventajas de la cascarilla de arroz

De acuerdo con HuertAgrícola (2017) estas son algunas ventajas y desventajas que presenta la cascarilla de arroz como sustrato:

- Aumenta la actividad macro y microbiológica del suelo
- Promueve crecimiento uniforme de los cultivos
- Es rico en sílice y fuentes de humus
- Ayuda a mejorar la acidez del suelo
- Tiene buen drenaje y mantiene los cultivos con humedad, pero no saturadamente.
- Permite un mejor desarrollo radicular
- Tiene reducida capacidad de descomponerse fácilmente

#### 2.2.2.2. Desventajas de la cascarilla de arroz

Al ser un sustrato que sirve de soporte a la planta no posee gran cantidad de propiedades nutritivas que brinden mayor beneficio a los cultivos.

#### 2.2.2.3. Perlita

Es considerado un sustrato inerte el cual no aporta ningún nutriente y procede de rocas volcánicas que se han sometido a tratamientos de alta temperatura hasta conseguir las propiedades que ofrece el producto final, su procedente es el silicato, un material de corteza terrestre, pero con distintas concentraciones en comparación a la vermiculita. Debido a la exposición a alta temperatura tiene reducido peso, siendo fácil de manipular y transportar (Anónimo, 2023).

De acuerdo Hydroenvironment (2023) la perlita tiene las siguientes propiedades:

- Tiene una porosidad entre el 34-65%
- Capacidad de retención de líquidos del 63%
- El tamaño de los granos varía de 1.5-2.3 mm
- pH de 6.5-7.5
- Tiene una durabilidad de 3-5 años
- Es estéril e inerte de origen mineral.

##### 2.2.2.3.1. Ventajas de la perlita

Entre las ventajas que ofrece el uso de la perlita son:

- Fácil de mezclar con otros elementos como fibra de coco, materia orgánica o compost permitiendo modificar las propiedades finales del sustrato.
- Favorece el drenaje del agua sobrante.
- Tiene la capacidad de repeler el calor al ser de color blanca reduciendo la temperatura del suelo.
- Tiene mayor oxigenación debido a los espacios porosos que se crean.
- Disminuye la compactación del suelo.
- Tiene reducido peso facilitando su transporte.

##### 2.2.2.3.2. Desventajas de la perlita

Dependiendo del cultivo el cual estará en este sustrato tiene desventajas como:

- Al ser un sustrato inerte, los nutrientes necesarios para la planta deben ser aportados por medio de la fertirrigación.
- Se debe aumentar la frecuencia de riego debido a que tiene buen drenaje del agua sobrante.
- En ambientes fríos las raíces de las plantas tienen a tener reducido desarrollo debido a que la perlita no almacena alta temperatura.

#### 2.2.2.4. Arena

Puede ser utilizado como sustrato para muchas plantas debido a una capacidad media de retención de líquidos, este sustrato consiste en pequeñas piedras de tamaños entre 0.5 -2 mm. Este tipo de sustrato suele también ser mezclado con turba para obtener mejor tipo de sustratos para macetas (Vadecultivo, 2022).

De acuerdo con Ruiz (2020) la arena tiene algunas ventajas y desventajas como se muestra a continuación:

- Es de fácil utilidad
- Buena granulometría
- Buen drenaje al homogenizarse con otros sustratos
- Posee retención de agua media

Cabe mencionar que el único inconveniente de este tipo de sustrato es que con el pasar del tiempo se puede compactar y la capacidad de aireación se disminuye lentamente.

#### 2.2.3. Hidroponía

Se define como un sistema de cultivo donde se puede llegar a desarrollar plantas en ambientes acuosos sin el uso del suelo como fuente de nutrientes. El agua juega un papel importante en este sistema, ya que debe contener los nutrientes que las plantas requieren para su desarrollo fisiológico. Con este sistema se puede hacer uso de espacios como suelos infértiles, invernaderos, terrazas de casas, etc., permitiendo cultivar especialmente plantas herbáceas (DefiniciónABC, 2022).

Con el trascurso del tiempo se han venido desarrollando e implementando técnicas que ayuden a mejorar este sistema, una de ellas es la utilización de sustratos como medio de sostén de la planta, sin perder en el enfoque de los requerimientos nutricionales de la planta como humedad, temperatura, agua y nutriente. Al

incorporar sustratos en el sistema hidropónico se puede describir distinciones entre estos, como lo menciona (Ramírez K. , 2019):

Cultivos sembrados sin sustrato: donde el cultivo es sembrado sin sustrato y los nutrientes están dispuestos para la planta por medio de la disolución en el agua teniendo contacto directo con las raíces. Por medio de este sistema se hay que proveer soportes a la planta ya sean cables de metal o enganches.

Cultivos sembrados en sustrato: las raíces se desarrollan un sustrato sólido inerte que retienen una adecuada humedad logrando una buena aireación. Algunos ejemplos de sustratos utilizados para este sistema son turba, gravilla, musgo, cascarilla de arroz, arcilla, arena, perlita, fibra de coco, entre otros. Es importa tener en cuenta en estos sistemas que los nutrientes brindados a la planta cubran con las necesidades que requieren, ya que de esto depende el desarrollo fenológico del cultivo.

#### 2.2.3.1. Ventajas de en la hidroponía

Algunas ventajas de implantar un sistema hidropónico son:

- Cultivos libres de bacterias, hongos, parásitos y contaminantes.
- Producción independientemente de la estación.
- No influye en el desarrollo de la planta con variaciones de las condiciones climáticas
- Al inicio puede ser costoso, pero después se garantiza una producción a largo plazo.
- Ocupación de menos espacio y mayor número de plantas.
- Permite la reutilización del agua
- No se hace gastos en el uso de maquinaria (tractor, rastra, etc.) pesada para labores agrícolas.
- Reducción del uso de insecticidas y fertilizantes.
- Desarrollo de cultivos a menor tiempo.
- Mayor facilidad para realizar labores de manejo.
- Permite obtener productos de mejor calidad.

#### 2.2.4. Biol

Calderón (2018) menciona que el biol es un abono orgánico resultado de la descomposición anaeróbica de desechos vegetales o animales que se descomponen en un biodigestor. Al ser orgánico mejora la nutrición de las plantas

haciéndolas menos susceptibles a la presencia de plagas y enfermedades, así como también a obtener productos de mejor calidad. Además, sirve para:

- Ayudar a la floración y el fruto
- Incrementar el follaje
- Favorecer el enraizamiento de las plantas
- Acelerar y aumentar el crecimiento de pequeños brotes
- Uniformizar la germinación de semillas

El biol también se lo define como un producto rico en humus y reducida carga de patógenos, teniendo buena interacción biológica, desarrollo de fermentos nitrosos y nítricos, levaduras, hongos y microflora que serán buenos complementos para suelos pobres en nutrientes. El biol posee alta cantidad de materia orgánica, alrededor del 40.48% en biol bovino y 22.87% en porcino, lo que influye en la fertilidad del suelo (SistemaBiobolsa, 2020).

#### **2.2.5. Nutrifoliar completo**

Es un fertilizante complejo NPK de aplicación foliar que ofrece un adecuado balance nutricional para las plantas y sus contenidos de elementos mayores, secundarios y micronutrientes en concentración adecuada estimulan el completo crecimiento y desarrollo de las plantas, además su contenido de ácido naftalenacético, regulador fisiológico que actúa en el desarrollo de los tejidos fortaleciendo el pedúnculo y los botones y frutos, evitando su caída prematura y contribuye al rendimiento y calidad final de las cosechas (Agroactivocol, 2021).

Es un complemento nutritivo en estado líquido, formulado para la aplicación foliar durante todo el ciclo de desarrollo de las plantas, es una fórmula balanceada de nutrientes complementada con quelatos orgánicos naturales de fácil absorción por la planta, cuyo propósito es prevenir y corregir deficiencias específicas en la absorción de nutrientes, por lo que la aplicación de Nutrifoliar completo dentro de las fertilizaciones de los cultivos favorece y estimula el desarrollo de las plantas aumentando su resistencia y tolerancia al ataque de plagas y enfermedades (Agroactivocol, 2021).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO**

##### **3.1.1. Enfoque**

El enfoque de la investigación fue de tipo cuantitativo, porque se realizó la recolección y análisis estadístico de datos resultantes de las variables establecidas para medir la producción de lechuga con el fin de aceptar o rechazar la hipótesis nula.

##### **3.1.2. Tipo de Investigación**

###### **3.1.2.1. Investigación experimental**

La investigación fue de tipo experimental donde se implantó mediante un diseño completo al azar (DCA), donde cada bloque estuvo conformado por la variedad de lechuga a evaluar y se contó con 8 tratamientos con 3 repeticiones, toda la investigación estuvo situada bajo un sistema de condiciones controladas, con el fin de obtener datos claros de las variables a evaluar que permitieron denotar la diferencia entre tratamientos.

#### **3.2. HIPÓTESIS**

Hipótesis nula (H0): La aplicación de biol en diferentes dosis y uso de sustratos en la lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Simpson bajo sistema semi hidropónico no influye en la producción.

Hipótesis alternativa (H1): La aplicación de biol en diferentes dosis y uso de sustratos en la lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Simpson bajo sistema semi hidropónico influye en la producción.

#### **3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

##### **3.3.1. Definición de las variables**

- Variable independiente: Dosis de biol, sustratos y lechuga variedad Simpson.

- Variable dependiente: Producción de lechuga.

La operacionalización de variables se muestra en la Tabla 2 a continuación.

