



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven CON DOS TIPOS  
DE AGUA Y TRES DOSIS DE MATERIA ORGÁNICA EN TUNSHI-  
ESPOCH.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**AUTORA:**

**GILDA VERONICA CACOANGO CUVI**

Riobamba – Ecuador

2024



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven CON DOS TIPOS  
DE AGUA Y TRES DOSIS DE MATERIA ORGÁNICA EN TUNSHI-  
ESPOCH**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

**AUTORA:** GILDA VERONICA CACOANGO CUVI

**DIRECTOR:** ING. DANIEL ARTURO ROMÁN ROBALINO MSc.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Gilda Verónica Cacoango Cuvi

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Gilda Verónica Cacoango Cuvi, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de mayo de 2024



**Gilda Verónica Cacoango Cuvi**  
**060545170-7**

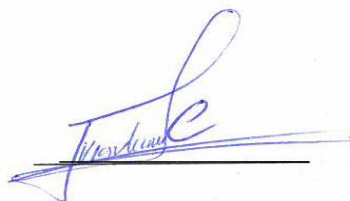
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven CON DOS TIPOS DE AGUA Y TRES DOSIS DE MATERIA ORGÁNICA EN TUNSHI-ESPOCH**, realizado por la señorita: **GILDA VERONICA CACOANGO CUVI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. / Dr. Víctor Alberto Lindao Córdova  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2024-05-27

Ing. / MSc. Daniel Arturo Román Robalino  
**DIRECTOR(A) DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-05-27

Ing. / PhD. Alfonso Leonel Suárez Tapia  
**ASESOR(A) DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-05-27

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la vida, por ser mi fortaleza en momentos de angustia y por la inteligencia bendecida para culminar con éxito este logro. A mis amados padres Manuel Cacoango y Petrona Cuvi, por su sacrificio y el apoyo incondicional durante este largo camino. A mi abuelita María Cuvi, quien, con su amor incondicional, paciencia y sus consejos me ayudó a ser una persona de bien. A mis hermanos John Cacoango y Maribel Cacoango, por la amistad, paciencia, amor, entrega y el apoyo constante en cada momento.

Gilda

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por las bendiciones infinitas derramadas en mi vida. A mis padres, mis hermanos y mi abuelita porque son el mejor regalo de Dios, por el apoyo incondicional, la confianza puesta en mí y los consejos, los mismos que me han ayudado a superarme día a día. A mis primos Ing. Geovanny Cuvi e Ing. Mayra Cacoango, por los consejos, apoyo y porque siempre confiaron en mí. A mis familiares, amigos y compañeros de clase quienes de una u otra manera contribuyeron en este logro. De manera especial a Daniel Isaías., Abigail C. y Miryam F., por su apoyo durante la ejecución de la investigación. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la Escuela de Ingeniería Agronómica, por los conocimientos adquiridos y por la formación profesional. Un sincero agradecimiento al Ing. Daniel Román MSc., director y al Ing. Alfonso Suarez PhD., asesor de mi trabajo de titulación por su tiempo, asesoría, paciencia y el apoyo incondicional brindado durante la ejecución del trabajo de investigación.

Gilda

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>2</b>
<b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 General .....	2
1.2.2 Específicos .....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Hipótesis.....	3
1.4.1 Nula.....	3
1.4.2 Alterna.....	3
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>4</b>
<b>2. MARCO TEORICO .....</b>	<b>4</b>
2.1 Aguas residuales.....	4
2.1.1 Aguas residuales y riego .....	4
2.1.2 Calidad del agua de riego .....	5
2.1.3 Tipos de aguas residuales.....	7
2.2 Fitorremediación .....	7
2.2.1 Planta de fitorremediación .....	8



2.2.2	Tipos de fitorremediación .....	8
2.3	Abonos orgánicos.....	9
2.3.1	Gallinaza .....	10
2.3.2	Compost .....	11
2.3.3	Humus de lombriz .....	11
2.4	Lechuga.....	11
2.4.1	Clasificación taxonómica .....	12
2.4.2	Variedad .....	12
2.4.3	Fenología del cultivo de lechuga.....	13
2.4.4	Variables agronómicas en la variedad Winterhaven .....	13
2.4.5	Requerimientos edafoclimáticos .....	14
2.4.6	Requerimientos hídricos.....	15
2.4.7	Fertilización.....	16
2.4.8	Enfermedades que afectan la lechuga .....	16
2.4.9	Plagas .....	17
2.5	Riego .....	18
2.5.1	Riego por goteo.....	18
2.5.2	Lámina de riego.....	18
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>19</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>19</b>
3.1	Características del área donde se realizó el ensayo.....	19
3.1.1	Ubicación política .....	19
3.1.2	Ubicación geográfica de la Estación Experimental Tunshi.....	19
3.1.3	Características meteorológicas .....	20
3.2	Materiales y equipos para evaluar en campo.....	20
3.2.1	Insumos .....	20
3.2.2	Herramientas .....	20

3.2.3	Materiales de oficina .....	20
3.3	Tratamientos.....	20
3.3.1	Parcela grande .....	20
3.3.2	Parcela pequeña.....	21
3.4	Análisis estadístico.....	21
3.4.1	Esquema del análisis DBCA .....	21
3.4.2	Análisis funcional.....	22
3.5	Implementación planta de fitorremediación.....	22
3.6	Delimitación área ensayo .....	22
3.7	Métodos.....	22
3.7.1	Evaluar el comportamiento agronómico de la lechuga Winterhaven.....	22
3.7.2	Calidad del agua.....	24
3.7.3	Análisis económico de los tratamientos .....	24
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>25</b>
<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>25</b>
4.1	Análisis, interpretación y discusión de resultados del comportamiento agronómico.....	25
4.1.1	Altura de planta a los 30, 45, 60 DDT.....	25
4.1.2	Número de hojas a los 30, 45, 60 DDT.....	26
4.1.3	Días a la formación del repollo .....	28
4.1.4	Días a la cosecha DDT .....	29
4.1.5	Diámetro ecuatorial del repollo (cm) .....	31
4.1.6	Porcentaje de materia seca .....	33
4.2	Análisis, interpretación y discusión de resultados del rendimiento. ....	34
4.2.1	Peso del repollo (g) .....	34
4.2.2	Rendimiento kg/ha .....	35
4.3	Calidad del agua sometida al proceso de fitorremediación .....	37
4.3.1	Comparación con otros métodos de mejoramientos de agua residuales domésticos .....	37

4.4	Análisis, interpretación y discusión de resultados del análisis económico. ....	42
4.4.1	Análisis económico .....	42

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**GLOSARIO**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego (TULSMA).....	6
<b>Tabla 2-2:</b> Composición química de la gallinaza.....	10
<b>Tabla 2-3:</b> Clasificación taxonómica de la lechuga .....	12
<b>Tabla 2-4:</b> Fenología de la lechuga.....	13
<b>Tabla 3-1:</b> Tratamientos en estudio.....	21
<b>Tabla 3-2:</b> Esquema del análisis de varianza .....	21
<b>Tabla 4-1:</b> Análisis de varianza para altura de la planta 30, 45 y 60 DDT .....	25
<b>Tabla 4-2:</b> Análisis de varianza del número de hojas a los 30, 45, 60 DDT.....	27
<b>Tabla 4-3:</b> Análisis de varianza para los días a la formación del repollo.....	28
<b>Tabla 4-4:</b> Análisis de varianza para los días a la cosecha DDT .....	30
<b>Tabla 4-5:</b> Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del repollo.....	32
<b>Tabla 4-6:</b> Análisis de varianza para el % de materia seca .....	33
<b>Tabla 4-7:</b> Análisis de varianza del peso del repollo .....	34
<b>Tabla 4-8:</b> Análisis de varianza del rendimiento kg/ha.....	36
<b>Tabla 4-9:</b> Semaforización de los análisis químicos obtenidos en el agua tratada .....	38
<b>Tabla 4-10:</b> Agua del canal vs Agua tratada .....	40
<b>Tabla 4-11:</b> Análisis económico de los tratamientos/ha/ciclo.....	42

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 3-1:</b> Mapa de ubicación del ensayo .....	19
<b>Ilustración 4-1:</b> Altura de planta a los 30, 45, 60 DDT, según la dosis de gallinaza.....	26
<b>Ilustración 4-2:</b> Número de hojas a los 30, 45, 60 DDT, según la dosis de gallinaza .....	27
<b>Ilustración 4-3:</b> Días a la formación del repollo según la dosis de gallinaza .....	29
<b>Ilustración 4-4:</b> Días a la cosecha DDT, según la dosis de gallinaza .....	30
<b>Ilustración 4-5:</b> Días a la cosecha DDT, según el tipo de agua.....	31
<b>Ilustración 4-6:</b> Diámetro ecuatorial del repollo, según la dosis de gallinaza.....	32
<b>Ilustración 4-7:</b> % materia seca, de la interacción Agua x Gallinaza .....	33
<b>Ilustración 4-8:</b> Peso del repollo, según la dosis de gallinaza .....	35
<b>Ilustración 4-9:</b> Peso del repollo, según la dosis de gallinaza .....	36

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** PLANTA DE FITORREMEDIACIÓN

**ANEXO B:** ALTURA DE LA PLANTA 30 DDT

**ANEXO C:** ALTURA DE LA PLANTA 45 DDT

**ANEXO D:** ALTURA DE LA PLANTA 60 DDT

**ANEXO E:** NÚMERO DE HOJAS A LOS 30 DDT

**ANEXO F:** NÚMERO DE HOJAS A LOS 45 DDT

**ANEXO G:** NÚMERO DE HOJAS A LOS 60 DDT

**ANEXO H:** DÍAS A LA FORMACIÓN DEL REPOLLO

**ANEXO I:** DÍAS A LA COSECHA

**ANEXO J:** MATERIA SECA (%)

**ANEXO K:** DIAMETRO ECUATORIAL

**ANEXO L:** PESO DEL REPOLLO

**ANEXO M:** RENDIMIENTO

**ANEXO N:** ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA A LA ENTRADA TANQUE FITORREMEDIACIÓN

**ANEXO O:** ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA A LA SALIDA TANQUE FITORREMEDIACIÓN

**ANEXO P:** ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA DEL CANAL

**ANEXO Q:** COSTOS DIRECTOS DE APLICACIÓN DE 0 t/ha DE GALLINAZA

**ANEXO R:** COSTOS DIRECTOS DE APLICACIÓN DE 1,5 t/ha DE GALLINAZA

**ANEXO S:** COSTOS DIRECTOS DE APLICACIÓN DE 3,0 t/ha DE GALLINAZA

**ANEXO T:** COSTOS INDIRECTOS Y DEPRECIACIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO

**ANEXO U:** COSTOS INDIRECTOS Y DEPRECIACIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL AGUA DE TRATADA POR FITORREMEDIACIÓN

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven con dos tipos de agua y tres dosis de materia orgánica (gallinaza) en Tunshi-Espoch. La metodología implementada tuvo un enfoque cuantitativo, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), en arreglo de parcelas divididas con seis tratamientos y tres repeticiones (2 x 3 x3). En el comportamiento agronómico se analizó, registró y calculó datos en campo de las variables fenológicas (altura planta, número de hojas, días a la formación del repollo, días a la cosecha, materia seca) y productivas (diámetro ecuatorial, peso del repollo, rendimiento). La calidad del agua se analizó antes y después de recibir el tratamiento de fitorremediación. En el estudio económico se determinó la relación beneficio costo de los tratamientos en estudio. Se determinó que el tipo de agua y dosis de gallinaza influyo en el comportamiento agronómicas y productivas de la lechuga en las variables: altura de la planta con una media de 20,94 cm, número de hojas (10,35), días a la formación del repollo (55,42 días), días a la cosecha (70,73 días), diámetro ecuatorial (17,07 cm), porcentaje de materia seca (6,02%), peso del repollo (1 134,84 g). La fitorremediación es positiva en parámetros que se ven reflejados al realizar la semaforización (verde) como son pH (7), nitratos (2,30 mg/l), fosfato (8,0 mg/l), sulfato (62,80 mg/l), hierro (0,118 mg/l), cobre (0,020 mg/l), zinc (0,028 mg/l). La mayor relación B/C (1,95) presentó el tratamiento (A1B3) que se usó agua de riego y una dosis alta de gallinaza (3 t/ha). En este contexto se concluyó que el mejor rendimiento en el cultivo de lechuga variedad Winterhaven bajo las condiciones edáficas y climáticas de la Estación Experimental Tunshi se presentó en el tratamiento que se usó una dosis alta de gallinaza (3,0 t/ha) con 40 923,08 kg/ha.

**Palabras clave:** <CALIDAD DE AGUA>, <FITORREMEDIACIÓN>, <LECHUGA var WINTERHAVEN>, <MATERIA ORGÁNICA>, <RENDIMIENTO>

0653-DBRA-UPT-2024

06-05-2024



## ABSTRACT

This investigation aimed to evaluate the yield of lettuce (*Lactucasativa* L.) var. Winterhaven with two types of water and three doses of organic matter (poultry manure) at *Tunshi-Epoch*. The methodology implemented was quantitative, using a completely randomised block design (CRBD), in a split-plot arrangement with six treatments and three replicates (2 x 3 x 3). In the agronomic behaviour, data on phenological variables (plant height, number of leaves, days to cabbage formation, days to harvest, dry matter) and productive variables (equatorial diameter, cabbage weight, yield) were analysed, recorded, and calculated in the field. Water quality was analysed before and after the phytoremediation treatment. In the economic study, the cost-benefit ratio of the treatments under study was determined as well as the type of water and dose of poultry manure influenced the agronomic and productive behaviour of the lettuce in the following variables: plant height with an average of 20.94 cm, number of leaves (10.35), days to cabbage formation (55.42 days), days to harvest (70.73 days), equatorial diameter (17.07 cm), percentage of dry matter (6.02%), cabbage weight (1 134.84 g). The phytoremediation is positive in parameters that are reflected in the traffic light (green) such as pH (7), nitrates (2.30 mg/l), phosphate (8.0 mg/l), sulphate (62.80 mg/l), iron (0.118 mg/l), copper (0.020 mg/l), zinc (0.028 mg/l) and zinc (0.028 mg/l), sulphate (62.80 mg/l), iron (0.118 mg/l), copper (0.020 mg/l), zinc (0.028 mg/l). The highest B/C ratio (1.95) was found in the treatment (A1B3) using irrigation water and a high dose of poultry manure (3 t/ha). From these results, it was concluded that the best yield in the Winterhaven lettuce crop under the soil and climatic conditions of the *Tunshi* Experimental Station was obtained in the treatment using a high dose of poultry manure (3.0 t/ha) with 40 923.08 kg/ha.

**Key words:** <WATER QUALITY>, <PHYTOREMEDIATION>, <LETTUCE var WINTERHAVEN>, <ORGANIC MATTER>, <YIELD>.



Dra. Esthela Isabel Colcha Guashpa

0603020678



## INTRODUCCIÓN

La lechuga es un rubro de alta rentabilidad y demanda en el mercado. Es una hortaliza muy consumida por su aporte nutricional, calcio, magnesio, potasio, sodio, hierro. El rendimiento obtenido a nivel país es de 7,9 t/ha. El área dedicada a la producción se estima que es de 1 145 ha, el 70% producen lechuga criolla y un 30% la variedad roma. El incremento en la demanda de lechuga obliga a aplicar tecnologías que permitan reutilizar recursos para obtener mejores rendimientos ante las limitantes climáticas, edáficas e hídricas (López, 2014)

En los países en vías de desarrollo, del 80 al 90% de las aguas residuales generadas se vierten sin el tratamiento adecuado en cuerpos de agua naturales (Sáenz et al., 2023 págs. 10-20). La escasez de agua para uso urbano y la dependencia del riego para la producción agrícola en zonas de rápido crecimiento demográfico, han contribuido a que aumente el interés en el reusó del agua. El reusó del agua residual en la agricultura se ha convertido en una necesidad, la cual debe ser considerada como una alternativa, aunque no ha sido evaluada en los aspectos de contenido y migración de contaminantes, en particular de metales pesados (Guadarrama y Galván, 2015 págs. 1-8)

Se calcula que en 2050 la agricultura tendrá que producir un 50% más de alimentos, fibras y biocombustibles para satisfacer la demanda mundial y mantenerse en buen camino para lograr el “hambre cero”. Los factores limitantes que impedirán cumplir con este objetivo son: Superficie limitadas de cultivo (aumento de urbanizaciones), degradación de la tierra, cambio climático y escasez del agua dulce utilizada para riego, todos estos factores aumentan los niveles de riesgo para la producción agrícola y los servicios ecosistémicos (FAO, 2021 págs. 3-86)

Para obtener altos rendimientos podemos ayudarnos del uso de gallinaza, al ser una enmienda orgánica que aporta nutrientes que estarán a disposición para las plantas. El uso indiscriminado y continuada, ocasiona en primera instancia compactación (disminuye el drenaje del suelo), luego una acción química (degradación estructural), acumulación progresiva de los residuos genera una acción biológica ( desarrollo de patógenos), finalmente, el exceso puede ocasionar una disminución del oxígeno (hasta anaerobiosis) en el medio, dificultando la mineralización del nitrógeno; por otra parte, las plantas absorben nitrógeno en cantidades mayores a las que pueden asimilar, presentándose acumulación de nitratos, que llegan a generar problemas de intoxicaciones (Casas y Guerra, 2020). Debido al reducido conocimiento en la zona de estudio sobre el uso de aguas residuales en el riego y la dosis optima de gallinaza sobre el rendimiento y calidad en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven se pretende realizar la presente investigación para generar información que ayude a los agricultores de la zona a mejorar sus volúmenes de producción y mejorar la calidad de vida de los mismos al mejorar sus ingresos.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

El problema en el sector agrícola se presenta por ser muy sensible a la escasez del recurso hídrico y a la disminución del mismo por la demanda creciente generada por el aumento poblacional y la reducción de fuentes de agua dulce, como resultado; la seguridad alimentaria se ve amenazada a futuro, obligando a buscar fuentes de riego que ayuden a cubrir los requerimientos hídricos de los cultivos de la zona. Una alternativa ante esta limitante, que está tomando impulso es el uso de aguas residuales como fuentes alternativas y confiables para fines agrícolas. La implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales considera 3 dimensiones: sanitario, agronómico y ambiental. Un tratamiento eficiente cumple normativas e información técnica que permiten aprovechar de forma segura este tipo de aguas.

El uso de fertilizantes químicos conlleva a problemas de degradación de suelos, afecta la salud de agricultores y consumidores, El uso de gallinaza en la agricultura es una práctica muy popular, el problema se presenta al no conocer una dosis que permita medir el verdadero impacto de la misma en el desarrollo y rendimiento del cultivo de lechuga. La mayoría de agricultores usa en exceso esta enmienda orgánica, por el desconocimiento de la dosis óptima de esta fuente usada como fertilizante edáfico lo que ocasiona una reducción en el rendimiento y calidad del producto final.

#### 1.2 Objetivos

##### 1.2.1 *General*

Evaluar el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven con dos tipos de agua y tres dosis de materia orgánica en Tunshi-Epoch.

##### 1.2.2 *Específicos*

- Evaluar el comportamiento agronómico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven bajo los tratamientos.
- Analizar la calidad de agua de los dos tratamientos.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

### **1.3 Justificación**

La alta demanda hídrica y nutricional de los cultivos presentes en la zona de estudio, ocasiona que los agricultores obtengan bajos rendimientos, como consecuencia generan pocos ingresos económicos. Para mejorar la calidad y volumen de producción del cultivo de lechuga es necesario cubrir dichos requerimientos. Por tal razón, el presente trabajo se realizó en la estación experimental de Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con el fin de determinar el mejor rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven, bajo irrigación con dos tipos de agua y la aplicación de tres dosis de gallinaza. Estudio que servirá como fuente de información para los agricultores del sector y zonas de características agroecológicas similares tendientes a mejorar la producción e ingresos. Mediante esto las aguas residuales ya no se consideran un problema que necesita solución, sino que son parte de la solución ante las adversidades. Una alternativa muy utilizada para cubrir los requerimientos nutricionales en la zona de estudio es el uso de gallinaza.

### **1.4 Hipótesis**

#### ***1.4.1 Nula***

El efecto de la aplicación de tres dosis de materia orgánica y agua tratada por fitorremediación no influye en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven.

#### ***1.4.2 Alterna***

Al menos una de las tres dosis de materia orgánica y el agua tratada por fitorremediación influye en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1 Aguas residuales

Son todas aquellas aguas que han sido afectadas por la acción del ser humano, ya sea en entornos domésticos o industriales. Más del 80 % de las aguas residuales se vierten al medio ambiente sin ser tratadas ni reutilizadas (FAO, 2023). Sin embargo, hay que tener en cuenta que no todas las aguas residuales llevan la misma cantidad, ni calidad de contaminantes. Las aguas residuales son las que han sido usadas en entornos domésticos y urbanos, o en las industrias y la ganadería. También las aguas naturales que, por accidente o mala praxis, se hayan mezclado con las anteriores. Según su proveniencia, el agua residual puede contener diversos contaminantes, bien sean sólidos o disueltos (TELWESA, 2022)

La contaminación de los recursos hídricos en todo el mundo es debido por la falta de plantas de tratamientos altamente eficientes, misma que incide y afecta la salud pública, al ambiente en general, por ende, se busca utilizar métodos que sirvan para la remediación de aguas contaminadas. La contaminación de los recursos naturales implica problemáticas socio ambientales que afectan, el bienestar y el valor de la naturaleza. En el Ecuador, se realiza el tratamiento entre el 10 y 25 % de las aguas residuales que son descargadas a los efluentes hídricos. La solución planteada para afrontar este problema en las principales ciudades del país fue la construcción de sistemas de lagunas de oxidación o estabilización (Pincay y Guerrero, 2023 pág. 183)

##### 2.1.1 Aguas residuales y riego

El uso de las aguas residuales se presenta como una de las fuentes alternativas para el riego en la agricultura urbana. Esto entraña un conjunto de interrogantes en cuanto a su manejo y las posibles afectaciones que ellas puedan ocasionar a los frutos cosechados, al suelo y al medio ambiente. La reutilización en agricultura de las aguas residuales tratadas es una opción que se está estudiando y adoptando cada vez más en regiones con escasez de agua. Muchas regiones del mundo están experimentando crecientes problemas de déficits hídricos. Esto se debe al crecimiento implacable de la demanda de agua frente a unos recursos hídricos estáticos o en disminución y a las periódicas sequías debidas a factores climáticos. Además de estas presiones se estima que un calentamiento global de 2°C, como consecuencia del cambio climático, podría llevar a una situación en la que de uno a dos mil millones de personas no cuenten con agua suficiente para satisfacer sus necesidades de consumo, higiene y alimentarias (FAO, 2013)

### **2.1.2 *Calidad del agua de riego***

El agua utilizada para riego con fines agrícolas tiene efectos importantes sobre la producción de cultivos, así como también sobre el deterioro químico del suelo. La calidad del agua constituye una variable a controlar en la agricultura de regadío, tanto a nivel fuente como a nivel sumidero. La calidad del agua para el riego es de gran importancia por razones de seguridad, debido a su potencial efecto sobre la salud humana y de los ecosistemas en general. La mala calidad del agua que se usa en el riego es una de las razones que justifica la presencia de patógenos en vegetales como el tomate y la lechuga. El concepto de calidad de agua para el riego se refiere a las características del agua que puedan afectar a los recursos suelo y cultivo en su uso a largo plazo (Betancourt, 2016 págs. 47-71)

La calidad del agua utilizada para riego se puede definir en función de 3 criterios principales: salinidad, sodicidad, alcalinidad y toxicidad. Los indicadores de salinidad fueron: conductividad eléctrica, salinidad efectiva, salinidad potencial. Los indicadores de sodicidad: Relación de adsorción de sodio, relación de adsorción de sodio corregido, carbonato de sodio residual. Los indicadores de toxicidad: Los iones presentes en las aguas de riego que pueden causar daño en forma individual o combinada son:  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$  Las variables indirectas (ambiente) son tolerancia de los cultivos a: salinidad, sodicidad, alcalinidad, manejo del riego y clima (Acosta y Salvadori, 2017 págs. 1-57)

**Tabla 2-1:** Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego (TULSMA)

<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
Aluminio	Al	mg/l	5.00
Arsénico (total)	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	1
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro (total)	B	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0.01
Carbamatos totales	concentración total carbamatos	mg/l	0.1
Cianuro (total)	CN-	mg/l	0.2
Cobalto	concentración total carbamatos	mg/l	0.05
Cobre	Cu	mg/l	2
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0.1
Flúor	F	mg/l	1
Hierro	Fe	mg/l	5
Litio	Li	mg/l	2.5
Materia flotante	visible	mg/l	ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Molibdeno	Mo	mg/l	0.01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0.001
Níquel	Ni	mg/l	0.2
Organofosforados totales	concentración total organofosforados	mg/l	0.1
Organoclorados (totales)	concentración total organoclorados	mg/l	0.2
Plata	Ag	mg/l	0.05
pH			6 a 9
Plomo	Pb	mg/l	0.05
Selenio	Se	mg/l	0.02
Zinc	Zn	mg/l	2
CE		milimhos/cm	N:0.7 L:0.7 M:3.0 S:>3.0
Sodio	Na	meq/l	N:3.0 L:3.0 M:9.0 S:>9.0
Cloruros	Cl	meq/l	N:3.0 L:3.0
Nitrógeno	N- NO3	mg/l	N:5.0 L:5.0 M:30.0 S:>30.
Bicarbonatos	HCO3	meq/l	N:1.5 L:1.5 M:8.5 S:>8.5

**Fuente:** (Ministerio Ambiente 5.1.3, 2015 págs. 14-17)

### **2.1.3 Tipos de aguas residuales**

#### **2.1.3.1 Domésticas o negras**

Proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal y de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas (Espigares y Pérez, 2020 págs. 1-22)

#### **2.1.3.2 Blancas**

Pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos. En aquellos lugares en que las precipitaciones atmosféricas son muy abundantes, éstas pueden de evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración (Espigares y Pérez, 2020 págs. 1-22)

#### **2.1.3.3 Industriales**

Proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales y contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos y subproductos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales (Espigares y Pérez, 2020 págs. 1-22)

#### **2.1.3.4 Agrícolas**

Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo (Espigares y Pérez, 2020 págs. 1-22)

## **2.2 Fitorremediación**

Aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Estas tecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo. Existen diversas técnicas Fito correctivas empleadas para restaurar suelos y efluentes contaminados; así como del potencial que ofrece el uso de plantas transgénicas (Delgado et al., 2011 págs. 1-10)

### **2.2.1 Planta de fitorremediación**

Es un depurador de aguas residuales cuyo objetivo fundamental es recoger las aguas de una población o de un sector industrial, y eliminar las sustancias contaminantes de esta manera para posteriormente, ser devuelta al ciclo del agua, ya sea mediante su vertido a los cauces de agua o bien para su reutilización en actividades como la agricultura. Entre las distintas sustancias que se han de eliminar, se encuentran residuos, aceites, arenas y distintos sólidos sedimentables, compuestos con nitratos, amoníaco y fosfatos (Rodríguez, 2020)

### **2.2.2 Tipos de fitorremediación**

La fitorremediación involucra diversas tecnologías para la descontaminación según el tipo de contaminante en los sistemas y la capacidad de las plantas utilizadas. Los tipos de fitorremediación son:

#### **2.2.2.1 Rizofiltración**

Se basa en la filtración de los compuestos en cultivos, hidropónicos, en los que las plantas actúan como una barrera que previene la contaminación en diversos cuerpos de agua y la lixiviación de los compuestos (Mendarte et al., 2021 págs. 1-12)

#### **2.2.2.2 Fitoextracción**

Las plantas también son utilizadas para extraer los contaminantes y acumularlos en los tejidos aéreos (traslocación) que después se cosechan, muy utilizada para extraer metales y metaloides pesados de suelos y cuerpos de agua, así como compuestos orgánicos de alto peso molecular (Mendarte et al., 2021 págs. 1-12)