**Tabla 2.** Operacionalización de variables.

<b>Variabes Definición</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>
<p><b>Independiente</b></p> <p>Dosis de biol: El biol es el resultado de la fermentación de estiércol y agua mediante la transformación y descomposición química de restos orgánicos (UniversoPorcino, 2019).</p>	<p>Dosis de biol: fertilizante foliar que estimula crecimiento y desarrollo óptimo de cultivos.</p>	<p>Se aplicó dosis de biol de 150 ml, 300 ml, 450 ml por litro de agua y como testigo un fertilizante foliar químico con frecuencia de 8 días posteriores al trasplante</p>	<p>Foliar</p>	<p>-Mangueras -Bomba de agua -Tanque</p>
<p>Sustratos: Los sustratos tienen como objetivo brindar soporte a las plantas, sin embargo, algunos pueden brindar pequeñas cantidades de nutrientes, muy utilizados para sistemas hidropónicos.</p> <p>Lechuga variedad Simpson: la lechuga cresspa Simpson es una hortaliza que posee hojas crespas de color verde muy requerida en el mercado por su exquisito sabor para la alimentación humana.</p>	<p>Sustratos</p> <p>Arena blanca de la zona: es considerada como un sustrato inerte con una C.I.C casi nula y un pH ligeramente alcalino, fácil de controlar (Infoagro, 2017).</p> <p>Cascarilla de arroz: es un subproducto obtenido de la molienda del arroz el cual tiene buen drenaje y aireación (Molina, 2020).</p> <p>Perlita: sustrato cuya característica principal es ser estéril, inerte, neutro y con excelente capacidad de retención de agua (Hydroenvironment, 2023)</p>	<p>Se colocó la mezcla de los sustratos compuestos de: 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; 70 % arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; Test 1: Perlita; Test 2: Suelo con una profundidad de 15 cm.</p>	<p>Edáfica (aplicación manual)</p>	<p>-Infraestructura semi hidropónica -Guantes -Costales -Balanza</p>

<p><b>Dependiente</b> Producción de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>) variedad Simpson: La producción de lechuga lleva una duración de 65 a 130 días desde la siembra hasta la cosecha dependiendo de la variedad a sembrar, por lo general la lechuga puede ser cosechada entre los 30-70 días posteriores al trasplante (Wikifarmer, 2017).</p>	Porcentaje de prendimiento	Se contabilizó el número de plantas que prendieron 8 días post trasplante de toda la investigación.	Observación, conteo y registro	-Libreta de registros
	Altura de planta	Se tomó 6 plantas /tratamiento y se midió desde la base hasta el punto más alto de la planta cada 8 días post trasplante.	Observación, medición manualmente y registro	-Regla o flexómetro -Libreta de registros
	Rendimiento foliar	Se contabilizó el número de hojas de las 6 plantas/tratamiento cada 8 días post trasplante.	Observación, conteo y registro.	-Libreta de registros
	Longitud de raíz a la cosecha	Se midió el largo de la raíz de las 6 plantas/tratamiento.	Observación, medición manualmente y registro.	-Flexómetro -Libreta de registro
	Volumen de raíz a la cosecha	Se midió el volumen de la raíz de las 6 plantas/tratamiento.	Observación, medición manualmente y registro.	-Vaso de cristal -Regla -Libreta de registros
	Días a la cosecha	Se contabilizaron los días desde el trasplante hasta el tiempo de cosecha de la lechuga	Conteo y registro.	-Libreta de registros
	Peso final del cultivo	Se pesaron todas las plantas de cada uno de los tratamientos al finalizar la cosecha	Pesaje y registro.	-Balanza -Libreta de registros
	Análisis económico	Después de la cosecha se realizó un análisis económico/tratamiento	Cálculo y registro	-Computadora

### 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

#### 3.4.1. Ubicación del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en el Centro Experimental San Francisco ubicado en el cantón Huaca, localizada a 0° 37' 49" N 77° 43' 36" O. Huaca se ubica en los 2923 m s. n. m, tiene una temperatura media anual de 16° C con precipitación media anual de 1721 mm, humedad media de 82%. Posee suelos francos, arcillosos con buen drenaje donde los principales cultivos sembrados son papa, zanahoria, arveja, cebolla, lechuga, rábano, entre otros (TiempoClima, 2023).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del Centro Experimental San Francisco-Cantón Huaca.

**Fuente:** (GoogleEarth, 2023).

#### 3.4.2. Tratamientos del experimento

Los tratamientos que se emplearon en el ensayo fueron 8 que se describen en la Tabla 3:

**Tabla 3.** Tratamientos.

Tratamiento	Descripción
T1	150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona.
T2	150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz.
T3	300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona.
T4	300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz.
T5	450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona.
T6	450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz.
T7	Testigo fertilizante químico (Nutrifoliar) y sustrato de perlita al 100%.
T8	Testigo fertilizante químico (Nutrifoliar) y suelo de la zona al 100%.

### 3.4.2.1. Características de la Unidad Experimental

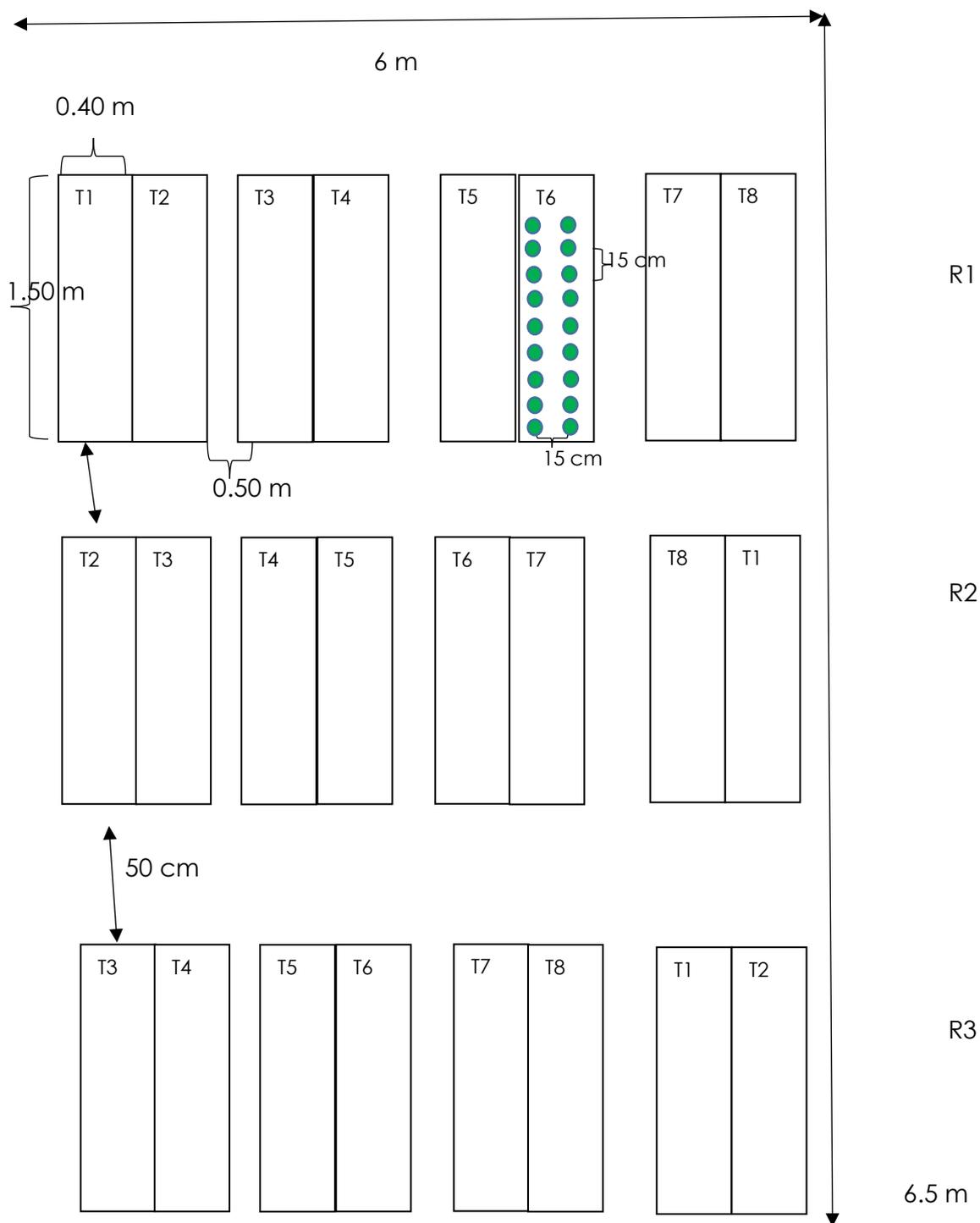
La investigación contó con las características experimentales que se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Características del ensayo.

<b>Diseño Completo al Azar</b>	<b>Dimensiones</b>
Tratamientos	8
Repeticiones	3
Unidades experimentales	24
Área total	40 m <sup>2</sup> (6.5 m x 6 m)
Área unidad experimental	0.60 m <sup>2</sup> (1.50 m x 0.40 m)
Distancia entre plantas	15 cm
Distancia en hileras	15 cm
Hileras por unidad experimental	2 con 9 plantas cada hilera
Plantas por unidad experimental	18
Plantas unidad neta	6
Plantas totalidad del ensayo	432

### 3.4.2.2. Distribución y características del experimento

Se utilizará un diseño completamente al Azar (DCA), estará conformado por 8 tratamientos y 3 repeticiones, dando un total de 24 unidades experimentales como se muestra en la Figura 2:

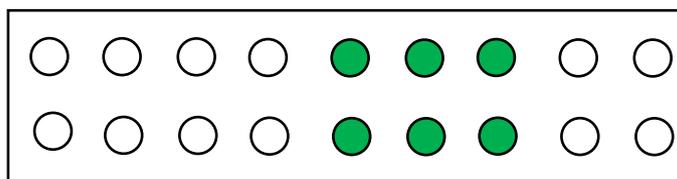


**Figura 2.** Distribución de los tratamientos.

### 3.4.3. Población y muestra de la investigación

El diseño que se implantó tuvo una totalidad de 432 plantas de lechuga, de las cuales se eligió 6 plantas de muestra por unidad experimental para evaluar las variables

consideradas como se observa en la Figura 3, dando un total de 144 plantas a evaluar.



**Figura 3.** Distribución de la parcela neta.

#### **3.4.4. Procedimiento**

Para la implantación del TIC se lo realizó bajo condiciones controladas, específicamente en el invernadero del centro experimental san francisco ubicado alado del ordeño por facilidad de acceso y cercanía al lugar de residencia. Aquí se realizó varias actividades que permitieron la implantación de la investigación como se detalla a continuación:

##### 3.4.4.1. Construcción de camas

Las camas sirvieron para la colocación de los sustratos estando suspendidas del suelo a 80 cm de altura y con dimensiones de 1.50 m de largo por 0.40 m de ancho como se muestra en la Figura 2.