#### **2.2.2.3 Fitoestabilización**

Estabiliza contaminantes, principalmente metales y metaloides pesados del suelo en el área de la rizosfera, lo que puede prevenir su lixiviación o disminuir su biodisponibilidad (Mendarte et al., 2021 págs. 1-12)



#### *2.2.2.4 Fitodegradación*

Las plantas pueden degradar compuestos orgánicos utilizando sus propias enzimas, los contaminantes orgánicos como hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos totales del petróleo, pesticidas, compuestos de cloro, explosivos y detergentes son degradados en sustancias menos tóxicas. El proceso se realiza a través de reacciones enzimáticas de plantas y microorganismos en la rizosfera, los contaminantes se descomponen o transforman total o parcialmente. Así, las plantas los asimilan y excretan en sus vacuolas o se adhieren a estructuras celulares insolubles como la lignina (Mendarte et al., 2021 págs. 1-12)

#### *2.2.2.5 Fitoestimulación*

Las plantas generan los exudados radiculares que estimulan el crecimiento de los microorganismos nativos capaces de degradar compuestos orgánicos xenobióticos. Por ejemplo, ensayaron con éxito el crecimiento de diferentes especies de plantas en presencia de pentaclorofenol e hidrocarburos aromáticos policíclicos (Mendarte et al., 2021 págs. 1-12)

#### *2.2.2.6 Fitovolatilización*

Absorción y transpiración de contaminantes por la planta, algunas tienen la capacidad de volatilizar mercurio, o selenio contenido en suelos, sedimentos y agua. Ciertos elementos se transforman en la raíz, pasan a las hojas y pueden volatilizarse en el ambiente en concentraciones comparativamente más bajas. Los contaminantes son absorbidos, metabolizados y transportados desde la raíz a las partes superiores donde son liberados a la atmósfera en formas volátiles menos tóxicas o relativamente menos peligrosas, comparadas con sus formas oxidadas (Bernal, 2014 págs. 245-257)

### **2.3 Abonos orgánicos**

Son fuente de vida bacteriana para el suelo y necesarios para la nutrición de las plantas. Los abonos orgánicos posibilitan la degradación de los nutrientes del suelo y permiten que las plantas los asimilen de mejor manera ayudando a un óptimo desarrollo de los cultivos. Los abonos orgánicos no solo aumentan las condiciones nutritivas de la tierra, sino que mejoran su condición física (estructura), incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del suelo. Su acción es prolongada, duradera y pueden ser utilizados con frecuencia sin dejar secuelas en el suelo y con un gran ahorro económico (FONAG, 2010 págs. 3-25)

### 2.3.1 Gallinaza

Principal fuente de nitrógeno en la fabricación de los abonos fermentados. Su principal aporte son el fosforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. Es un material compuesto por las excretas de las gallinas, residuos de alimentos, plumas, huevos rotos y el material fibroso de la cama con cal. Es uno de los abonos con mayor tasa de mineralización, lo cual hace una excelente fuente para el aporte de nitrógeno a los cultivos, al paso de tres semanas el nitrógeno orgánico de la gallinaza se mineraliza en un 75 % aproximadamente (Cahuana, 2021 págs. 1-98)

La cantidad de Norg incorporada al suelo por cada tonelada de gallinaza aplicada es de 22 kg, mientras que de N min se aporta en 3 kg por tonelada de gallinaza, siendo la forma amónica la dominante en la fracción mineral. La mineralización de este aporte de nitrógeno orgánico es muy dependiente de la humedad del suelo, la temperatura no es limitante. El fosforo en la gallinaza se encuentra como fosfato bicálcico que es muy asimilable para la planta, es fosforo orgánico está constituido por ácidos nucleicos, fosfolípidos y requieren de una mineralización para ser absorbidos por las plantas. El potasio procede de la orina y se encuentra en forma mineral, debido a su alta solubilidad puede perderse rápidamente por la lluvia (Jaramillo, 2016 págs. 50-270)

#### 2.3.1.1 Composición química de la gallinaza

**Tabla 2-2:** Composición química de la gallinaza

Parámetros	Gallinaza jaula	Gallinaza piso
Ph	9	8
Conductividad (mScm <sup>-1</sup> )	6.9	1.6
Humedad (%)	57.8	34.8
Cenizas (%)	23.7	14
Potasio (K20%)	1.9	0.89
Carbono orgánico (%)	19.8	24.4
Materia orgánica (%)	34.1	42.1
Nitrógeno (%)	3.2	2.02
Relación C/N	6.2	12.1
Fósforo (P20s)	7.39	3.6
C.I.C. (meq/100 g de muestra)	58.2	77
C.I.C. (meq/100 g MO)	226	138

**Fuente:** (Carhuacho, 2012 págs. 50-70)

### **2.3.2 Compost**

Al incorporar compost al suelo se reduce el pH en la rizosfera, mejorando la disponibilidad de nutrientes e incrementando el crecimiento y rendimiento de las plantas. Los bioestimulantes como: ácidos húmicos (ácidos húmicos, fúlvicos y huminas), microorganismos benéficos (hongos y bacterias) obtenidos a partir de este insumo orgánicos mejora el crecimiento y rendimiento de la planta e incrementan la tolerancia y respuesta a los estreses bióticos y abióticos (Julca, et al., 2022 págs. 1-12)

### **2.3.3 Humus de lombriz**

Resulta de la descomposición y estabilización microbiana de la materia orgánica, pasando todo este proceso por el tracto digestivo de las lombrices que son ingeridas. Eventualmente se utiliza como agente descomponedor a *Eysenia foetida*, teniendo características como capaz de colonizar múltiples residuos orgánicos, alta tasa de reproducción, es fuerte y fácil de manejar. El humus posee macro y microelementos, encontrándose en equilibrio en la concentración de solutos, permitiendo que no haya un antagonismo por un exceso de alguno de ellos. También, posee un pH neutro y posee una alta cantidad de ácidos húmicos y fúlvicos, que facilitan su asimilación (Chino, 2020 págs. 30-40)

## **2.4 Lechuga**

Planta anual y autógama, perteneciente a la familia Compositae y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L. Contiene en sus tejidos un látex lechoso, cuya cantidad disminuye con la edad de la planta. Puede ser de fotoperiodo largo o neutro, presenta una raíz pivotante y la mayoría de las raíces laterales se desarrollan en la capa superior del suelo (primeros 30 cm). El tallo es muy corto y lleva una roseta de hojas que luego se aprietan unas junto a otras formando un cogollo más o menos consistente, según la variedad. Las hojas pueden ser de formas y texturas diversas, según los cultivares. Durante la floración el tallo se alarga. Las flores se agrupan en número de 15 a 30 en inflorescencias compuestas constituyendo racimos de capítulos. Son liguladas, blancas o amarillentas y hermafroditas (INIA, 2017 págs. 20-30)

### 2.4.1 Clasificación taxonómica

La lechuga es una planta anual, autógama, diploide con  $2n= 18$  cromosomas.

**Tabla 2-3:** Clasificación taxonómica de la lechuga

<b>Reino</b>	Plantae- Plantas
<b>Subreino</b>	Tracheobionta- Plantas Vasculares
<b>Superdivisión</b>	Spennatophyta- Plantas con semilla
<b>División</b>	Magnoliophyta - Plantas con flores
<b>Familia</b>	Asteraceae
<b>Genero</b>	Lactuca L.
<b>Especie</b>	Lactuca sativa L

**Fuente:** (La Rosa, 2015 págs. 10-50)

### 2.4.2 Variedad

La lechuga Winterhaven es un material de gran aceptación en el mercado gracias a su elevado grado de germinación, alta compactación en su repollo y su resistencia al deshoje durante el transporte. Esto hace que sea una elección popular en la industria agropecuaria. Esta lechuga ofrece una excelente relación costo/beneficio. Esta variedad de lechuga se caracteriza por su crecimiento vigoroso, maduración uniforme y un tamaño y textura que cumplen con los estándares de calidad. Además, es tolerante al frío, lo que la hace ideal para su cultivo en diversas condiciones (AGROSCOPIO, 2024)

### 2.4.3 Fenología del cultivo de lechuga

**Tabla 2-4:** Fenología de la lechuga

Estadios fenológicos	Código	Descripción
Germinación (0)	00	Semilla seca
	01	Inhibición de la semilla
	03	Inhibición completa
	05	Emerge radícula de la semilla
	07	El hipocótilo con los cotiledones atraviesan el tegumento seminal
	09	Emergencia: los cotiledones salen a la superficie del suelo
	Desarrollo de las hojas (1)	10
11		Primera hoja verdadera desplegada
12		Segunda hoja verdadera desplegada
13		Tercera hoja verdadera desplegada
19		Nueve o más hojas verdaderas desplegadas
Desarrollo de las partes vegetativas (4)	41	La cabeza comienza a formarse: las dos hojas más jóvenes no se desenrollan.
	42	Se alcanza el 20% del tamaño esperado para la cabeza
	43	Se alcanza el 30% del tamaño esperado para la cabeza
	44	Se alcanza el 40% del tamaño esperado para la cabeza
	45	Se alcanza el 50% del tamaño esperado para la cabeza
	46	Se alcanza el 60% del tamaño esperado para la cabeza
	47	Se alcanza el 70% del tamaño esperado para la cabeza
	48	Se alcanza el 80% del tamaño esperado para la cabeza
	49	Tamaño y forma de la cabeza

**Fuente:** (López y Frezza, 2022 págs. 3-84)

### 2.4.4 Variables agronómicas en la variedad *Winterhaven*

#### 2.4.4.1 Altura

La altura de la planta de lechuga se encuentra en el rango de 6 - 12 pulgadas (15 – 30 cm) (Martínez y Garcés, 2010 págs. 185-198)

#### 2.4.4.2 Número de hojas

La variedad se caracteriza por una madurez uniforme, en el que el número de hojas se encuentra alrededor de 35 (Martínez y Garcés, 2010 págs. 185-198)

#### *2.4.4.3 Días a la cosecha*

El ciclo de la lechuga en esta variedad está alrededor de los 110 días, en México es recomendada sembrar para realizar cosechas en invierno (KRISTENSEED, 2024)

#### *2.4.4.4 Diámetro ecuatorial*

El diámetro ecuatorial en el cultivo de lechuga se encuentra en los 18.7 cm y el diámetro polar 14.3 cm (Campos, 2012 págs. 1-50)

#### *2.4.4.5 Peso del repollo*

El peso del repollo en esta variedad está comprendido en el rango de 800 - 1.500 gr (AGROSHOW, 2024)

#### *2.4.4.6 Materia seca*

Contenido en materia seca y agua: entre el 10% y el 15% es materia seca y el resto, agua, por lo que se trata de una hortaliza muy refrescante y de bajo valor energético (Campos, 2012 págs. 1-50)

#### *2.4.4.7 Rendimiento*

El rendimiento de esta variedad a una distancia de siembra de 35 cm x 40 cm es de 40 t/ha (AGROSHOW, 2024)

### **2.4.5 Requerimientos edafoclimáticos**

#### *2.4.5.1 Suelo*

La lechuga es una planta que prospera en un suelo rico en nutrientes y bien drenado. prefiere un suelo fértil con un pH que oscila entre 6 y 6,8. Para tener plantas prósperas y buenos rendimientos, los agricultores prefieren mantener el suelo constantemente húmedo. Realizar un análisis de suelo antes de plantar (WIKIFARMER, 2024)

#### *2.4.5.2 Precipitación*

Requiere precipitaciones que oscilan entre los 1200 a 1500 mm anuales, necesitando entre 250 a 350 mm durante su período vegetativo. Cuando existe un exceso de humedad es muy perjudicial ya que favorece la proliferación de las enfermedades fungosas y bacterianas (Arévalo y Lucero, 2012 págs. 50-60)

#### *2.4.5.3 Humedad relativa*

El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y no soporta la sequía. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%. En los invernaderos incrementa la humedad ambiental, por ende, es factible producir al aire libre (Arévalo y Lucero, 2012 págs. 50-60)

### **2.4.6 Requerimientos hídricos**

#### *2.4.6.1 Coeficiente del cultivo de lechuga (Kc)*

El coeficiente de cultivo es un valor adimensional que describe la variación de agua extraída del suelo por la planta desde la siembra hasta la cosecha por efecto de la evaporación y la transpiración. En las primeras fases del crecimiento de la lechuga a causa de su sistema radical poco desarrollado y de la baja capacidad de absorción requiere riegos frecuentes (Cun et al., 2015 págs. 1-7). Los rangos del valor de Kc para usar con la fórmula de Penman Monteith para el cultivo de lechuga son Kci (0.7), Kcm (1.0) y Kcf (0.95) (FAO, 2005 págs. 183-204)

#### *2.4.6.2 Evapotranspiración real (ETR)*

El mayor valor se alcanza en la fase de formación de roseta de hojas al desarrollo de la misma, demanda el 70% del total de agua. En esta fase es importante garantizar un nivel adecuado de agua para el crecimiento y posterior desarrollo del cultivo. El comportamiento de la evapotranspiración del cultivo para todo su período de desarrollo es dinámico al incrementar los valores a medida que avanza el ciclo del cultivo. El mayor valor (4,21 mm), se alcanza a los 30 días después del trasplante, que coincide con el período de máximo desarrollo de la roseta de hojas (Cun et al., 2015 págs. 1-7)

### **2.4.7 Fertilización**

La cantidad de nutrientes que absorbe la lechuga va a depender de la cantidad de biomasa producida por los distintos órganos de la planta (hojas, tallo, raíz) por lo que las extracciones van a variar dependiendo del tipo de lechuga, variedad, ciclo de cultivo. Para una producción de 35 t/ha la extracción de nutrientes por la lechuga viene a ser de 80-100 kg/ha de N, 30-50 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 160-210 kg/ha de K<sub>2</sub>O. El ritmo de absorción del nitrógeno está relacionado con el de la producción de biomasa vegetal, acentuándose en la fase de formación del cogollo. Sin embargo, un exceso de este elemento puede provocar un retraso en el acogollado. Las lechugas cultivadas en invierno requieren una fertilización nitrogenada más alta (20-30 kg/ha) que las cultivadas en primavera ya que la mineralización del nitrógeno orgánico del suelo resulta mucho más lenta. El fósforo ejerce una acción estimuladora del sistema radicular y formación del cogollo. Su absorción está muy relacionada con la temperatura del suelo, por lo que las carencias de este elemento se intensifican en las épocas más frías (T < 9-12°C) (CAJAMAR, 2023 págs. 1-3)

### **2.4.8 Enfermedades que afectan la lechuga**

#### **2.4.8.1 Mildiu vellosa (*Bremia lactucae*)**

La enfermedad se presenta, a veces, con la germinación de la semilla, apareciendo las hojas cloróticas y terminando por morir. En pleno campo las plantas suelen ser afectadas a partir de la formación del cogollo, manifestándose en las hojas basales. En éstas se pueden apreciar, por el haz, unas áreas cloróticas muy bien definidas por las nerviaciones, de contorno poligonal, y recubiertas, por el envés, de un polvo blanco parecido a granos de azúcar. Estas hojas terminan por morir y deprecian considerablemente la calidad de la planta, lo que obliga a tener que desgajarlas antes de su comercialización (MASSO,2023)

#### **2.4.8.2 Esclerotiniosis (*Sclerotinia sclerotium*)**

Las plantas enfermas pueden manifestar síntomas desde los primeros momentos de su desarrollo, apareciendo plántulas que mueren súbitamente al poco de nacer; no obstante, el síntoma más frecuente de la enfermedad se presenta cuando la lechuga forma el cogollo, y se caracteriza porque las plantas afectadas aparecen sin turgencia, mustias, arrancándose con extraordinaria facilidad del suelo; por otra parte, las hojas basales están ennegrecidas y húmedas. Sobre los tejidos putrefactos se forman los esclerocios, blancos al principio y negros después, con un tamaño variable de 4 a 10 mm (NEVAL, 2018)



#### 2.4.8.3 *Virus del mosaico de la lechuga*

Es una de las principales virosis que afectan al cultivo de la lechuga y causa importantes daños. Se transmite por semilla y por pulgones. Los síntomas producidos pueden dar inicio en semillero, presentando moteados y mosaicos verdosos que se van acentuando al crecer las plantas, dando lugar a una clorosis generalizada, en algunas variedades pueden presentar clorosis foliares (Toapaxi, 2023 págs. 1-69)

### 2.4.9 *Plagas*

#### 2.4.9.1 *Pulgones*

Las plantas parasitadas por pulgones se caracterizan por el enrollamiento de las hojas y manchado de las mismas por melaza, características que deprecian significativamente a estos vegetales que se consumen por sus hojas. Otras veces los pulgones no producen ningún síntoma, tal es el caso de *Aulacorthum solani*, pero la sola presencia de estos insectos en las hojas, en unos vegetales que se compran para consumir éstas, es causa de una depreciación económica importante (NEVAL, 2018)

#### 2.4.9.2 *Spodoptera*

Forman pequeños agujeros en las hojas, causando defoliación. Comienza destruyendo el envés de la hoja, donde se suele esconder, pero al crecer, sus mandíbulas adquieren capacidad de comer la hija de arriba abajo y llegan a la epidermis de la hoja. Pueden destruir la yema apical de crecimiento, deteniendo el desarrollo de la planta (NEVAL, 2018)

#### 2.4.9.3 *Minadores*

Retrasa el inicio de la maduración de las plantas. Excava galerías en las hojas al tiempo que se alimenta del parénquima, lo cual debilita considerablemente a la planta y provoca el marchitamiento y la caída de las hojas. Además, los daños que producen en las hojas pueden suponer una posible entrada a otro tipo de enfermedades en la planta (NEVAL, 2018)

#### 2.4.9.4 *Mosca blanca*

Produce un debilitamiento general de la planta picando y absorbiendo los jugos fotosintéticos (Toapaxi, 2023 págs. 1-69)

#### *2.4.9.5 Gusano alambre*

Estos gusanos viven en el suelo y producen daños graves al comer raíces. Además, son puerta de entrada de enfermedades producidas por hongos del suelo. Conviene tratar al suelo antes de sembrar (Toapaxi, 2023 págs. 1-69)

### **2.5 Riego**

El agua se aplica al suelo y no a la planta, reponiendo lo gastado. Esta agua es consumida por las plantas en un período comprendido entre dos aplicaciones sucesivas. El agua se aplica a la zona de raíces. Un riego eficiente es aquél que humedece adecuadamente la zona radicular. Por otro lado, la aplicación debe ser oportuna de tal manera que las plantas no sufran por déficit, ni por exceso de humedad. Por ello, la cantidad de agua que se incorpore al perfil del suelo debe corresponder al agua consumida por el cultivo (PRONAMACHS, 2004 págs. 413-483)

#### ***2.5.1 Riego por goteo***

Aplica agua filtrada y soluciones fertilizantes, dentro o sobre el suelo, directamente a cada planta en forma individual, mediante emisores (goteros) anexados a las líneas laterales. La característica principal es que el agua se aplica en base a baja presión y alta frecuencia, con lo cual se crea un medio ambiente óptimo de humedad en el suelo, logrando una alta eficiencia en el uso del agua (PRONAMACHCS, 2020). Este sistema consta de filtros, reguladores de presión, tubos conductores, laterales para bajar la presión y emisores comúnmente denominados “goteros”. La descarga de los emisores fluctúa en el rango de 2 a 4 litros por hora por cada gotero. Este método, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, y es válido para casi todo tipo de cultivos, es así que su nivel de eficiencia alcanza un 90%-95 % (León, 2018 págs. 35-60)

#### ***2.5.2 Lámina de riego***

En un estudio que evaluó láminas de riego en el cultivo de lechuga, recomienda aplicar laminas diarias teniendo en cuenta el balance hídrico de la zona y factores climáticos como la temperatura, humedad relativa, horas sol, velocidad del viento, los mismo que son determinantes en la evapotranspiración potencial al relacionarlo con el coeficiente del cultivo y determinar la evapotranspiración real del mismo, considerando todos estos factores aseguramos que la planta reciba la cantidad necesaria en el momento oportuno. Finalmente indican que la mayor producción de lechuga en el ensayo se alcanzó usando una lámina de 1,1 mm (Erazo et al., 1993 págs. 1-7)

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Características del área donde se realizó el ensayo

##### 3.1.1 Ubicación política

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Parroquia: Licto

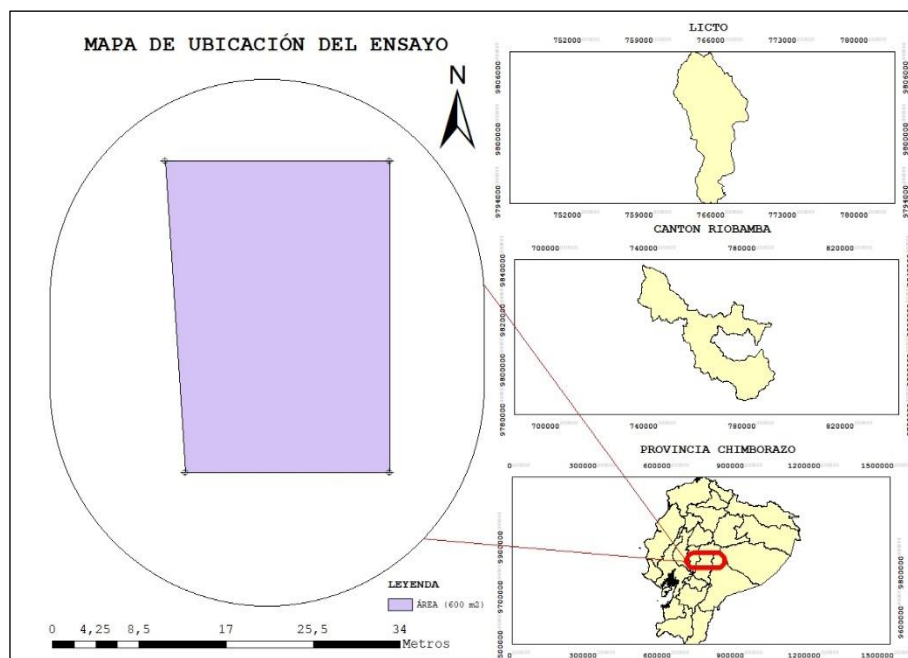
Sector: Tunshi San Nicolas (Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH) (Ilustración 3-1).

##### 3.1.2 Ubicación geográfica de la Estación Experimental Tunshi

Latitud: 1°45'1.98"S

Longitud: 78°37'38.23"O

Fuente: GPS



**Ilustración 3-1:** Mapa de ubicación del ensayo

Realizado por: Cacoango, G, 2024

### **3.1.3 Características meteorológicas**

Precipitación media anual: 835,6 mm

Temperatura media anual: 13,8 ° C

Evaporación diaria anual: 2,29 mm

Humedad relativa media anual: 83 %

Velocidad del viento media anual: 2,0 km/h

Presión Atmosférica: 1009,2 hPa

Fuente: Estación Meteorológica Tunshi

## **3.2 Materiales y equipos para evaluar en campó**

### **3.2.1 Insumos**

- 2000 plántulas de lechuga variedad Winterhaven
- Abono gallinaza

### **3.2.2 Herramientas**

- Azadas, estacas, piolas, letreros de identificación, balde, bomba de fumigar.
- Sistema de riego (cinta de goteo sustream 2 l/h, codos, tapón macho, válvulas PVC).

### **3.2.3 Materiales de oficina**

- Libreta apuntes, computadora, impresora, hojas.

## **3.3 Tratamientos**

Los tratamientos en estudio son dos tipos de agua (tratada y sin tratar), con tres dosis de materia orgánica (gallinaza).

### **3.3.1 Parcela grande**

A1= Agua de riego

A2= Agua tratada

### 3.3.2 Parcela pequeña

B1= Dosis cero (0 t/ha)

B2= Dosis media (1,5 t/ha)

B3= Dosis alta (3,0 t/ha)

**Tabla 3-1:** Tratamientos en estudio

Tratamientos	Código	Descripción
T1	A1B1	Agua Tunshi + Gallinaza (0 t/ha)
T2	A1B2	Agua Tunshi + Gallinaza (1,5 t/ha)
T3	A1B3	Agua Tunshi + Gallinaza (3,0 t/ha)
T4	A2B1	Agua tratada + Gallinaza (0 t/ha)
T5	A2B2	Agua tratada + Gallinaza (1,5 t/ha)
T6	A2B3	Agua tratada + Gallinaza (3,0 t/ha)

Realizado por: Cacoango G., 2024.

### 3.4 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), en arreglo de parcelas divididas con seis tratamientos y tres repeticiones (2 x 3 x3).

#### 3.4.1 Esquema del análisis DBCA

**Tabla 3-2:** Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Formula	Grados de libertad (gl)
Bloque	r-1	2
Factor A	a-1	1
Error A	(a-1) (r-1)	2
Factor B	b-1	2
A x B	(a-1) (b-1)	2
Error B	a (b-1) (r-1)	8
Total		17

Realizado por: Cacoango G., 2024.

### **3.4.2 Análisis funcional**

- Se determinó el coeficiente de variación (%).
- Se realizó el análisis de correlación y regresión.
- Se aplicó la prueba de Tukey para los tratamientos que presentaron significancia.

### **3.5 Implementación planta de fitorremediación**

Se implementó la planta de fitorremediación cuyas dimensiones son de 3 m de largo, 1 m de ancho y 0,80 m de profundidad. La superficie de agua quedó expuesta a la atmósfera, el fondo es impermeable, la vegetación se constituyó por plantas depuradoras de grasa (totora y cartuchos) que se desarrollan bien en aguas poco profundas 0,1 m a 0,4 m (ANEXO A).

### **3.6 Delimitación área ensayo**

Forma de parcela: Rectangular

Área total del ensayo: 600 m<sup>2</sup> (largo :20 m ancho: 30 m)

Área de cada unidad experimental: 33 m<sup>2</sup> (largo :6,6 m ancho: 5 m)

Número total de unidades experimentales: 18

Número de surcos unidad experimental: 7

Numero de plantas por unidad experimental: 20

Distancia entre plantas y surcos: 0,40 m x 0,30 m

### **3.7 Métodos**

#### **3.7.1 Evaluar el comportamiento agronómico de la lechuga Winterhaven**

##### **3.7.1.1 Fenología del cultivo**

De cada unidad experimental se seleccionó e identificó 20 plántulas de lechuga a las cuales se realizó el seguimiento y toma de datos que permitieron alcanzar los objetivos propuestos.

#### **Altura de la planta**

La medición se realizó con un flexómetro en las 20 plantas muestreadas en cada tratamiento. (A los 30, 45 y 60 días después del trasplante).

### **Número de hojas**

Se contabilizó el número de hojas en cada una de las plantas evaluadas en cada tratamiento. (A los 30, 45 y 60 días después del trasplante).

### **Días formación del repollo (DFR)**

Se registró el número de días transcurridos desde el trasplante hasta que el 50% de las plantas presenten la formación de la cabeza (repollo).

### **Días a la cosecha (DC)**

Se contabilizó el tiempo transcurrido en días, desde el trasplante hasta cuando los repollos alcanzaron el 80% de su madurez comercial.

### **Materia seca (MS)**

Se peso las plantas evaluadas y se obtuvo el peso húmedo (Ph), luego se colocó en bandejas de papel aluminio y coloco a la estufa por 24 horas a 120 °C, se procedió a pesar (Ps). Con los datos obtenidos se determinó el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula:

$$(\%)Humedad = \frac{Peso\ húmedo\ (Ph) - Peso\ seco\ (Ps)}{Peso\ húmedo\ (Ph)} * 100$$

Dónde:

Ph = Peso fresco

Ps = Peso seco

Finalmente se determinó el porcentaje de materia seca (%) con la siguiente formula:

$$(\%)Materiaseca = 100 - \%Humedad$$

#### *3.7.1.2 Parámetros de calidad*

### **Diámetro ecuatorial del repollo (DER)**

Con la ayuda de un calibrador pie de rey se determinó el diámetro del repollo en la cosecha (cm).