##### 3.4.4.2. Biol

Se utilizó el biol del Centro Experimental San Francisco, específicamente el que se produce del establo a partir de los residuos (heces de bovinos), cabe mencionar que para hacer uso del biol previamente se realizó un análisis completo para conocer qué tipo de nutrientes tenía. Por otra parte, éste se aplicó en dosis de 150, 300 y 450 ml por litro de agua, utilizando alrededor de 6 litros de biol para todo el ciclo de producción en las tres repeticiones de la investigación, viéndose repartido en 10 ml/planta después del trasplante y en la primera semana, 20 ml/planta en la segunda y tercera semana y 30 ml/planta en la cuarta y quinta semana.

##### 3.4.4.3. Obtención y preparación de sustratos

Algunos de los sustratos que se utilizaron en la investigación (cascarilla de arroz y perlita) fueron adquiridos en los viveros, mientras que el suelo normal y la arena cernida fueron extraídas del Centro Experimental San Francisco. Cabe mencionar que estos se los colocó en las camas en los porcentajes especificados en la tabla de operacionalización de variables (22.70 kg/cama en el caso de los tratamientos con

perlita; 24.10 kg/ cama de los tratamientos con tierra de la zona; 4.9 kg + 7.8 kg /cama de cascarilla de arroz y arena blanca de la zona respectivamente (s1) y 2.1 kg + 18.2 kg / cama de cascarilla y arena blanca de la zona correspondientemente (s2). Cabe mencionar que los sustratos fueron desinfectados con Engeo en dosis de 1 ml/L de agua 8 días antes de la siembra de las plántulas.

#### 3.4.4.4. Plántulas de lechuga

Para la investigación se utilizó plántulas de lechuga de 21 días, las cuales fueron compradas en el número y la variedad ya especificados. Así mismo fueron trasplantadas a las camas a una distancia entre planta e hilera de 0.15 cm para posteriormente hacer la recolección de datos acorde a las variables establecidas.

#### 3.4.4.5. Manejo del cultivo

Siembra: esta actividad se la realizó de forma manual, para lo cual se hizo una desinfección radicular con la ayuda de un atomizador antes de colocarla en el sustrato indicado.

##### 3.4.4.5.1. Sistema de riego

Se utilizó un sistema de riego por goteo con goteros de un caudal 1L/h. En las dos primeras semanas se regó la solución nutritiva durante 5 minutos al día, después de ese tiempo se regó durante 10 minutos al día en los sustratos inertes, mientras que el en suelo normal se hizo el riego con agua pasando un día.

##### 3.4.4.5.2. Fertilización

Para las plantas sembradas en los sustratos inertes se realizó la fertilización con biol en diferentes dosis cada 8 días, mientras que para las plantas sembradas en suelo y sustrato perlita se aplicó un fertilizante químico (Nutrifoliar) cada ocho días.

##### 3.4.4.5.3. Control fitosanitario

Acorde al desarrollo de las plantas se observó y se hizo la aplicación de oxithane para prevenir la pudrición de la base del tallo de las plantas.

##### 3.4.4.5.4. Cosecha

La cosecha se la realizó al momento de que las plantas completaron su ciclo fisiológico, es decir tuvieron una cantidad de hojas superior a 10 al igual que su longitud, tamaño, altura y coloración, esta actividad se la realizó con la ayuda de un

bisturí para cortar la base del tallo y separar la parte comestible para posteriormente pesar las plantas de cada tratamiento.

#### 3.4.4.6. Pesaje y empackado

En este paso colocó las plantas de cada tratamiento ya cosechadas en una gaveta y con la ayuda de una pesadora se obtuvo el resultado del peso por tratamiento, ya realizado este procedimiento se colocó en fundas platicas previamente perforadas 5 lechugas en cada una y se selló para finalmente sacar a la venta.

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de la investigación se hizo el uso del programa estadístico InfoStat para el análisis de varianza ANOVA, prueba de Tukey al 5%, prueba de Shapiro Wilks y prueba de Kruskal Wallis, donde se tuvieron en cuenta las variables, porcentaje de prendimiento, altura de planta, diámetro de tallo, numero de hojas, longitud de raíz, volumen de raíz, días a la cosecha y peso final por cada tratamiento. En la Tabla 5 se muestra el esquema del análisis de varianza ANOVA incluyendo los tratamientos de testigo:

**Tabla 5.** Esquema del análisis de varianza ANOVA

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Tratamientos	T-1	7
Rep/Bloque	R-1 / B-1	2
Error	(T-1) (R-1)	14
Coeficiente de variación (%)		
Media (%), (cm), (kg) ( $cm^3$ )		
Total	Tr -1	23

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

Las variables de la investigación se detallan a continuación:

#### 4.1.1. Variable porcentaje de prendimiento

En la Tabla 6, se muestra el análisis de varianza para la variable porcentaje de prendimiento a los 8 días después del trasplante, donde puede apreciar que para los tratamientos no existen diferencias significativas ( $p>0.05$ ), obteniéndose un coeficiente de variación del 1.67% y una media de 99.53 % para los tratamientos investigados.

**Tabla 6.** Análisis de varianza para la variable porcentaje de prendimiento en tratamientos

F.v	GL	8 ddt
		P-valor
Modelo	9	
Tratamientos	7	0.60 ns
Repet	2	0.64 ns
Error	14	
Total	23	
C.V (%)		1.67
Media (%)		99.53

Leyenda. Fv: fuente de variación; GL: grados de libertad; P valor: grado significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

En la Tabla 7 se presenta el análisis de varianza para la variable porcentaje de prendimiento en sustratos y dosis de biol, donde se observa que para los factores sustratos y dosis a los 8 días después del trasplante no existe diferencia significativa ( $p>0.05$ ), obteniéndose un coeficiente de variación de 1.31 %.

**Tabla 7.** Análisis de varianza para la variable porcentaje de prendimiento en sustratos y dosis de biol

F.v	GL	8 ddt
		P-valor
Modelo	5	
Sustrato	1	0.34 ns
Dosis	2	0.40 ns
Repet	2	0.40 ns
Error	12	
Total	17	
C.V (%)		1.31

Leyenda. Fv: fuente de variación; GL: grados de libertad; P valor: grado significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

Tras la investigación 8 días después del trasplante de la lechuga se determinó que para la variable porcentaje de prendimiento, no existió diferencia de la variable en las plántulas, dando a entender que las dosis de biol aplicadas y el sustratos utilizados por cada tratamiento no tuvieron mayor influencia, determinando que la lechuga crespa variedad Simpson puede llegar a prender ya sea en el suelo normal o sustratos, siempre y cuando disponga de las condiciones adecuadas para su desarrollo concordando con Gago (2018) quien menciona que las condiciones que deben tener los suelos para un buen crecimiento de plántulas es ser profundos, mullidos, esponjosos, fáciles de trabajarlos, con buen drenaje y buena capacidad de retención de nutrientes.

#### 4.1.2. Variable altura de planta

En la Tabla 8, se muestra el análisis de varianza para la variable altura de planta desde los 0 hasta los 40 días después del trasplante, donde se observa que desde los 8 a los 16 ddt existe diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), mientras que desde los 24 hasta los 40 ddt existe diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ) entre los tratamientos evaluados; mostrándose coeficientes de variación de 8.76, 6.10, 6.46, 5.83, 4.73 y 6.13 % respectivamente para los días de muestreo establecidos; obteniéndose medias de 7.79, 9.75, 12.85, 17.52, 21.07 y 29.80 cm para los tratamientos evaluados desde los 0 hasta los 40 ddt correspondientemente.

**Tabla 8.** Análisis de varianza para la variable altura de planta en tratamientos

F.v	GL	0 ddt	8 ddt	16 ddt	24 ddt	32 ddt	40 ddt
		P-valor					
<b>Modelo</b>	9						
<b>Tratamientos</b>	7	0.70 ns	0.05 *	0.02 *	<0.01**	<0.01**	<0.01**
<b>Repet</b>	2	0.71 ns	0.15 ns	0.06 ns	0.04 *	0.06 ns	0.53 ns
<b>Error</b>	14						
<b>Total</b>	23						
<b>C.V (%)</b>		8.76	6.10	6.46	5.83	4.73	6.13
<b>Media (cm)</b>		7.79	9.75	12.85	17.52	21.07	29.80

Leyenda. Fv: fuente de variación; Gl: grados de libertad; P valor: grado significativo; \*\*: altamente significativo; \*: significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

En la Tabla 9, se muestra la prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta a los 8, 16, 24, 32 y 40 días después del trasplante para los tratamientos, donde se muestra que a los 8 ddt el tratamiento con mayor diferencia es T7 con una media de 10.93 cm; a los 16 ddt los tratamientos con mayor diferencia es T7, T1 y T4 mostrando medias de 14.15, 13.62 y 13.60 cm respectivamente; a los 24 ddt todos los tratamientos a excepción del T8 tienen mayor diferencia; a los 32 ddt T4 sigue mostrando mayor diferencia entre tratamientos con una media de 24.43 cm y a los 40 ddt T4 obtiene mayor diferencia mostrando una media de 34.11 cm.

**Tabla 9.** Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta en tratamientos

Tratamientos	8 ddt	16 ddt	24 ddt	32 ddt	40 ddt
	Medias				
<b>T1</b>	9.86 AB	13.62 A	18.54 A	22.77 AB	33.00 AB
<b>T2</b>	9.48 AB	12.84 AB	18.25 A	22.44 AB	33.27 AB
<b>T3</b>	9.40 AB	12.26 AB	17.71 A	21.74 AB	33.43 AB
<b>T4</b>	9.81 AB	13.60 A	19.73 A	24.43 A	34.11 A
<b>T5</b>	9.80 AB	12.75 AB	17.24 A	20.00 B	28.82 B
<b>T6</b>	9.80 AB	12.50 AB	17.47 A	20.66 B	28.50 B
<b>T7</b>	10.93 A	14.15 A	19.11 A	22.37 AB	30.23 B
<b>T8</b>	8.95 B	11.13 B	12.11 B	14.22 C	17.09 C

Leyenda. T1: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T2: 150 ml de bio/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T3: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T4: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T5: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T6: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T7: Fertilizante químico y sustrato de perlita; T8: Fertilizante químico y suelo de la zona al 100%; ddt: días después del trasplante; ABC: letras que diferencian a los rangos de los tratamientos que muestran la diferencia entre ellos.