### **Peso del repollo (PR)**

Con la ayuda de una balanza se procedió a determinar el peso del repollo de las plántulas muestreadas y se registró en una hoja de cálculo en Excel.

### **Rendimiento (kg/ha)**

Se realizó la sumatoria de los pesos por repollo de todas las plantas presentes en mi unidad experimental ( $\text{kg } 33 \text{ m}^{-2}$ ) y se proyectó a una hectárea (kg/ha).

#### ***3.7.2 Calidad del agua***

El análisis químico del agua se realizó antes y después de recibir el tratamiento de fitorremediación, para lo cual se tomó muestras de agua y se envió al laboratorio Agrarprojekt.

#### ***3.7.3 Análisis económico de los tratamientos***

En el análisis económico se consideró costos directos e indirectos, en estos últimos se consideró la depreciación de la vida útil en 15 años, finalmente se determinó la relación Beneficio-Costo de los tratamientos en estudio.



## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados del comportamiento agronómico

##### 4.1.1 Altura de planta a los 30, 45, 60 DDT

En la Tabla 4-1, el análisis de varianza para altura de la planta a los 30, 45 y 60 días DDT no presentó diferencias significativas en la interacción, ni en el factor agua, demostrando que el tipo de agua, y la interacción no tienen efecto significativo sobre la altura de la planta. Mientras que, se observó diferencias altamente significativas en las dosis de gallinaza (B) a los 30 DDT (p-valor= $<0,0039$ ), 45 DDT (p-valor= $<0,0005$ ) y 60 DDT (valor= $<0,0001$ ), lo que indica que la altura de la lechuga vario dependiendo la dosis de gallinaza.

Además, se observó un incremento gradual de la altura de la planta en el transcurso del tiempo, con 8,33 cm a los 30 DDT, 15,23 cm a los 45 DDT y 18,37 cm a los 60 DDT.

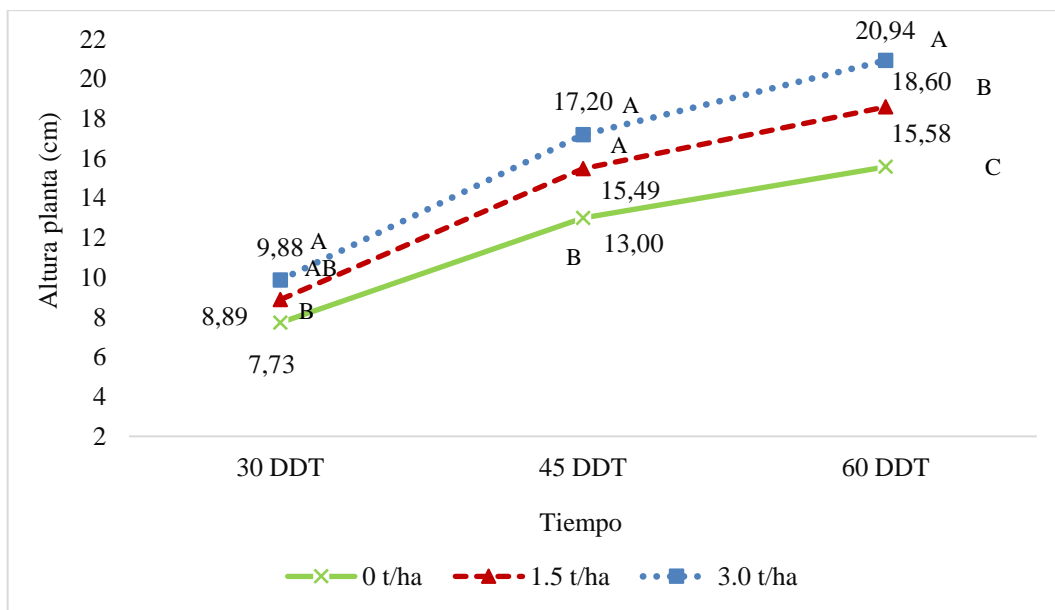
**Tabla 4-1:** Análisis de varianza para altura de la planta 30, 45 y 60 DDT

F.V.	gl	30 DDT		45 DDT		60 DDT	
		p-valor	significancia	p-valor	significancia	p-valor	significancia
<b>Bloque</b>	2	0,7454	ns	0,0992	ns	0,1998	ns
<b>Agua</b>	1	0,6968	ns	0,1152	ns	0,3855	ns
<b>Error A</b>	2	0,9814	ns	0,4948	ns	0,9643	ns
<b>Gallinaza</b>	2	0,0039	**	0,0005	**	$<0,0001$	**
<b>Gallinaza*agua</b>	2	0,5563	ns	0,3404	ns	0,4906	ns
<b>Error B</b>	8						
<b>Total</b>	17						
<b><math>\bar{X}</math> (media)</b>			8,33		15,23		18,37

**Nota:** ns (no significativo); \* (Significativo); \*\* (Altamente significativo)

**Realizado por:** (Cacoango, G., 2024)

En la Ilustración 4,1 se observó un incremento gradual en la altura de planta en todas las dosis aplicadas a medida que el tiempo transcurría. Se destacó la altura a los 60 DDT por presentar la mayor longitud con 20,94 cm mediante la aplicación de 3 t/ha de gallinaza. Por otro lado, en la dosis de 0 t/ha exhibió la menor altura con 15,58 cm.



**Ilustración 4-1:** Altura de planta a los 30, 45, 60 DDT, según la dosis de gallinaza

**Realizado por:** (Cacoango, G., 2024)

En el comportamiento agronómico, las dosis de gallinaza tuvieron un efecto significativo en la altura de la planta a los 30, 45 y 60 DDT, mostrando un incremento gradual en altura a lo largo del tiempo, destacándose la dosis de 3 t/ha por presentar la mayor altura superando significativamente a las dosis de 0 t/ha y 1,5 t/ha. De acuerdo con estudios realizados por (Albaba, et al., 2021, p. 59) determinaron que por cada 1t/ha de gallinaza aplicada, la altura de la lechuga aumenta de manera positiva. Esta relación se reflejó en nuestra investigación donde se obtuvo una diferencia en la altura entre la dosis de 3 t/ha y 1,5 t/ha. Además, según (Jaramillo, et al., 2014 p. 36) mencionan que la lechuga var. Winterhaven presentó una altura promedio de 21 cm, resultados que son similares con los obtenidos en la investigación. Por lo tanto, para obtener las mejores cualidades en cuanto a altura en el cultivo de lechuga, se recomienda la aplicación de 3 t/ha de gallinaza.

#### 4.1.2 Número de hojas a los 30, 45, 60 DDT.

En el análisis de varianza del número de hojas a los 30, 45 y 60 días DDT no se observó diferencias significativas en la interacción, ni en el factor A, demostrando que el tipo de agua, y la interacción no tienen un efecto significativo sobre el número de hojas. Se observó diferencias altamente significativas en las dosis de gallinaza (B) a los 30 DDT (p-valor= $<0,0001$ ), 45 DDT (p-valor= $<0,0014$ ) y 60 DDT (valor= $0,0001$ ), indicando un efecto significativo sobre el número de hojas (Ver Tabla 4-2).

Además, se observó un incremento gradual del número de hojas con el tiempo, con 5,63 hojas/planta a los 30 DDT, 8,96 hojas/planta a los 45 DDT y 9,68 hojas/planta a los 60 DDT.

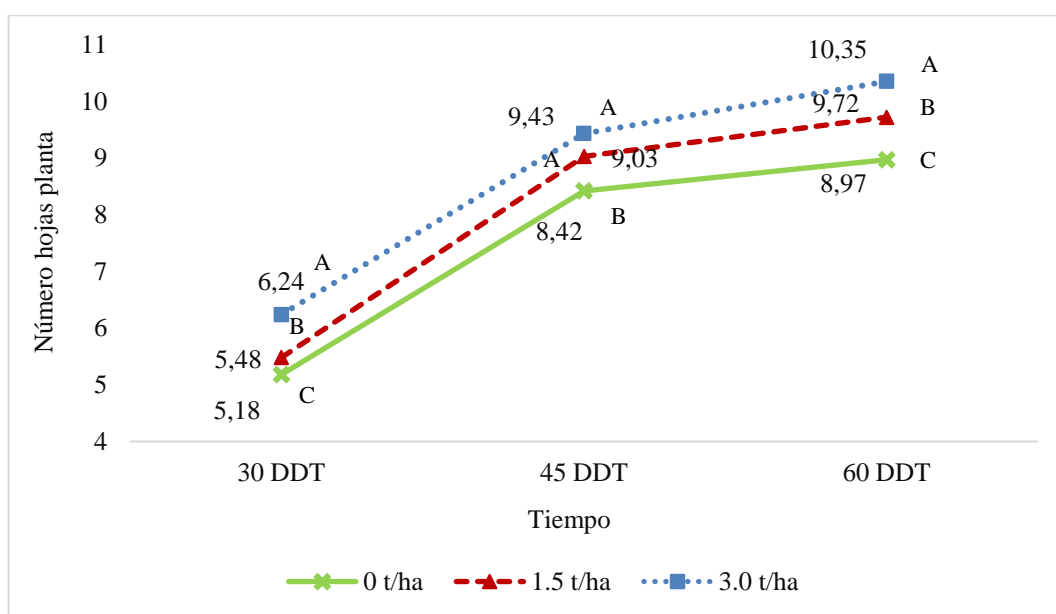
**Tabla 4-2:** Análisis de varianza del número de hojas a los 30, 45, 60 DDT

F.V.	30 DDT			45 DDT		60 DDT	
	gl	p-valor	Significancia	p-valor	significancia	p-valor	significancia
<b>Bloque</b>	2	0,0424	*	0,2023	ns	0,4813	ns
<b>Agua</b>	1	0,0788	ns	0,3451	ns	0,9565	ns
<b>Error A</b>	2	0,2291	ns	0,0206	*	0,2249	ns
<b>Gallinaza</b>	2	<0,0001	**	0,0014	**	0,0001	**
<b>Gallinaza*Agua</b>	2	0,1712	ns	0,4421	ns	0,1873	ns
<b>Error B</b>	8						
<b>Total</b>	17						
<b><math>\bar{x}</math> (media)</b>			5,63		8,96		9,68

Nota: ns (no significativo); \* (Significativo); \*\* (Altamente significativo)

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

En la Ilustración 4-2, se observó un incremento gradual del número de hojas en todas las dosis aplicadas a medida que el tiempo transcurría. Se destacó por el número de hojas a los 60 DDT por presentar el mayor número con 10,35 hojas mediante la aplicación de 3 t/ha de gallinaza. Por otro lado, la dosis de 0 t/ha exhibió el menor número de hojas con 8,97 hojas.



**Ilustración 4-2:** Número de hojas a los 30, 45, 60 DDT, según la dosis de gallinaza

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

La dosis de gallinaza tuvo un impacto significativo en el comportamiento agronómico del número de hojas/planta, donde se observó un mayor número de hojas a medida que se incrementó la dosis. Alcanzando el mayor número de hojas con la dosis de 3 t/ha frente a las dosis de 1,5t/ha y 0 t/ha. Según (Altunta et al., 2022, p. 13 ) menciona que el aumento en la cantidad de gallinaza aplicada (t/ha) se correlaciona positivamente con el número de hojas y el área foliar de la lechuga. Además, según (Toapaxi, 2023 p. 28) menciona que a los 60 DDT la lechuga presentó 11 hojas/planta. Por tanto, para llegar a obtener resultados similares y óptimos es necesario aplicar una dosis de 3 t/ha de gallinaza.

#### 4.1.3 Días a la formación del repollo

De acuerdo con la tabla 4-3 se obtuvo diferencias altamente significativas en el factor dosis de gallinaza (p-valor=0,0005), lo que indica que ejercieron una influencia en los días requeridos para la formación del repollo. Sin embargo, no se observó diferencias en la interacción ni en el factor agua. Además, se determinó que la media de días requeridos para la formación del repollo fue de 51,09 días.

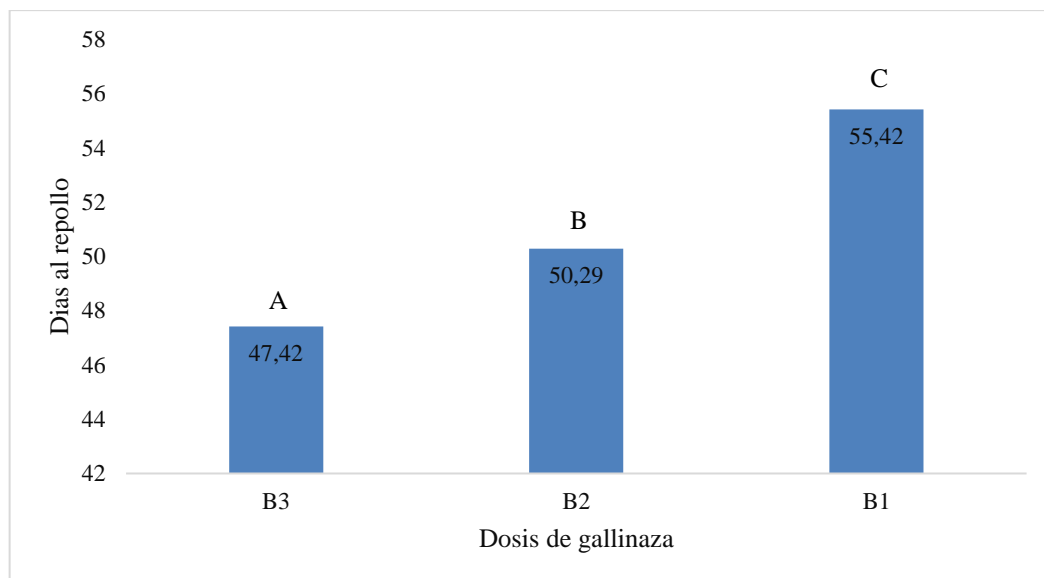
**Tabla 4-1:** Análisis de varianza para los días a la formación del repollo

<b>F.V.</b>	<b>Gl</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
<b>Bloque</b>	2	0,269	ns
<b>Agua</b>	1	0,0531	ns
<b>Error A</b>	2	0,7792	ns
<b>Gallinaza</b>	2	0,0005	**
<b>Gallinaza*agua</b>	2	0,956	ns
<b>Error B</b>	8		
<b>Total</b>	17		
<b><math>\bar{x}</math> (media)</b>		51,09	

**Nota:** ns (no significativo); \* (Significativo); \*\* (Altamente significativo)

**Realizado por:** (Cacoango, G., 2024)

En la Ilustración 4-3, se evidenció que la dosis de gallinaza alcanzó la formación más rápida del repollo fue de 3 t/ha, en 47,42 DDT, ubicado en el grupo A. Por otro lado, la dosis sin aplicación de gallinaza, 0 t/ha, requirió un tiempo mayor para alcanzar la formación del repollo, con un promedio de 55,42 días, ubicándose en el grupo C.



**Ilustración 4-3:** Días a la formación del repollo según la dosis de gallinaza

**Realizado por:** (Cacoango, G., 2024)

En el comportamiento agronómico del repollo la dosis de 3 t/ha demostró ser más precoz al alcanzar más rápido la formación del repollo, esta etapa se presentó 8 días antes frente a los tratamientos que se usó una dosis media (1,5 t/ha) y cero (0 t/ha). (León, 2018 págs. 35-60) determinó en su investigación que la variedad Winterhaven alcanzó esta etapa (formación del repollo) a los 57 días después del trasplante. Sin embargo, los resultados obtenidos en nuestro estudio indican que esta etapa se alcanzó en menos días (47,42 días). Estos resultados podrían haber sido influenciados por las dosis de gallinaza, lo que contribuyó a acelerar la formación del repollo en 10 días menos de lo esperado. Además, no se puede descartar la posibilidad de que las condiciones locales y climáticas también hayan tenido un impacto significativo. Por tanto, la dosis de 3 t/ha es la más efectiva para alcanzar más rápido la formación del repollo, y permitirá realizar a los agricultores más ciclos de producción al año.

#### **4.1.4 Días a la cosecha DDT**

En el análisis de varianza de la tabla 4-4, se obtuvo diferencias significativas en el factor agua (p-valor= 0,035), mientras que en el factor gallinaza se obtuvo diferencias altamente significativas (p-valor=0,0005), lo que indica que el tipo de agua y las dosis de gallinaza ejercieron una influencia significativa en los días a la cosecha. Sin embargo, no se observó diferencias en la interacción. Además, se determinó que la media de los días a la cosecha DDT fue de 74,54 días.

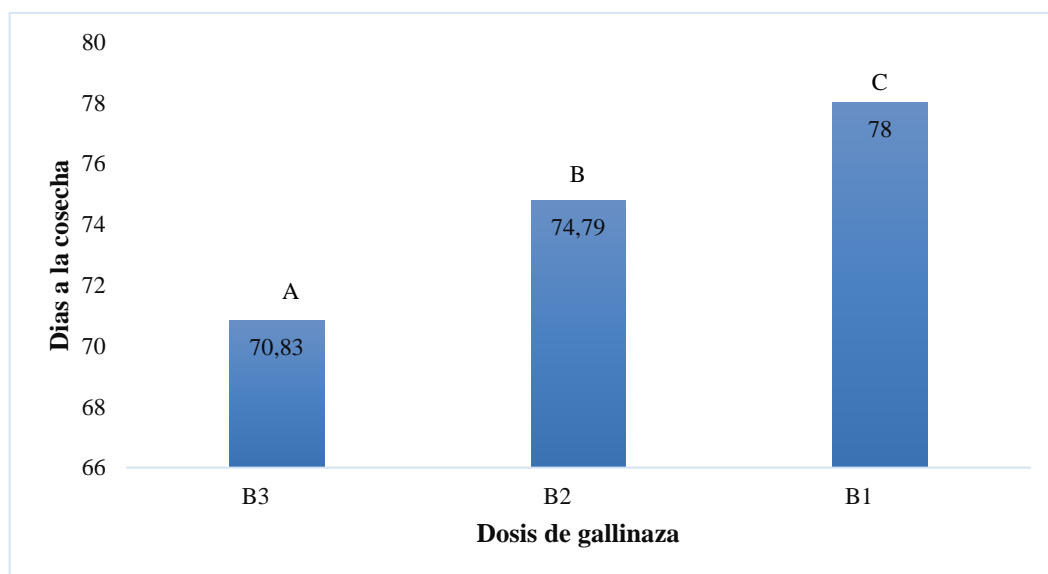
**Tabla 4-2:** Análisis de varianza para los días a la cosecha DDT

F.V.	Gl	p-valor	Significancia
<b>Bloque</b>	2	0,2004	ns
<b>Agua</b>	1	0,0355	*
<b>Error A</b>	2	0,8751	ns
<b>Gallinaza</b>	2	<0,0001	**
<b>Gallinaza*agua</b>	2	0,8061	ns
<b>Error B</b>	8	0,2004	ns
<b>Total</b>	17		
<b><math>\bar{X}</math> (media)</b>			74,54

Nota: ns (no significativo); \* (Significativo); \*\* (Altamente significativo)

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

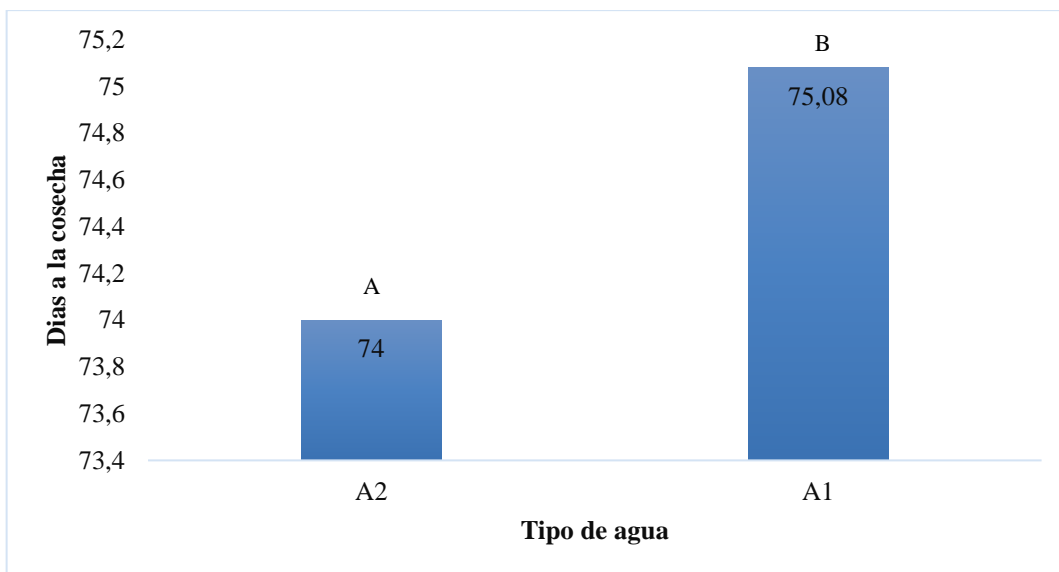
En la Ilustración 4-4, se evidenció que la dosis de gallinaza que alcanzó más rápido a los días a la cosecha fue de 3 t/ha, en 70,83 DDT, ubicado en el grupo A. Por otro lado, la dosis sin aplicación de gallinaza, 0 t/ha, requirió un tiempo mayor de 78 DDT, ubicándose en el grupo C.



**Ilustración 4-4:** Días a la cosecha DDT, según la dosis de gallinaza

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

En la Ilustración 4-5, se evidenció que con el agua tratada por fitorremediación se alcanzó más rápida los días a la cosecha en 74 DDT, ubicado en el grupo A. Por otro lado, el agua de Tunshi requirió un tiempo mayor para alcanzar los días a la cosecha, tardando 1,08 días más y ubicándose en el grupo B.



**Ilustración 4-5:** Días a la cosecha DDT, según el tipo de agua

**Realizado por:** (Cacoango, G., 2024)

En los días a la cosecha después del trasplante, se observó una influencia significativa en el comportamiento agronómico, donde mediante el agua tratada por fitorremediación y 3 t/ha de gallinaza se llegó más rápido a esta etapa en 74 días y 70,83 días después del trasplante, respectivamente. Según (León, 2018), menciona que el número de días a la cosecha de la var. Winterhaven es a los 70 días. Además, según (Guadarrama y Galván 2015, págs. 1-8), menciona que el agua influye según su calidad en el desarrollo y rendimiento del cultivo de lechuga, al intervenir en procesos fisiológicos. Esto sugiere que el agua tratada por fitorremediación puede generar resultados similares e incluso podría ser más beneficiosa que el agua de riego convencional. En cuanto a la cantidad de materia orgánica, según (INTRAGRI, 2015) menciona que la gallinaza utilizada en cantidades adecuadas actúa de manera positiva en el cultivo en su desarrollo y rendimiento. Por tanto, el riego mediante agua tratada por fitorremediación y la aplicación de 3 t/ha de gallinaza favorece a alcanzar más rápido a la etapa de cosecha.

#### **4.1.5 Diámetro ecuatorial del repollo (cm)**

De acuerdo con la tabla 4-5 se obtuvo diferencias altamente significativas en el factor gallinaza ( $p$ -valor=0,0004), lo que indica que las dosis de gallinaza influyeron en diámetro ecuatorial del repollo. Sin embargo, no se observó diferencias en la interacción ni en el factor agua. Además, se determinó que la media del diámetro ecuatorial del repollo fue de 14,89 cm.

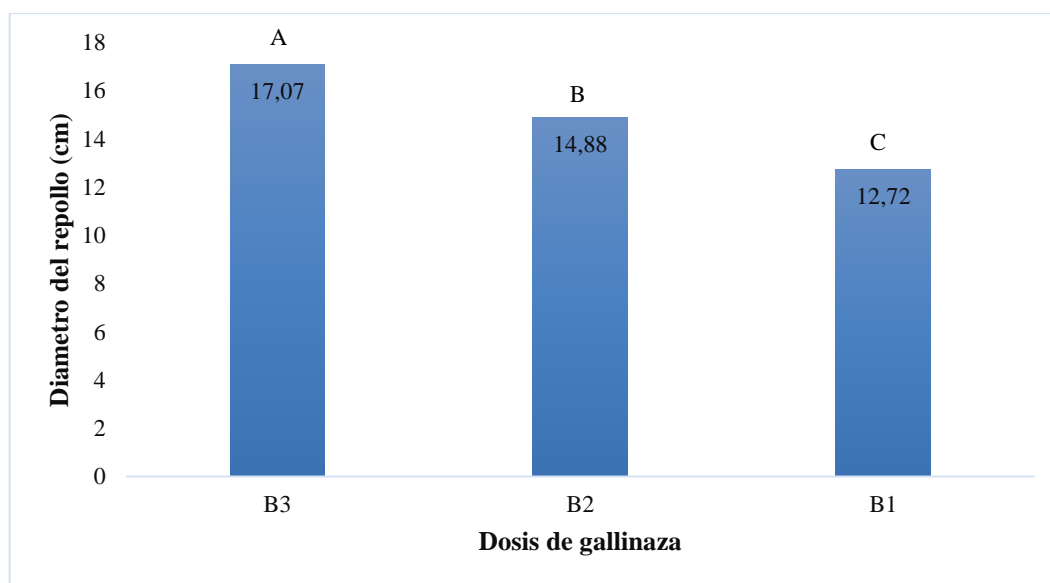
**Tabla 4-3:** Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del repollo

F.V.	gl	p-valor	significancia
<b>Bloque</b>	2	0,0201	*
<b>Agua</b>	1	0,7329	ns
<b>Error A</b>	2	0,4438	ns
<b>Gallinaza</b>	2	0,0004	**
<b>Gallinaza*agua</b>	2	0,3475	ns
<b>Error B</b>	8		
<b>Total</b>	17		
<b><math>\bar{X}</math> (media)</b>			14,89

Nota: ns (no significativo); \* (Significativo); \*\* (Altamente significativo)

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

En la Ilustración 4-6, se evidenció que la dosis de 3 t/ha de gallinaza obtuvo el mayor diámetro ecuatorial del repollo con 17,07 cm, ubicándose en el grupo A. Por otro lado, la dosis sin aplicación de gallinaza, 0 t/ha, obtuvo el menor diámetro del repollo con 12,72 cm, ubicándose en el grupo C.



**Ilustración 4-6:** Diámetro ecuatorial del repollo, según la dosis de gallinaza

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

En el comportamiento agronómico la gallinaza influyó de manera significativa en diámetro ecuatorial, alcanzando con 3 t/ha de gallinaza el mejor diámetro, frente con las dosis de 1.5 t/ha y 0 t/ha. Los resultados obtenidos concuerdan con (Martínez, 2019), quien registró una media de 16,95 cm para el diámetro ecuatorial de la lechuga var. winterhaven. Por lo tanto, para alcanzar un diámetro ideal, es necesario aplicar una dosis de 3 t/ha de gallinaza.



#### 4.1.6 Porcentaje de materia seca

Según la tabla 4-6 se evidenció diferencias altamente significativas en la interacción ( $p$ -valor=0,0002) y en el factor gallinaza, lo que indica que las dosis de gallinaza y la interacción influyeron en el porcentaje de materia seca. Sin embargo, no se observó diferencias en el factor agua. Además, se determinó que la media del porcentaje de materia seca fue de 4,38 %.