En la Tabla 10 se presenta el análisis de varianza para la variable altura de planta en sustratos y dosis de biol, donde se observa que para el factor sustratos existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) a los 40 días después del trasplante; en cuanto al factor dosis solamente a los 32 ddt existe diferencia significativa, mostrándose coeficientes de variación de: 7.68, 5.97, 6.20, 6.53, 6.41 y 7.93 % respectivamente.

**Tabla 10.** Análisis de varianza para la variable altura de planta en sustratos y dosis

F.v	GL	0 ddt	8 ddt	16 ddt	24 ddt	32 ddt	40 ddt
		P-valor					
<b>Modelo</b>	5						
<b>Sustratos</b>	1	0.25 ns	0.43 ns	0.91 ns	0.97 ns	0.37 ns	0.04 *
<b>Dosis</b>	2	0.59 ns	0.76 ns	0.06 ns	0.08 ns	0.02 *	0.17 ns
<b>Repet</b>	2	0.50 ns	0.27 ns	0.37 ns	0.14 ns	0.32 ns	0.83 ns
<b>Error</b>	12						
<b>Total</b>	17						
<b>C.V (%)</b>		7.68	5.97	6.20	6.53	6.41	7.93

Leyenda Fv: fuente de variación; Gl: grados de libertad; P valor: grado significativo; \*: significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

En la Tabla 11 se muestra la prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta para los factores sustratos y dosis, donde se puede observar que a los 32 días después del trasplante la dosis de biol D1 muestra un mejor valor con una media de 23.60 cm; mientras que a los 40 días después del trasplante el sustrato que muestra una mayor diferencia es S1 con una media de 33.24 cm.

**Tabla 11.** Prueba de Tukey al 5% para la variable altura de planta en sustratos y dosis

Dosis	32 ddt	Sustratos	40 ddt
	Medias (cm)		Medias (cm)
D1	23.60 A	S1	33.24 A
D2	21.22 B	S2	20.47 B
D3	21.20 B		

Leyenda. S1: 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; S2: 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; D1: 150 ml de biol/L de agua; D2: 300 ml de biol/L de agua; D3: 450 ml de biol/L de agua; ddt: días después del trasplante; AB: letras que diferencian a los rangos de los tratamientos que muestran la diferencia entre ellos.

En cuanto a las variable altura de planta los tratamientos que mostraron mejores resultados sin mayor diferencia fueron T4 (300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz), T1 (150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona), T2 (150 ml de bio/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz) y T3 (300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona) al mantenerse constantemente en los días evaluados con medidas similares, mostrando medias de 34.11, 33.00, 33.27 y 33.43 cm respectivamente, determinando que los sustratos utilizados y las dosis aplicadas sobre las plantas influyen en su desarrollo posiblemente debido al aporte de un alto contenido de nutrientes del biol como se muestra en el Anexo 3, los cuales interactúan entre sí positivamente, estimulando el crecimiento y actividades fisiológicas de la planta haciéndola más resistente ante la presencia de plagas y enfermedades, concordando con Incio (2019) quien menciona que en su investigación realizada se

obtuvieron mejores resultados con el uso de 150 ml de biol /L de agua, debido a la eficiente nutrición aplicada a la planta por medio del biol, permitiendo un mayor desarrollo de las plantas de lechuga en las variedades especificadas.

#### 4.1.3. Variable número de hojas

En la Tabla 12, se muestra el análisis de varianza para la variable número de hojas desde los 0 hasta los 40 días después del trasplante, donde se observa que existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) a los 16 y 32 ddt y diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ ) a los 40 ddt en los tratamientos; obteniéndose coeficientes de variación de: 11.45, 9.46, 7.37, 9.31, 7.70 y 6.57% respectivamente para los días establecidos y medias de: 3.75, 4.54, 5.54, 6.83, 8.08 y 10.16 hojas para los tratamientos investigados.

**Tabla 12.** Análisis de varianza para la variable número de hojas en tratamientos

F.v	GL	0 ddt	8 ddt	16 ddt	24 ddt	32 ddt	40 ddt
		P-valor					
<b>Modelo</b>	9						
<b>Tratamientos</b>	7	0.53 ns	0.07 ns	0.05 *	0.15 ns	0.04 *	<0.01 **
<b>Repet</b>	2	0.16 ns	0.80 ns	0.39 ns	0.67 ns	0.49 ns	0.06 ns
<b>Error</b>	14						
<b>Total</b>	23						
<b>C.V (%)</b>		11.45	9.46	7.37	9.31	7.70	6.57
<b>Media (hojas)</b>		3.75	4.54	5.54	6.83	8.08	10.16

Leyenda. Fv: fuente de variación; Gl: grados de libertad; P valor: grado significativo; \*\*: altamente significativo; \*: significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

En la Tabla 13 se muestra el análisis con la prueba de Tukey al 5% para la variable número de hojas a los 16, 32 y 40 días después del trasplante en los tratamientos, donde se aprecia que a los 16, 32 y 40 ddt el tratamiento con mayor diferencia de agrupación es T2 con medias de 5, 8.67 y 11 hojas respectivamente para los días en investigación.

**Tabla 13.** Prueba de Tukey al 5% para la variable número de hojas en tratamientos

Tratamientos	16 ddt	32 ddt	40 ddt
	Medias (unidades)		
<b>T1</b>	4.67 AB	8.33 AB	10.67 AB
<b>T2</b>	5.00 A	8.67 A	11.00 A
<b>T3</b>	4.57 AB	8.00 AB	10.33 AB
<b>T4</b>	4.67 AB	8.33 AB	10.67 AB
<b>T5</b>	4.37 AB	8.33 AB	10.00 AB
<b>T6</b>	4.33 AB	8.00 AB	10.33 AB
<b>T7</b>	4.33 AB	8.33 AB	10.33 AB
<b>T8</b>	4.00 B	6.67 B	8.00 B

Leyenda. T1: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T2: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T3: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T4: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T5: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T6: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T7: Fertilizante químico y sustrato de perlita; T8: Fertilizante químico y suelo de la zona al 100%; ddt: días después del trasplante; ABC: letras que diferencian a los rangos de los tratamientos que muestran la diferencia entre ellos.

En la Tabla 14 se presenta el análisis de varianza para la variable número de hojas en sustratos y dosis de biol, donde se observa que para los factores sustratos y dosis de biol no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), mostrándose coeficientes de variación de: 10.66, 11.04, 9.80, 8.69, 6.97 y 7.10% respectivamente para los días establecidos en la investigación.

**Tabla 14.** Análisis de varianza para la variable número de hojas en sustratos y dosis de biol

F.v	GL	0 ddt	8 ddt	16 ddt	24 ddt	32 ddt	40 ddt
		P-valor					
<b>Modelo</b>	5						
<b>Sustratos</b>	1	0.10 ns	1.00 ns	1.00 ns	0.45 ns	0.69 ns	0.36 ns
<b>Dosis</b>	2	0.28 ns	0.09 ns	0.50 ns	0.65 ns	0.34 ns	0.75 ns
<b>Repet</b>	2	0.13 ns	0.80 ns	0.50 ns	0.30 ns	0.34 ns	0.11 ns
<b>Error</b>	12						
<b>Total</b>	17						
<b>C.V (%)</b>		10.66	11.04	9.80	8.69	6.97	7.10

Leyenda. Fv: fuente de variación; Gl: grados de libertad; P valor: grado significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

Para la variable número de hojas se ha determinado que T2 (150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz) ha mostrado mayor cantidad de hojas en lechuga con una media de 11 hojas al día de cosecha, estando de acuerdo con Incio (2019) quien en su investigación determinó que la aplicación de biol a determinada dosis aumento del follaje y acelera el crecimiento de los pequeños brotes, sin embargo al ver la interacción de los factores (sustratos y dosis) no tienen influencia sobre la variable, dando a entender que posiblemente el desarrollo del número de hojas de la lechuga se debe a otro factor del manejo del cultivo como es la aplicación de la solución nutritiva, donde se observó que los tratamientos a los cuales estaban en sustratos inertes y se les distribuyó la solución nutritiva diaria (de T1 a T7) obtuvieron una mayor cantidad de hojas con una media de 10 a 11 hojas al día de cosecha, mientras que T8 (fertilizante químico y suelo de la zona al 100%) fertilizado manualmente con fumigación de forma tradicional su desarrollo fue lento y el número de hojas al día de cosecha fue menor con media de 8 hojas.

#### 4.1.4. Variable longitud de raíz

En la Tabla 15, se muestra el análisis de varianza para la variable longitud de raíz a los 40 días después del trasplante, donde se observa que para los tratamientos existe diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ ), obteniéndose un coeficiente de variación del 14 % para los días establecidos en la investigación y una media de los tratamientos de 8.97 cm.

**Tabla 15.** Análisis de varianza para la variable longitud de raíz en tratamientos

F.v	GL	40 ddt
		P-valor
Modelo	9	
Tratamientos	7	<0.01 **
Repet	2	0.10 ns
Error	14	
Total	23	
C.V (%)		14.00
Media (cm)		8.97

Leyenda. Fv: fuente de variación; Gl: grados de libertad; P valor: grado significativo; \*\*: altamente significativo; \*: significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

En la Tabla 16 se muestra la prueba de Tukey al 5% para la variable longitud de raíz a los 40 días después del trasplante para los tratamientos, donde se observa que los tratamientos que muestran mayor diferencia son T1, T8 y T2 obteniendo medias de 11.26, 10.69 y 10.29 cm de longitud de raíz respectivamente.

**Tabla 16.** Prueba de Tukey al 5% para la variable longitud de raíz en tratamientos

Tratamientos	40 ddt
	Medias (cm)
T1	11.26 A
T2	10.29 A
T3	9.18 AB
T4	7.99 AB
T5	8.00 AB
T6	8.67 AB
T7	5.75 B
T8	10.69 A

Leyenda. T1: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T2: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T3: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T4: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T5: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T6: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T7: Fertilizante químico y sustrato de perlita; T8: Fertilizante químico y suelo de la zona al 100%; ddt: días después del trasplante; ABC: letras que diferencian a los rangos de los tratamientos que muestran la diferencia entre ellos.

En la Tabla 17 se muestra el análisis de varianza para la variable longitud de raíz en sustratos y dosis de biol, donde se observa que para el factor sustratos existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) mientras que para el factor dosis no existe diferencia

significativa ( $p > 0.05$ ), obteniéndose un coeficiente de variación del 14.16 % a los 40 días después del trasplante.

**Tabla 17.** Análisis de varianza para la variable longitud de raíz en sustratos y dosis de biol

F.v	GL	40 ddt
		P-valor
Modelo	5	
Sustratos	1	0.01 *
Dosis	2	0.65 ns
Repet	2	0.11 ns
Error	12	
Total	17	
C.V (%)		14.16

Leyenda. Fv: fuente de variación; Gl: grados de libertad; P valor: grado significativo; \*: significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

En la Tabla 18 se puede apreciar un análisis con la prueba de Tukey al 5% para la variable longitud de raíz en sustratos, donde se observa que a los 40 días después del trasplante el sustrato con un mejor valor de agrupación es S1 obteniendo una media de 10.24 cm.

**Tabla 18.** Prueba de Tukey al 5% para la variable longitud de raíz en sustratos

Sustratos	40 ddt
	Medias
S1	10.24 A
S2	8.22 B

Leyenda. S1: 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; S2: 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; ddt: días después del trasplante; AB: letras que diferencian a los rangos de los tratamientos que muestran la diferencia entre ellos.

En la variable longitud de raíz a la cosecha T1 (150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona), T8 (fertilizante químico y suelo de la zona al 100%) y T2 (150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz) fueron los tratamientos que mostraron mayor longitud con medias de 11.26, 10.69 y 10.29 cm correspondientemente, determinando que los sustratos influyen sobre esta variable, dando a entender que la lechuga en sustratos compuestos por cascarilla de arroz + arena blanca y en el suelo normal puede llegar a tener similar longitud de raíz debido a las características de buena aireación, drenaje, profundidad y retención de nutrientes que poseen concordando con Gago (2018), quien menciona que el desarrollo del largo de raíz de lechuga llega

a ser óptimo siempre y cuando el suelo en donde se desarrolle tenga buena aireación, sean profundos, tengan buen drenaje y buena capacidad de retención de nutrientes para que la raíz pueda desarrollarse y se vea reflejado en el tamaño y calidad del cultivo.

#### 4.1.5. Variable volumen de raíz

En la Tabla 19, se muestra el análisis de varianza para la variable volumen de raíz a los 40 días después del trasplante, en donde se puede apreciar que existe diferencia altamente significativa ( $p < 0.01$ ) para los tratamientos, obteniéndose un coeficiente de variación del 13.03 % a los 40 ddt y una media correspondiente de 1.41 cm para los tratamientos evaluados.

**Tabla 19.** Análisis de varianza para la variable volumen de raíz en tratamientos

F.v	GL	40 ddt
		P-valor
Modelo	9	
Tratamientos	7	<0.01 **
Repet	2	0.45 ns
Error	14	
Total	23	
C.V (%)		13.03
Media (cm <sup>3</sup> )		1.41

Leyenda. Fv: fuente de variación; Gl: grados de libertad; P valor: grado significativo; \*\*: altamente significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

En la Tabla 20 se muestra la prueba de Tukey al 5% para la variable volumen de raíz a los 40 días después del trasplante para los tratamientos, donde se observa que los tratamientos que tienen una mayor diferencia son T1 y T3 viéndose reflejado en sus medias de 1.79 y 1.72 cm<sup>3</sup> respectivamente.

**Tabla 20.** Prueba de Tukey al 5% para la variable volumen de raíz en tratamientos

Tratamientos	40 ddt
	Medias (cm <sup>3</sup> )
T1	1.79 A
T2	1.64 AB
T3	1.72 A
T4	1.24 AB
T5	1.62 AB
T6	1.65 AB
T7	1.33 AB
T8	0.33 B

Leyenda. T1: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T2: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T3: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T4: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T5: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T6: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T7: Fertilizante químico y

sustrato de perlita; T8: Fertilizante químico y suelo de la zona al 100%; ddt: días después del trasplante; ABC: letras que diferencian a los rangos de los tratamientos que muestran la diferencia entre ellos.

En la Tabla 21 se presenta el análisis de varianza para la variable volumen de raíz en sustratos y dosis de biol, donde se muestra que no existen diferencias significativas ( $p>0.05$ ) para los factores sustratos y dosis a los 40 días después del trasplante, obteniendo un coeficiente de variación del 13%.

**Tabla 21.** Análisis de varianza para la variable volumen de raíz en sustratos y dosis de biol

F.v	GL	40 ddt
		P-valor
<b>Modelo</b>	5	
<b>Sustratos</b>	1	0.20 ns
<b>Dosis</b>	2	0.68 ns
<b>Repet</b>	2	0.30 ns
<b>Error</b>	12	
<b>Total</b>	17	
<b>C.V (%)</b>		13.00

Leyenda. Fv: fuente de variación; GL: grados de libertad; P valor: grado significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

T1 (150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona) y T3 (300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona) obtuvieron una mayor volumen de raíz con medias de 1.79 y 1.72 cm<sup>3</sup>, determinando que el sustrato compuesto con mayor porcentaje de cascarilla de arroz que arena blanca la raíz puede llegar a desarrollarse más, debido a las características de fácil drenaje del sustrato, ya que como lo menciona Molina (2020) la cascarilla muestra buenas características como sustrato debido a que facilita la aireación, realiza una buena absorción de humedad y hace que los nutrientes se filtren fácilmente, lo que ayuda a que las raíces tengan mayor facilidad de movilidad y se desarrollen, sin embargo el tratamiento que mostró un menor volumen de raíz fue T8 (fertilizante químico y suelo de la zona al 100%) con media de 0.33 cm<sup>3</sup>, cabe mencionar que los factores dosis de biol y sustratos no tuvieron mayor influencia sobre esta variable, dando a entender que el volumen de raíz se debió a otro factor como puede ser la solución nutritiva determinando que los tratamientos con aplicación de solución nutritiva obtuvieron mayor volumen que el tratamiento al que se lo fertilizaba de forma manual (T8).

#### 4.1.6. Variable días a la cosecha

En la Tabla 22 se muestra el análisis de varianza para la variable días a la cosecha, donde se observa que no existe diferencias significativas ( $p$ -valor  $> 0.05$ ) para los tratamientos, coeficiente de variación de 5.4 E-08 % y una media de 42 días.

**Tabla 22.** Análisis de varianza para la variable días a la cosecha en tratamientos

F.v	GL	40 ddt
		P-valor
Modelo	9	
Tratamientos	7	>0.05 ns
Repet	2	>0.05 ns
Error	14	
Total	23	
C.V (%)		5.4 E-08
Media (días)		42

Leyenda. Fv: fuente de variación; GL: grados de libertad; P valor: grado significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

En la Tabla 23 se muestra la prueba de Duncan al 5% para la variable días a la cosecha, donde se puede apreciar que del tratamiento 1 al 7 tienen similar agrupación, pero difieren con respecto al tratamiento 8, mostrando medias del T1 al T7 de 40 días y para T8 de 56 días.

**Tabla 23.** Prueba de Duncan al 5% para la variable días a la cosecha

Tratamientos	Medias (días)
1	40 B
2	40 B
3	40 B
4	40 B
5	40 B
6	40 B
7	40 B
8	56 A

Leyenda. T1: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T2: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T3: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T4: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T5: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T6: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T7: Fertilizante químico y sustrato de perlita; T8: Fertilizante químico y suelo de la zona al 100%; ddt: días después del trasplante; ABC: letras que diferencian a los rangos de los tratamientos que muestran la diferencia entre ellos.

En cuanto a la variable días a la cosecha de la lechuga crespa Simpson se ha determinado que todos los tratamientos tuvieron el mismo día de cosecha (40) a excepción de T8 (fertilizante químico y suelo de la zona al 100%) el cual fue cosechado 15 días después (56), posiblemente debido a la fertilización realizada con solución nutritiva de T1 a T7, mientras que T8 fue fertilizado con un fertilizante completo cada 8 días haciendo que las plantas no tuvieran un mayor desarrollo en

comparación a las plantas sembradas en los demás tratamientos que sí mostraron mejor desarrollo y rápido crecimiento, lo que se concuerda con Pinedes (2019) quien menciona que la deficiente nutrición en las plantas hace que estas crezcan de forma lenta ya sea en los viveros o en el campo, haciendo que sean más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades.

#### 4.1.7. Variable peso final por tratamiento

En la Tabla 24, se muestra el análisis de varianza para la variable peso final a los 40 días después del trasplante, donde se observa que para los tratamientos existe diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ), obteniéndose un coeficiente de variación de 5.84% y una media de los tratamientos evaluados de 1310 g.

**Tabla 24.** Análisis de varianza para la variable peso final en tratamientos

F.v	GL	40 ddt
		P-valor
Modelo	9	
Tratamientos	7	<0.01 **
Repet	2	0.13 ns
Error	14	
Total	23	
C.V (%)		5.84
Media (g)		1310

Leyenda: Fv: fuente de variación; GL: grados de libertad; P valor: grado significativo; \*: significativo; ns: no significativo. CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

En la Tabla 25 se muestra la prueba de Tukey al 5% para la variable peso final a los 40 días después del trasplante para los tratamientos, donde se aprecia que los tratamientos que tienen mayor diferencia son T1 y T2, obteniendo medias de 1560 y 1500 g respectivamente.

**Tabla 25.** Prueba de Tukey al 5% para la variable peso final en tratamientos

Tratamientos	40 ddt
	Medias (g)
T1	1560 A
T2	1500 A
T3	1490 AB
T4	1440 AB
T5	1210 B
T6	1150 B
T7	1100 B
T8	1000 B

Leyenda. T1: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T2: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T3: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T4: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T5: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T6: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T7: Fertilizante químico y

sustrato de perlita; T8: Fertilizante químico y suelo de la zona al 100%; ddt: días después del trasplante; ABC: letras que diferencian a los rangos de los tratamientos que muestran la diferencia entre ellos.