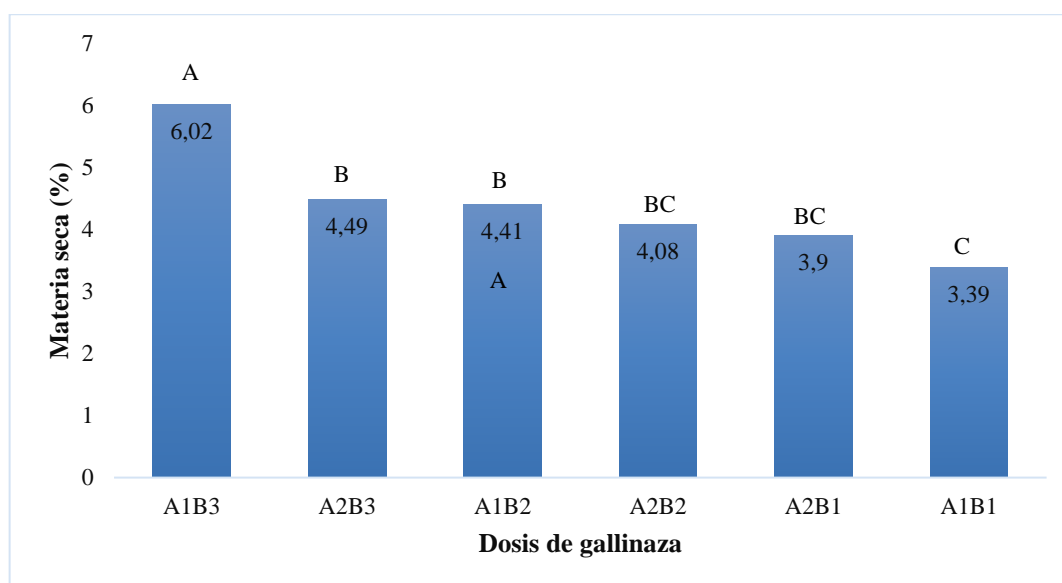
**Tabla 4-4:** Análisis de varianza para el % de materia seca

F.V.	gl	p-valor	significancia
<b>Bloque</b>	2	0,2719	Ns
<b>Agua</b>	1	0,407	Ns
<b>Error A</b>	2	0,054	Ns
<b>Gallinaza</b>	2	<0,0001	**
<b>Gallinaza*agua</b>	2	0,0002	**
<b>Error B</b>	8		
<b>Total</b>	17		
<b><math>\bar{X}</math> (media)</b>			4,38

Nota: ns (no significativo); \* (Significativo); \*\* (Altamente significativo)

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

En la Ilustración 4-7, se evidenció que la combinación de agua de riego y 3 t/ha de gallinaza obtuvieron el mayor porcentaje de materia seca con 6,02%, ubicándose en el grupo A. Por otro lado, la interacción entre agua de Tunshi y 0 t/ha de gallinaza obtuvo el menor % de materia seca con 3,39%, ubicándose en el grupo D.



**Ilustración 4-7:** % materia seca, de la interacción Agua x Gallinaza

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

En el análisis del comportamiento agronómico, se observó que la combinación de agua de riego y 3 t/ha de gallinaza se destacó por presentar el mayor porcentaje de materia seca en comparación con las dosis bajas de gallinaza con agua de riego y agua tratada. Estos resultados concuerdan con (Illera, et al., 2015 p. 14) mencionan que el porcentaje de materia seca en la lechuga alcanza un 5,35% con 40 t/ha de gallinaza.

Sin embargo, en nuestra investigación se logró obtener un 6.02% de materia seca con 0 toneladas de gallinaza y agua de riego. Por tanto, se concluye que con mayor dosis de gallinaza se obtendrá niveles altos de materia seca.

## 4.2 Análisis, interpretación y discusión de resultados del rendimiento.

### 4.2.1 Peso del repollo (g)

De acuerdo con la tabla 4-7 se obtuvo diferencias altamente significativas en el factor gallinaza (p-valor=<0,0001), lo que indica que las dosis de gallinaza ejercieron una influencia significativa en el peso del repollo. Sin embargo, no se observó diferencias en la interacción ni en el factor agua. Además, se determinó que la media del peso del repollo fue de 912,46 g.

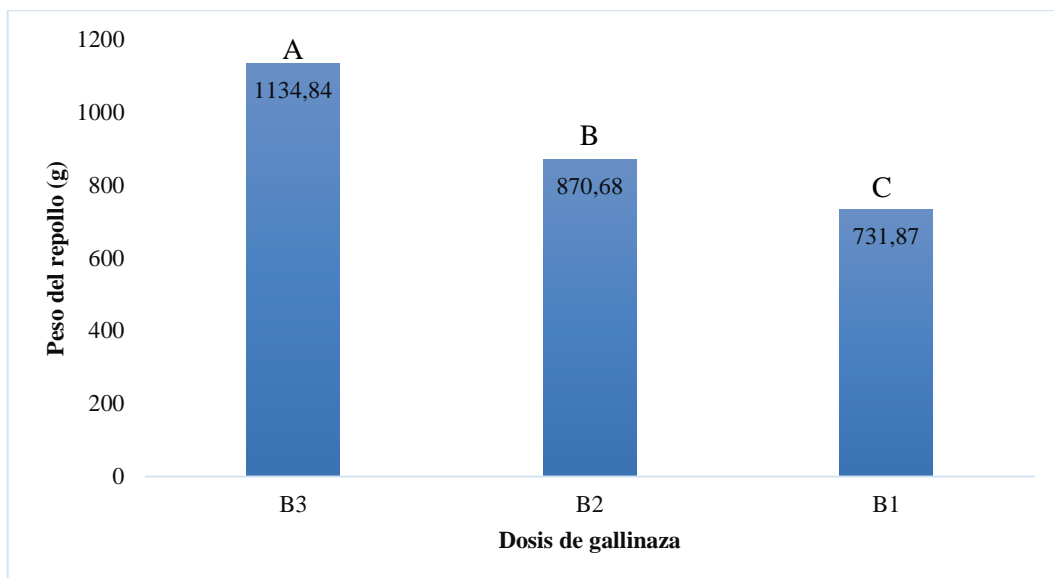
**Tabla 4-7:** Análisis de varianza del peso del repollo

<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>	<b>significancia</b>
<b>Bloque</b>	2	0,5317	ns
<b>Agua</b>	1	0,1843	ns
<b>Error A</b>	2	0,8334	ns
<b>Gallinaza</b>	2	<0,0001	**
<b>Gallinaza*agua</b>	2	0,3748	ns
<b>Error B</b>	8		
<b>Total</b>	17		
<b><math>\bar{X}</math> (media)</b>			912,46 g

**Nota:** ns (no significativo); \* (Significativo); \*\* (Altamente significativo)

**Realizado por:** (Cacoango, G., 2024)

En la Ilustración 4-8, se evidenció que la dosis de 3 t/ha de gallinaza obtuvo el mayor peso del repollo con 1134,84 g ubicándose en el grupo A. Por otro lado, la dosis sin aplicación de gallinaza, 0 t/ha, obtuvo el menor peso del repollo con 731,87 g, ubicándose en el grupo C.



**Ilustración 4-8:** Peso del repollo, según la dosis de gallinaza

**Realizado por:** (Cacoango, G., 2024)

En el rendimiento del cultivo de la lechuga, el mejor peso del repollo se presentó con la aplicación de 3t/ha de gallinaza con un peso promedio de 1 134,84 g, frente a las dosis de 1,5 t/ha y sin gallinaza. De acuerdo con (GENESEEDS, 2023), registro un peso promedio del repollo de la lechuga variedad Winterhaven de 1 000 a 1 100 g. Los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran una mejora significativa, superando en 34 gramos el peso promedio reportado por GENESEEDS. Por lo tanto, se sugiere la aplicación de 3 t/ha de gallinaza necesarios para obtener un peso del repollo más elevado e ideal.

#### **4.2.2 Rendimiento kg/ha**

De manera similar al ANOVA del peso del repollo, en la tabla 4-8 se obtuvo diferencias altamente significativas en el factor gallinaza ( $p\text{-valor} < 0,0001$ ), lo que indica que las dosis de gallinaza ejercieron una influencia significativa en el rendimiento kg/ha. Sin embargo, no se observó diferencias en la interacción ni en el factor agua. Además, se determinó que la media del rendimiento fue de 32 903,90 kg/ha.

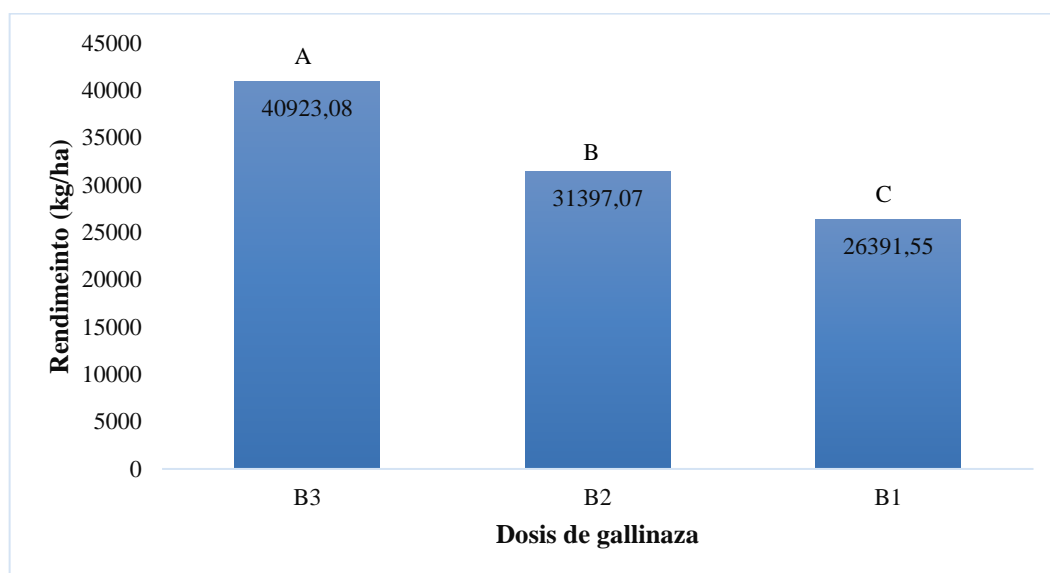
**Tabla 4-8:** Análisis de varianza del rendimiento kg/ha

F.V.	Gl	p-valor	significancia
Bloque	2	0,5317	ns
Agua	1	0,1843	ns
Error A	2	0,8334	ns
Gallinaza	2	<0,0001	**
Gallinaza*agua	2	0,3748	ns
Error B	8		
Total	17		
$\bar{X}$ (media)			32 903,90

Nota: ns (no significativo); \* (Significativo); \*\* (Altamente significativo)

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

En la Ilustración 4-9, se evidenció que la dosis de 3 t/ha de gallinaza obtuvo el mejor rendimiento con 40 923,08 kg/ha, ubicándose en el grupo A. Por otro lado, la dosis sin aplicación de gallinaza 0 t/ha, obtuvo el menor rendimiento con 26 391,55 kg/ha ubicándose en el grupo C.



**Ilustración 4-9:** Peso del repollo, según la dosis de gallinaza

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

El rendimiento presentó una correlación positiva a las dosis de gallinaza, el mayor rendimiento se presentó con la aplicación de 3 t/ha con 40 923,08 kg/ha, superando a la dosis media (1,5 t/ha) y cero (0 t/ha). La misma tendencia se presentó en la investigación realizada por (Meza, et al., 2023 págs. 1-10), quienes obtuvieron su mayor rendimiento 35 575,00 kg/ha con la aplicación de 4 t/ha el rendimiento obtenido es menor al de nuestra investigación, esto se debe a la clase textural del suelo, densidad de plantación, contenido nutricional de la gallinaza.

### **4.3 Calidad del agua sometida al proceso de fitorremediación**

El análisis químico determinó los siguiente resultado a la salida del tanque de fitorremediación: pH (7,00), conductividad eléctrica (2,24 mS/cm), dureza (1057,00 mg/l), fosfato (8,00 mg/l), sulfato (62,80 mg/l), cloruro (244,00 mg/l), bicarbonato (543,00 mg/l), aniones (17,40 mg/l), amonio (9,20 mg/l), potasio (28,00 mg/l), magnesio (93,50 mg/l), calcio (269,00 mg/l), sodio (250,00 mg/l), cationes (33,20 mg/l), hierro (0,118 mg/l), manganeso (1,380 mg/l), cobre (0,020 mg/l), zinc (0,028 mg/l), boro (0,539 mg/l) (Tabla 4-9) (ANEXO U).

#### ***4.3.1 Comparación con otros métodos de mejoramientos de agua residuales domésticos***

El factor determinante para la selección de un método de mejoramiento de aguas residuales es lo económico, a continuación, se recomiendan algunas alternativas: La precipitación con cal apagada (hidróxido de calcio) permite mejorar específicamente el pH, en este contexto (Flores y Herrera, 2022 págs. 40-79), en su estudio señalan que este método permite mejorar el nivel de acidez y alcalinidad del agua, la dosis de hidróxido de calcio usada en su investigación fue de 0,3 - 0,5 y 0,7 g/l. El pH de la muestra fue de 2,56 luego de recibir el tratamiento se elevó a 9,15 - 7,03 y 4,17 donde se determinó que la dosis óptima es de 0,5 g/l la cual permitió alcanzar el rango de pH requerido por las normativas ambientales vigentes. Lagunas de estabilización permiten tratar aguas residuales se basan en el principio de autoputrefacción o estabilización natural, en donde tienen lugar procesos naturales físicos, químicos y biológicos. Las lagunas básicamente almacenan agua residual durante un tiempo de retención estimado a partir de la carga orgánica de entrada, el volumen de la laguna y las condiciones climáticas del sitio. Tienen una alta eficiencia en la remoción de DBQ en un 95 %, el zinc remueve en un 70%, sulfatos son removidos en un 80% (Arévalo y Roncancio, 2015 págs. 1-129)

**Tabla 4-9:** SemafORIZACIÓN de los análisis químicos obtenidos en el agua tratada

Parámetros	Unidad	Límite permisible TULSMA	Ingreso (Agua gris)	Semaforización	Salida (Agua tratada)	Semaforización
pH		6,0 – 9,0	6,6	Anaranjado	7	Verde
Conductividad	mS/cm	0,7 - 3	1,92	Verde	2,24	Verde
Nitrato (NO3)	mg/l	5	2,3	Verde	2,3	Verde
Cloruro (Cl-)	mg/l	350	155,00	Verde	244	Verde
Bicarbonato (HCO3)	mg/l	91,5 - 518	471,00	Verde	443	Verde
Sodio (Na)	mg/l	69	195,00	Rojo	190	Rojo
Hierro (Fe)	mg/l	5	0,134	Verde	0,118	Verde
Manganeso (Mn)	mg/l	0,2	0,040	Verde	0,05	Verde
Cobre (Cu)	mg/l	2	0,018	Verde	0,02	Verde
Zinc (Zn)	mg/l	2	0,035	Verde	0,028	Verde
Boro (B)	mg/l	0,7 - 3	0,663	Verde	0,539	Verde

**Verde**= Dentro rango **Anaranjado**= cerca del rango **Rojo**= Fuera rango

**Realizado por:** Cacoango G., 2024

El principal problema que genera las aguas residuales del bar en la estación experimental Tunshi que se observó es la disminución del oxígeno, y la presencia de metales pesados que se ve reflejado en el análisis químico realizado a la entrada de la planta de tratamiento. El análisis químico de la muestra de agua a la salida del tanque indica que el tratamiento de fitorremediación para algunos parámetros evaluados es efectivo y mejora la calidad del agua.