En la Tabla 26 se muestra el análisis de varianza para la variable peso final en sustratos y dosis de biol, donde se observa que a los 40 días después del trasplante para el factor sustratos existe diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ), mientras que para el factor dosis existe diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), mostrándose un coeficiente de variación del 26.09 %.

**Tabla 26.** Análisis de varianza para la variable peso final en sustratos y dosis de biol

F.v	GL	40 ddt
		P-valor
<b>Modelo</b>	5	
<b>Sustratos</b>	1	<0.01 **
<b>Dosis</b>	2	0.01 *
<b>Repet</b>	2	0.87 ns
<b>Error</b>	12	
<b>Total</b>	17	
<b>C.V (%)</b>		26.09

Leyenda. Fv: fuente de variación; GL: grados de libertad; P valor: grado significativo; \*: significativo; ns: no significativo; CV: coeficiente de variación; ddt: días después del trasplante.

En la Tabla 27 se muestra el análisis con la prueba de Tukey al 5% para la variable peso final en sustratos y dosis, donde se observa que en S1 la media es de 1520 g correspondiente a los 40 días después del trasplante y para el factor dosis la media que tiene mayor diferencia de agrupación es D1 con 1500 g de peso.

**Tabla 27.** Prueba de Tukey al 5% para la variable peso final en sustratos

Sustratos	40 ddt
	Medias g
<b>S1</b>	1520 A
<b>S2</b>	1230 B
<b>Dosis</b>	
<b>D1</b>	1500 A
<b>D2</b>	1320 B
<b>D3</b>	1300 B

Leyenda. S1: 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; S2: 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; ddt: días después del trasplante; AB: letras que diferencian a los rangos de los tratamientos que muestran la diferencia entre ellos; D1: 150 ml de biol/L de agua; D2: 300 ml de biol/L de agua; D3: 450 ml de biol/L de agua.

Se ha determinado en la variable peso final que T1 (150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona) y T2 (150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz) obtuvieron un mayor rendimiento, los cuales mostraron valores superiores a los demás tratamientos probablemente debido a que la mezcla de dichos sustratos que favorecen la interacción de nutrientes beneficiosos para la alimentación de la planta

haciendo que estas crezcan uniformemente y logren un tamaño y peso considerable, concordando con Guerrero et al., (2018) quien menciona que la cascarilla de arroz mezclada con otros sustratos influye positivamente sobre los cultivos ya que esta favorece la oxigenación y porosidad del sustrato logrando una retención de humedad de hasta el 40%, mientras que la arena tiene una alta retención de nutrientes que le sirven a la planta para el desarrollo radicular, por lo que la mezcla de los sustratos es recomendable en la circulación de aire y agua para la planta permitiendo que estas tomen los nutrientes para un eficiente desarrollo y rendimiento.

#### **4.1.8. Análisis económico del cultivo de lechuga**

En la Tabla 28 se muestra el análisis del costo de producción de la investigación, tomando como referencia una extensión de 1000 m<sup>2</sup>, donde el costo de los tratamientos evaluados en relación con un año de producción varía, cabe mencionar que el precio de venta por kilo de lechuga es de 2.50 dólares.

En la Tabla 28 se observa que todos los tratamientos generan beneficio económico, sin embargo, el tratamiento con mayor beneficio es T1 (150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona) al generar \$3.93 anuales por cada dólar invertido, es decir 0.66 centavos por cada ciclo, mientras que T8 (fertilizante químico y suelo de la zona al 100%) es el tratamiento que menor beneficio directo tiene al generar \$2.26 anuales (\$ 0.38 por cada ciclo) por cada dólar invertido debido a una menor producción en comparación a los demás tratamientos, llegando a determinar que T2 tiene una menor inversión (\$6821.59), generando un beneficio directo de \$3.67 anuales por cada dólar invertido y una producción de 12752.64 kg en 1000 m<sup>2</sup>, cabe señalar que el tratamiento con mayor costo de inversión fue T7 con un presupuesto de 7473.59 dólares.

En el anexo 4 se muestra el costo estimado de producción de 2420,57 dólares para un área de 1000 m<sup>2</sup> donde se puede construir 72 camas de 1 x 9 metros, las cuales tienen 360 plantas dando un total de 25920 plantas de lechuga destinadas a la venta, para un ciclo, cabe mencionar que el alto número de plantas se debe al tipo de sistema que se utiliza, ya que este tipo de sistemas permite un mayor aprovechamiento del espacio logrando una mayor densidad de siembra. En el cálculo del costo de producción se incluye la infraestructura del invernadero metálico para la producción.

**Tabla 28.** Análisis del costo de producción de la investigación

Tratamientos	Costo de producción fijo/año/1000 m <sup>2</sup>	Costo de producción del tratamiento/año/1000 m <sup>2</sup>	Costo total/año/1000 m <sup>2</sup>	Rendimiento Kg/año/1000 m <sup>2</sup>	Precio \$/Kg	Venta (\$) anual	Utilidad \$ / año/1000 m <sup>2</sup>	Costo benéfico \$ / año/1000 m <sup>2</sup>	Beneficio directo \$ / año/1000 m <sup>2</sup>
<b>T1</b> (150 ml biol – 70% cascarilla arroz + 30 % arena)	2420.57	4437.02	6857.59	13530.24	2.50	33825.60	26968.01	4.93	3.93
<b>T2</b> (150 ml biol – 70% arena + 30 % cascarilla arroz)	2420.57	4401.02	6821.59	12752.64	2.50	31881.60	25060.01	4.67	3.67
<b>T3</b> (300 ml biol – 70% cascarilla arroz + 30 % arena)	2420.57	4641.02	7061.59	12908.16	2.50	32270.40	25208.81	4.57	3.57
<b>T4</b> (300 ml biol – 70% arena + 30 % cascarilla arroz)	2420.57	4605.02	7025.59	12441.60	2.50	31104.00	24078.41	4.43	3.43
<b>T5</b> (450 ml biol – 70% cascarilla arroz + 30 % arena)	2420.57	4839.02	7259.59	9953.28	2.50	24883.20	17623.61	3.43	2.43
<b>T6</b> (450 ml biol – 70% arena + 30 % cascarilla arroz)	2420.57	4803.02	7223.59	9486.72	2.50	23716.80	16493.21	3.28	2.28
<b>T7</b> (fertilizante químico – Perlita)	2420.57	5053.02	7473.59	10419.84	2.50	26049.60	18576.01	3.49	2.49
<b>T8</b> (fertilizante químico – Suelo)	2420.57	4263.02	6683.59	8709.12	2.50	21772.80	15089.21	3.26	2.26

Leyenda. T1: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T2: 150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T3: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T4: 300 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T5: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona; T6: 450 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% arena blanca de la zona + 30% cascarilla de arroz; T7: Fertilizante químico y sustrato de perlita; Fertilizante químico y suelo de la zona al 100%.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

Finalizado con los análisis estadísticos, agronómicos y económicos de la producción de lechuga crespa se concluye que:

- La aplicación de dosis de 150 ml de biol/L de agua en la lechuga variedad Simpson, influyen positivamente sobre la altura y número de hojas de la planta debido a las buenas características que tiene, permitiendo un mejor desarrollo de la lechuga a menor tiempo obteniendo cultivos más saludables para el consumo de las personas.
- El uso del sustrato compuesto por cascarilla de arroz al 70% y arena blanca al 30% en un sistema semi hidropónico resulta ser más prometedor en cuanto a la longitud y volumen de raíz, viéndose reflejado en un mayor peso final del cultivo de lechuga debido a sus buenas condiciones.
- En cuanto a ingresos financieros T1 (150 ml de biol/L de agua y sustrato de 70% cascarilla de arroz + 30% arena blanca de la zona), fue el más rentable al generar un beneficio de 3.26 dólares anuales por cada dólar invertido.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

Tras la obtención de los resultados de la investigación se recomienda:

- El uso de biol en dosis de 150 ml por litro de agua como alternativa de fertilización, la cual mejora el desarrollo del cultivo, además de que es una alternativa amigable con el ambiente y ventajosa en cuanto al costo de producción.
- La utilización de cascarilla de arroz al 70% y arena blanca al 30% como sustrato para un sistema semi hidropónico en la producción de lechuga crespa, ya que se enfoca en una alternativa rentable para los productores.
- En futuras investigaciones realizar la aplicación de las dosis de biol especificadas y mezcla de sustrato descritos en otra variedad de lechuga con el fin de corroborar los resultados y difundir a los productores de hortalizas los

- beneficios de hacer uso de biofertilizantes y sustratos en sus sistemas de producción.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEFA. (2022). *Fibra de coco*. Aefa agronutrientes: <https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/fibra-de-coco>
- AgroActivo. (2022). *LECHUGA SIMPSON*. AgroActivo: <https://agroactivocol.com/producto/material-vegetal/lechuga-simpson-2/>
- Agroactivo. (2023). *AGROATIVO. TIPOS DE SUSTRATOS PARA LAS PLANTAS*: <https://agroactivocol.com/sin-categoria/tipos-de-sustratos-para-las-plantas/#:~:text=SUSTRATOS%20ACTIVOS%3A%20Son%20aquellos%20sustratos,o%20coco%2C%20vermiculita%2C%20fibras>
- AgroNegociosPerú. (2020). *Los beneficios de la cascarilla de arroz para el cultivo del arándano*. AgroNegocios Perú: <https://agronegociosperu.org/2020/08/17/los-beneficios-de-la-cascarilla-de-arroz-para-cultivo-del-arandano/#:~:text=La%20cascarilla%20de%20arroz%20es,humedad%20en%20macetas%20y%20alm%C3%A1cigos>.
- Alamy. (2022). *Virus del mosaico de la lechuga Imágenes De Stock*. Alamy: <https://www.alamy.es/imagenes/virus-del-mosaico-de-la-lechuga.html?sortBy=relevant>
- Anónimo. (2023). *Antes todo esto era campo . Sustrato de perlita: ¿cuáles son sus ventajas y desventajas?*: [https://www.antestodoestoeracampo.net/sustrato-de-perlita/#Caracteristicas\\_del\\_sustrato\\_de\\_perlita](https://www.antestodoestoeracampo.net/sustrato-de-perlita/#Caracteristicas_del_sustrato_de_perlita)
- BASF. (2022). *Plagas y enfermedades en el sim*. Agro basf : <https://www.agro.basf.es/es/Camposcopio/Secciones/Enfermedades-y-plagas/Plagas-y-enfermedades-en-el-cultivo-de-lechuga/>
- Basurto, C., y Vera, P. (2022). *Repositorio SPAM*. Evaluación de los residuos agrícolas cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) y fibra de coco (*Cocos nucifera*) como sustratos para sistemas acuapónicos: <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1922>
- BAYER. (2016). *Qué es la mosca blanca*. Vegetales BAYER: <https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/noticias/blog-que-es-la-mosca->

- BIOSUR. (2020). *Estrategias de control biológico en el cultivo de lechuga*. Biosur Estrategias de control biológico en el cultivo de lechuga: [https://www.biosur.es/2020/05/05/estrategias-de-control-biologico-en-el-cultivo-de-lechuga/#:~:text=En%20el%20caso%20de%20los,\(Tomato%20Spotted%20Wilt%20Virus\).](https://www.biosur.es/2020/05/05/estrategias-de-control-biologico-en-el-cultivo-de-lechuga/#:~:text=En%20el%20caso%20de%20los,(Tomato%20Spotted%20Wilt%20Virus).)
- Calderón, J. (2018). *Comportamiento agronómico de dos cultivares de lechuga (Lactuca sativa L.), sembradas mediante sistema hidropónico utilizando tres dosis de biol en el cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura*. Universidad Técnica de Babahoyo: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/277>
- Carasco, G., y Sandoval, C. (2018). *Manual práctico del cultivo de lechuga*. Libros EBOOK:<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=t0sPDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=que+es+la+lechuga+&ots=UqMHpv0gLa&sig=hrXUUDaK27YBGYeREX-kPEbJx4E#v=onepage&q=que%20es%20la%20lechuga&f=true>
- Castillo, A., y Arellano, J. (2019). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. PDYOT: <https://www.huaca.gob.ec/gadhuaca/images/pdf/PDYOT.pdf>
- Cedeño, A. (2022). *Lechuga (Lactuca sativa)*. NaturalistEc: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/122976-Lactuca-sativa>
- CytySens. (2019). *Ventajas y desventajas de la hidroponía*. CitySens: <https://www.citysens.com/es/16-ventajas-desventajas-hidroponia.html>
- DefiniciónABC. (2022). *Definición de Hidroponia*. Definición ABC: <https://www.definicionabc.com/ciencia/hidroponia.php>
- Delgado, J., Yáñez, J., y A, Á. (2020). *Análisis halla agroquímicos por encima del límite en muestra de frutas y verduras de Lima*. Ojo Público: <https://ojo-publico.com/2078/agroquimicos-por-encima-del-limite-en-muestra-de-frutas-y-verduras>
- Días, H. (2020). *Los beneficios de la cascarilla de arroz para el cultivo del arándano*. ARANDANOSPERU: <https://arandanosperu.pe/2020/08/17/los-beneficios-de-la-cascarilla-de-arroz-para-el-cultivo-del-arandano/#:~:text=Incrementa%20la%20actividad%20macro%20y,conservan%20h%C3%BAmedas%20pero%20sin%20encharcamientos.>
- Ephytia. (2021). *Microdochium panattonianum Antracnosis*. Ephytia: <http://ephytia.inra.fr/es/C/5410/Ensaladas-Anthracosse-Microdochium-panattonianum>

- Fercon. (2021). *LECHUGA BLACK SIMPSON*. Fercon: <https://fercon.com.co/producto/lechuga-black-simpson/#:~:text=Hortaliza%20originaria%20de%20Asia.,adapta%20a%20climas%20muy%20diversos>.
- GADMunicipalSanPedrodeHuaca. (2018). *ACTUALIZACION DEL PDOT DEL CANTON HUACA*. Suelos: [https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/CAP%201%20DIAGNOSTICO%20CANTONAL\\_15-11-2014.pdf](https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/CAP%201%20DIAGNOSTICO%20CANTONAL_15-11-2014.pdf)
- Gago, M. (2018). *El suelo perfecto para cultivar hortalizas*. Ecología verde : <https://www.ecologiaverde.com/el-suelo-perfecto-para-cultivar-hortalizas-814.html#:~:text=Entre%20las%20caracter%C3%ADsticas%20que%20debe,muy%20rico%20en%20nutrientes%20minerales>.
- Gerrero, E. (2021). *Dialnet*. Evaluación de sustratos bajo un sistema hidropónico en un cultivo de fresa con variables de calidad: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7868818>
- Gerrero, E., Revelo, J., Benavides, O., Chaves, G., y Moncayo, C. (2018). *ResearchGate*. EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN UN CULTIVO DE LECHUGA BAJO UN SISTEMA HIDROPÓNICO EN EL MUNICIPIO DE PASTO: [https://www.researchgate.net/publication/309601229\\_Evaluacion\\_de\\_sustratos\\_en\\_un\\_cultivo\\_de\\_lechuga\\_bajo\\_un\\_sistema\\_hidroponico\\_en\\_el\\_municipio\\_de\\_Pasto](https://www.researchgate.net/publication/309601229_Evaluacion_de_sustratos_en_un_cultivo_de_lechuga_bajo_un_sistema_hidroponico_en_el_municipio_de_Pasto)
- GoogleEarth. (2023). <https://earth.google.com/web/>
- Granval, N., y Gaviola, J. (2017). *Manual de Producción de semillas hortícolas*. Inta: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-4\\_origen\\_e\\_historia\\_botanica.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-4_origen_e_historia_botanica.pdf)
- Hernández, J. (2005). *Valoración productiva de lechuga*. ResearchGate: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Tiempo-del-ciclo-de-cultivo-de-lechuga-desde-siembra-hasta-flor-Solo-las\\_fig1\\_264495875](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Tiempo-del-ciclo-de-cultivo-de-lechuga-desde-siembra-hasta-flor-Solo-las_fig1_264495875)
- Hydroenvent. (2022). *Características y variedades de lechuga para hidroponía*. Hydro environment: [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=293](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=293)
- HuertAgrícola. (2017). *Cascarilla de arroz*. HuertAgrícola: <https://www.huertagricola.com.co/2017/07/cascarilla-de-arroz.html>
- Hydroenvironment. (2023). *Hydroenvironment*. Cómo utilizar la perlita como sustrato : [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=3](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=3)



- Jiffy. (2020). *Sistemas Hidropónicos: tipos, diferencias y ventajas*. JiffyGroup: <https://jiffygroup.com/es/noticias/sistemas-hidroponicos-tipos-diferencias-y-ventajas/#:~:text=Los%20sistemas%20hidrop%C3%B3nicos%20son%20t%C3%A9rnicas,%20frutas%20hierbas%20y%20flores.>
- Lazo, A. (2020). *ANÁLISIS ECONÓMICO DE LECHUGAS HIDROPÓNICAS . LA GRANJA* : <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/31.2020.09/3623>
- Lima, E. (2020). *LECHUGA, LACTUCA SATIVA / COMPOSITAE. FRUTAS Y HORTALIZAS* : <https://www.frutas-hortalizas.com/Hortalizas/Origen-produccion-Lechuga.html>
- López, J. (2022). *Fibra de coco: un componente de los medios de cultivo*. PROMIX: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/fibra-de-coco-un-componente-de-los-medios-de-cultivo/>
- Male, I. (2021). *Cultivo de lechuga*. Requerimientos edafoclimáticos: <http://cultivodelalechuga.blogspot.com/2011/04/requerimientos-edafoclimaticos.html>
- Mamani, T. (2018). *EFECTO DE BIOL EN CULTIVO ASOCIADO DE RÁBANO (*Raphanus sativus* L.) Y LECHUGA SUIZA (*Valerianella locusta*), EN AMBIENTE ATEMPERADO DE COTA COTA. UMSA:* <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5651/T-2063.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Molina, E. (2020). *Evaluación del uso de la ICOTEC:* <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6262/evaluaciondelusodelacascarilladearrozenlafabricacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moreiras. (2018). *Lecguga *Lactuca sativa* L. Verduras y Hortalizas:* [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/lechuga\\_tcm30-102416.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/lechuga_tcm30-102416.pdf)
- Muñoz, A. (2018). *Identificación morfológica de los hongos causantes de la pudrición radicular en lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el valle de Tumbaco*. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15114/1/T-UCE-0004-A78-2018.pdf>
- NEVAL. (2018). *PLAGAS Y ENFERMEDADES MÁS IMPORTANTES DE LA LECHUGA*. Neval More than labs: <https://www.ne-val.com/plagas-enfermedades-mas-importantes->



- Sacha, J. (2019). *Hagamos nuestro biol*. UNODC: [https://www.unodc.org/documents/bolivia/DI\\_Hagamos\\_nuestro\\_biol.pdf](https://www.unodc.org/documents/bolivia/DI_Hagamos_nuestro_biol.pdf)
- Seipasa. (2021). *Mildiu en lechuga: en busca de aliados para su control*. Seipasa natutal tecnológico: <https://www.seipasa.com/es/blog/mildiu-en-lechuga-en-busca-de-aliados-para-su-control/#:~:text=El%20mildiu%20de%20la%20lechuga,aire%20libre%20como%20en%20invernadero.>
- SistemaBiobolsa. (2020). *Manual de biol*. Sistema bio bolsa no hay desechos solo recursos: [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SISTEMA%20BIOBOLSA%20s.f.%20Manual%20del%20BIOL.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SISTEMA%20BIOBOLSA%20s.f.%20Manual%20del%20BIOL.pdf)
- Sucre, L. (2017). *Influencia de un abono orgánico líquido tipo biol en el rendimiento de la lechuga (Lactuca sativa L) cultivada en sistemas hidropónicos*. Manglar : <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/53>
- SYNGENTA. (2022). *Alternaria - Antracnosis - Oídio - Roya de la lechuga - Septoria*. Syngenta: <https://www.syngenta.es/cultivos/lechuga-escarola-espinaca/enfermedades/alternaria-antracnosis-oidio-roya-de-la-lechuga-septoria#:~:text=Antracnosis%3A%20se%20desarrolla%20sobre%20las,aumentando%20de%20tama%C3%B1o%20necros%C3%A1ndose%20finalmente.>
- Syngenta. (2023). *Minadores de la lechuga*. Syngenta: <https://www.syngenta.es/cultivos/lechuga-escarola-espinaca/plagas/minadores-de-la-lechuga#:~:text=Da%C3%B1os%3A,peso%20y%20la%20depreciaci%C3%B3n%20comercial.>
- TiempoyClima. (2023). *Cuandovisitar.com.ec*. Clima Huaca y cuándo visitar: <https://www.cuandovisitar.com.ec/ecuador/huaca-1190749/>
- UniversoPorcino. (2019). *El biol*. UNIVERSO PORCINO: [http://universoporcino.com/articulos/creando\\_conciencia\\_04-10-2019\\_que\\_es\\_el\\_biol.html](http://universoporcino.com/articulos/creando_conciencia_04-10-2019_que_es_el_biol.html)
- Vadecultivo. (2022). *Vadecultivo*. 12 tipos de sustratos para el cultivo de plantas: <https://www.vadecultivo.com/vadecultivo/blog/2022/04/tipos-de-sustratos/#:~:text=La%20arena%20sobre%20todo%20la,para%20generar%20sustrato%20para%20macetas.>
- Vásquez, J. (2018). *EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE CINCO VARIEDADES DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) EN TRES CICLOS DE SIEMBRA CONSECUTIVOS , EN SAN*

MIGUEL DE LA TIGRA A, SAN CARLOS. Repositorios :  
[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6469/evaluacion\\_agronomica\\_cinco\\_variedades\\_lechuga.pdf](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6469/evaluacion_agronomica_cinco_variedades_lechuga.pdf)

Viguera, B., y Martínez, R. (2019). *Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación*. Conservación internacional: [https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade\\_modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf](https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf)

Wikifarmer. (2017). *Cómo Cultivar Lechuga – Guía Completa de Cultivo de la Lechuga, desde la Siembra hasta la Cosecha*. Wikifarmer: <https://wikifarmer.com/es/como-cultivar-lechuga-guia-completa-de-cultivo-de-la-lechuga-desde-la-siembra-hasta-la-cosecha/#:~:text=Cosecha%20de%20Lechuga,70%20d%C3%ADas%20despu%C3%A9s%20del%20trasplante.>

## VII. ANEXOS

### Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**  
**FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA DE AGROPECUARIA**  
**ACTA**  
**DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

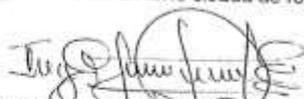
<b>ESTUDIANTE:</b> VALLEJOS VELASCO TANIA MAGALI		<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b> 0402120604
<b>PERIODO ACADÉMICO:</b> 2024 A		
<b>PRESIDENTE TRIBUNAL:</b> PHD. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL		<b>DOCENTE TUTOR:</b> MSC. ORTIZ TIRADO PAUL SANTIAGO
<b>DOCENTE:</b> MSC. JÁCOME SARCHI GUILLERMO ALEXANDER		
<b>TEMA DEL TIC:</b> Evaluación de biof y sustratos en la producción de lechuga (Lactuca sativa L.) variedad Simpson bajo sistema semi hidropónico en el Centro Experimental San Francisco – Cantón Huacra		

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7,00	Redactar correctamente los nombres científicos.
3	METODOLOGÍA	7,00	
4	RESULTADOS	7,00	Mejora interpretación de las tablas expuestas. Corregir los costos de producción.
5	DISCUSIÓN	7,00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7,00	Actualizar las conclusiones y recomendaciones.
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	7,00	
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7,00	

Obteniendo una nota de: **7,00** Por lo tanto, **APRUEBA** : debiendo el o las investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **Jueves, 30 de mayo de 2024**

  
 PHD. SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL  
 PRESIDENTE TRIBUNAL

  
 MSC. ORTIZ TIRADO PAUL SANTIAGO  
 DOCENTE TUTOR

  
 MSC. JÁCOME SARCHI GUILLERMO ALEXANDER  
 DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
<b>NAME:</b> Vallejos Velasco Tania Magali				
<b>DATE:</b> 12 de junio de 2024				
<b>Topic:</b> Evaluación de biol y sustratos en la producción de lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) variedad Simpson bajo sistema semi hidropónico en el Centro Experimental San Francisco – Cantón Huaca"				
<b>MARKS AWARDED</b>		<b>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE</b>		
<b>VOCABULARY AND WORD USE</b>	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1 Vera Játiva Edwin Andrés,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>WRITING COHESION</b>	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>ARGUMENT</b>	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>CREATIVITY</b>	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>SCIENTIFIC SUSTAINABILITY</b>	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	<b>TOTAL 9</b>		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL  
CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE  
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.**

**Autor:** Vallejos Velasco Tania Magali

**Fecha de recepción del abstract:** 12 de junio de 2024

**Fecha de entrega del informe:** 12 de junio de 2024

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

**Observaciones:**

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:  
EDISON BOANERGES PENAFIEL  
ARCOS

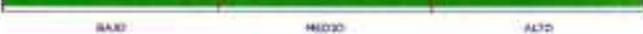
Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc Coordinador  
del CIDEN

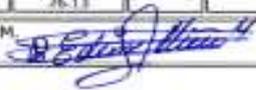
Anexo 3. Análisis de biol



# LABONORT

LABORATORIOS NORTE  
Juan Hernández y Jaime Reidós (Entrada Mercado Mayorista) Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS			
<b>DATOS DE PROPIETARIO</b>		<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>	
Nombre: TANIA VALLEJOS		Provincia: Carchi	
Ciudad: Tulcán		Cantón: Tulcán	
Teléfono: 0997110721		Parroquia: Santa Marta de Cuba	
Fax:		Sitio: Centro Experimental San Francisco	
<b>DATOS DEL LOTE</b>		<b>DATOS DE LABORATORIO</b>	
Sitio: Centro Experimental San Francisco		Nro Reporte.: 11569	
Superficie:		Tipo de Análisis: Completo	
Número de Campo: BIOL BOVINO		Muestra: ORGÁNICA: BIOL	
Cultivo Actual:		Fecha de Ingreso: 2023-08-17	
A Cultivar:		Fecha de Reporte: 2023-08-23	
<b>Nutriente</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>INTERPRETACION</b>
<b>N</b>	195.0	ppm	
<b>P</b>	61.60	ppm	
<b>S</b>	248.0	ppm	
<b>K</b>	5.50	meq/100 ml	
<b>Ca</b>	11.60	meq/100 ml	
<b>Mg</b>	9.03	meq/100 ml	
<b>Zn</b>	3.16	ppm	
<b>Cu</b>	1.28	ppm	
<b>Fe</b>	427.50	ppm	
<b>Mn</b>	31.08	ppm	
<b>B</b>	1.13	ppm	
<b>pH</b>	6.93		
<b>Acidez Int. (Al+H)</b>		meq/100 ml	
<b>Al</b>		meq/100 ml	
<b>Na</b>		meq/100 ml	
<b>Ce</b>	5.28	mS/cm	
<b>MO</b>		%	
<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca+Mg</b>	<b>(meq/100ml)</b>
1.28	1.64	3.75	36.13
<b>%</b>	<b>ppm</b>	<b>(%)</b>	<b>Clase Textural</b>
NTot	Cl	Arena	Limo
		Arcilla	

Dr. Quím. Edison M. Miño M.  
Responsable Laboratorio 



LABONORT  
IBARRA - ECUADOR  
ANÁLISIS QUÍMICOS SUELOS Y AGUAS

**Anexo 4.** Costo de producción

Sistema: Semitecnificado		Lugar:		C.E.S.F	
Área: 1000 m2		Responsable:		Tania Vallejos	
<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Medida</b>	<b>Costo unitari</b>	<b>Costo total</b>	
Invernadero metálico	1	Material	1333	1333	
<b>Mano de oba</b>				<b>270</b>	
Adecuación del espacio	10	Jornal	12	30	
Construcción de camas	6	Caprintero	150	225	
Preparación de sustraros y colocación en cama	5	Jornal	12	15	
<b>Infreestructura para camas</b>				<b>623,98</b>	
Tablones	190	Material	8	380	
Regletas de madera	504	Material	0,2	25,2	
Plástico	720	Metros	0,9	162	
Clavos y tornillos	21	Lb	3,5	18,38	
Pingos	192	Palos	0,8	38,4	
<b>Equipos y materiales</b>				<b>94,59</b>	
Tanque de 1000L	3	Tanque	120	9	
Sistema de riego	1	Unidad	3709	37,09	
Electrobomba	3	Bomba	60	36	
Bomba de mochila	1	Bomba	20	10	
Alambre de amarre	5	Lb	2	2,5	
<b>Servicios básicos</b>				<b>99</b>	
Agua	12	meses	3	36	
Luz	12	meses	5,25	63	
<b>Costo Total</b>				<b>2420,57</b>	

## Anexo 5. Proceso experimental



**Figura 4.** Preparación del lugar de implantación.



**Figura 5.** Construcción de camas.



**Figura 6.** Mezcla de sustratos.



**Figura 7.** Vaciado de sustratos a camas.



**Figura 8.** Siembra de plátulas de lechuga.



**Figura 9.** Medición de pH de solución nutritiva.



**Figura 10.** Medición de altura de planta.



**Figura 11.** Desarrollo de lechuga a los 8 días.



**Figura 12.** Desarrollo de lechuga a los 15 días.



**Figura 13.** Toma de datos.



**Figura 14.** Lechuga en etapa final de producción.



**Figura 15.** Cosecha de lechuga.



**Figura 16.** Medición de longitud de raíz.



**Figura 17.** Medición de volumen de raíz.



**Figura 18.** Cosecha de lechugas de T8.



**Figura 19.** Empacamiento de la lechuga cosechada.