El rango de pH (7,00) del agua a la salida del tanque de fitorremediación determina un agua adecuada para la agricultura al encontrarse en el rango neutro. Vinculando a este parámetro (SAB, 2020), señala la importancia del pH del agua al influir en la solubilidad de sales minerales, considerando que la mayoría de nutrientes están disponibles en un pH comprendido entre 5,5 y 7,0. El considerar el pH del agua evita atascos de emisores por precipitaciones de minerales.

La conductividad eléctrica (2,24 mS/cm) del agua a la salida del tanque de fitorremediación se encuentran dentro del rango apto para riego. (Moliner y Masaguer, 1996 págs. 59-75), indican que las aguas con una conductividad por encima de 2,5 mS/cm no son aconsejables para el riego, por presentar un contenido total elevado de sales. La dureza del agua (1057,00 mg/l) a la salida del tanque de fitorremediación nos indica un alto contenido de calcio y magnesio. De acuerdo con (Lamont, et al., 2021 págs. 1-7), señalan que concentraciones de calcio y magnesio por encima de 150 mg/l ocasiona en la superficie de contacto y taponan tuberías y conductos. En este tipo de agua se recomienda el uso de un ablandador de agua.

El nivel de nitratos (2,30 mg/l) determinados en las aguas tratadas del tanque de fitorremediación se encuentra dentro del rango que no va a producir limitaciones para las plantas. De acuerdo con (Ministerio Ambiente 5.1.3, 2015 págs. 14-17), señala una escala considerando el contenido de nitratos en el agua, ninguna restricción en aguas con un contenido de nitratos menor 5 mg/l, ligera restricción en aguas con un contenido mayor de 5 mg/l, moderada menor a 30 mg/l y severa mayor a 30 mg/l. El nivel de boro determinado (0,539 mg/l) se encuentran dentro del rango que no produce toxicidad, el nivel de cloro (244 mg/l) y sodio (250 mg/l) afectara a la planta. De acuerdo con (Lamont, et al., 2021 págs. 1-7), señala que la toxicidad por boro se presenta cuando se encuentra en una concentración de 1,0 mg/l. Además, señala que la mayoría de plantas pueden tolerar el cloro hasta 100 mg/l, tan sólo 30 mg/l pueden ser problemáticos en algunas plantas sensibles. El nivel de sodio 50 mg/l puede causar toxicidad en plantas sensibles.

El nivel de zinc (0,028 mg/l) y cobre (0,020 mg/l) se encuentran dentro del rango para considerar un agua de calidad. De acuerdo con (Ministerio Ambiente 5.1.3, 2015 págs. 14-17), señala que el límite máximo permisible para el cobre es de 2,0 mg/l y para el zinc de 2,0 mg/l.

**Tabla 4-10:** Agua del canal vs Agua tratada

Parámetros	Unidad	Límite permisible TULSMA	Agua Tunshi	Semaforización	Agua tratada	Semaforización
pH		6,0 – 9,0	8,9		7	
Conductividad	mS/cm	0,7 - 3	0,20		2,24	
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/l	5	1,20		2,3	
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	350	5,6		155	
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	mg/l	91,5 - 518	79,0		471	
Sodio (Na)	mg/l	69	13,0		195	
Hierro (Fe)	mg/l	5	0,238		0,118	
Manganeso (Mn)	mg/l	0,2	0,017		1,38	
Cobre (Cu)	mg/l	2	0,014		0,02	
Zinc (Zn)	mg/l	2	0,023		0,028	
Boro (B)	mg/l	0,7 - 3	0,124		0,539	

**Verde**= Dentro rango **Anaranjado**= cerca del rango **Rojo**= Fuera rango

**Realizado por:** Cacoango G., 2024.



Al comparar los dos tipos de aguas (canal de riego vs agua tratada) usadas en la investigación (Tabla 4-10) observamos que algunos parámetros del agua tratada mejoran después de recibir el tratamiento de fitorremediación y se convierte en una buena alternativa el uso de este tipo de agua para cubrir la demanda hídrica y aportar nutrientes a los cultivos presentes en zonas que tienen problemas por escases de recursos hídricos.

Los datos que se encuentran fuera de rango son conductividad, cloruro, bicarbonato, nitrato, potasio, magnesio, calcio y sodio (Tabla 4-10). Una alternativa de fitorremediación que permite reducir la concentración de ciertos nutrientes es usando lenteja de agua como tratamiento afinado de aguas residuales al permitir alcanzar una alta eficiencia y ser económico y sostenible. De acuerdo con (Cantó, 2018 págs. 1-40), en su estudio que evaluó el desarrollo del cultivo de lenteja de agua sin reposición de agua obtuvo resultados positivos, el factor importante que tuvo en cuenta fue la evaporación del agua y la transpiración debida a las plantas. Los tratamientos en estudio fueron (control, nitratos y fosfatos), todos tenían las plantas de lenteja de agua excepto el control. Los tratamientos reportan que la eliminación de los nitratos por parte de la planta es extraordinaria, ya que a los 5 días se observó que se eliminó casi la mitad (45,066 mg/l en la dosis de 50 ppm), mientras que a los 10 días prácticamente ha eliminado del medio acuático todo el nitrógeno en forma nitratos (98,957 mg/l en la dosis de 100 ppm). Asimismo, en cuanto al pH se observa un aumento cuando se le adiciona nitratos, pasando de un pH de 8,81 a 9,81 cuando se le añade una dosis de 100 ppm.

Para mejorar los datos del análisis químico del agua que se realizó en la estación experimental Tunshi se recomienda utilizar ácidos por mejorar parámetros de calidad de la misma. (INTAGRI, 2017) indica que la acidificación del agua tiene como objetivo neutralizar la acción alcalina hasta dejar como mínimo 0,5 meq/l de bicarbonatos. A esta concentración ya no se producen daños al cultivo y se baja el pH de la solución alrededor de 5,5 a 6,5, cuyo rango es donde existe mayor disponibilidad de todos los nutrientes. Los ácidos más comunes para mejorar la calidad del agua son el nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), el fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) y el sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Este último es el más utilizado por ser más económico, sin embargo, el ácido nítrico y fosfórico a menudo se usan en la horticultura protegida debido a que cumplen dos funciones: acidificar y aportar nutrientes. Para elegir el ácido a utilizar debe considerarse las siguientes características: de fácil uso, seguridad, costo y aportes nutricionales.

#### 4.4 Análisis, interpretación y discusión de resultados del análisis económico.

##### 4.4.1 Análisis económico

En la tabla 4-11 se realizó un análisis económico que considero tanto los costos directos como los indirectos por hectárea/ciclo. Los costos indirectos fueron calculados considerando la depreciación de la infraestructura con una vida útil de 15 años, y el costo de producción por un ciclo de 3 meses. (ANEXOS Q, R, S, T, U).

El uso de agua de Tunshi junto con 3 t/ha de gallinaza obtuvo el mejor B/C con un valor de 1,95. Este resultado fue seguido por el tratamiento de Agua por fitorremediación y con la misma dosis de gallinaza, obteniendo un B/C de 1,88. Es importante señalar que el costo indirecto fue un 2,5% mayor en los tratamientos que incluyeron la planta de fitorremediación en comparación con aquellos que solo utilizaron agua de riego. (ANEXO T, U).

Por otro lado, la combinación de agua de riego y 0 t/ha de gallinaza obtuvo el menor valor de B/C de 1,70. Esta menor rentabilidad se debió a los ingresos más bajos asociados con el rendimiento.

**Tabla 4-5:** Análisis económico de los tratamientos/ha/ciclo

Combinaciones		Costos Directos	Costos Indirectos	Total Costos	Ingresos	B/C
<b>A1B1</b>	Agua Tunshi + Gallinaza (0 t/ha)	1,101	275	1,375.76	2342.57	1.70
<b>A1B2</b>	Agua Tunshi + Gallinaza (1.5 t/ha)	1,356	259	1,614.61	2942.87	1.82
<b>A1B3</b>	Agua Tunshi + Gallinaza (3.0 t/ha)	1,679	275	1,953.76	3805.65	1.95
<b>A2B1</b>	Agua tratada + Gallinaza (0 t/ha)	1,101	224	1,324.19	2455.89	1.85
<b>A2B2</b>	Agua tratada + Gallinaza (1,5 t/ha)	1,356	236	1,591.94	2765.68	1.74
<b>A2B3</b>	Agua tratada + Gallinaza (3.0 t/ha)	1,679	253	1,931.09	3634.91	1.88

Realizado por: (Cacoango, G., 2024)

En el análisis económico basado en la relación beneficio-costos (B/C), determinó que la combinación de agua de Tunshi y 3 toneladas por hectárea de gallinaza obtuvo el índice más alto en comparación con otros tratamientos que se emplearon menores dosis de gallinaza con agua de riego o agua tratada. Estos resultados concuerdan con (Gutiérrez, 2014 págs. 25-50), quienes encontraron un aumento significativo en la relación B/C a medida que se incrementó la cantidad de gallinaza, alcanzando valores superiores a 2. De manera similar, (García, 2010 págs. 10-35) quien observó un incremento de B/C a medida que se aumentó la dosis de gallinaza, alcanzando una relación B/C de 2,48 con 10 toneladas por hectárea de gallinaza.

A medida que se incrementa la dosis de gallinaza aumenta la relación B/C, debido a los mayores ingresos asociados con el rendimiento. Sin embargo, es importante considerar que, a pesar de obtener un rendimiento similar, en la investigación se empleó solo 3 t/ha de gallinaza, lo que sugiere que las diferencias podrían deberse a factores como la ubicación geográfica y la variedad utilizada.

## **CONCLUSIONES**

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) var. Winterhaven presentó el mejor rendimiento por hectárea en el tratamiento que se utilizó una dosis alta de gallinaza 3,0 t/ha con 40 923,08 kg/ha.

El mejor comportamiento agronómico bajo las condiciones edáficas y climáticas de la Estación Experimental Tunshi se presentó para tipo de agua y dosis de gallinaza (3 tn/ha) en altura de planta (20,94 cm), número de hojas (10,35), días a la formación del repollo (55,42), días a la cosecha (70,83), materia seca (6,02 %), diámetro ecuatorial (17,07 cm), peso repollo (1134,84 g).

Los tratamientos que recibieron el proceso de fitorremediación en sus aguas contaminadas evidencian una depuración y mejora en la calidad de agua reflejado en el análisis químico, siendo agua apta para riego en el que se determinó que el 99% de los parámetros evaluados se encuentran dentro del rango permitido para el uso de aguas en el riego.

Económicamente el tratamiento con una mayor relación B/C (1,95) se presentó en A1B3, la misma que representa al agua de riego de Tunshi y la dosis alta de gallinaza (3 t/ha).

## **RECOMENDACIONES**

Aplicar 3.0 t/ha de gallinaza para obtener mayores rendimientos.

Implementar plantas de fitorremediación en zonas en donde la limitante sea el recurso hídrico y exista aguas residuales.

Mejorar la planta de fitorremediación utilizando diferentes métodos con el objetivo de obtener una mejor y volverle más eficiente.

Se continúe con las investigaciones de aguas tratadas por fitorremediación y su aplicación al riego agrícola ya que contribuye a la economía circular y disminución de impactos ambientales negativos.

## **GLOSARIO**

**Calidad de agua:** Condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano.

**Fitorremediación:** Aprovechar la capacidad de plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo.

**Lechuga Winterhaven:** Lechuga de crecimiento vigoroso, maduración muy uniforme, buen tamaño y textura. Comportamiento consistente, tolerante al frío.

**Materia orgánica:** sustancias que suelen distribuirse por el suelo y que ayudan a su fertilidad, es de origen animal o vegetal.

**Rendimiento:** Medida de la cantidad de un cultivo cultivado, por unidad de superficie de tierra.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **ACOSTA GARCÍA, Juan Cruz & SALVADORI VERÓN, Jonathan Alexis.** Evaluación de la calidad de agua para riego mediante el empleo de criterios. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional de la Pampa. La Pampa-Argentina. 2017. págs. 1-57. [Consulta: 2023-11-23]. Disponible en: [https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/1376/a\\_acoeva602.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/1376/a_acoeva602.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
2. **AGROSCOPIO.** *Características de la lechuga Winterhaven.* [blog]. Quito: 2024. [Consulta: 2 de enero 2024]. Disponible en: <https://agroscoPIO.com/blog-articulos-agricolas/>
3. **AGROSHOW.** *Semilla de lechuga Iceberg APACHE F1.* [blog]. 2024. [Consulta: 2 febrero 2024]. Disponible en: <https://agroshow.info/productos/cultivos/semillas/hortalizas/semilla-de-lechuga-iceberg/>
4. **ALBADA, Hasan Bendres; et al.** “Efecto de estiércol y densidad de plantas en el ghilera y Productividad de la planta de lechuga”. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* [en línea], 2021, (Libia), vol. 14(7), págs. 59. [Consulta: 2 enero 2024]. ISSN: 2319-2372. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/353236269\\_Effect\\_of\\_Poultry\\_Manure\\_and\\_Plant](https://www.researchgate.net/publication/353236269_Effect_of_Poultry_Manure_and_Plant)
5. **ALTUNTA, Silem; et al.** “El efecto del estiércol de pollo en el contenido de nutrientes de crecimiento vegetal y rendimiento de lechuga”. *Biological and Chemical ResearchGate* [en línea], 2022, (Turquía), vol. 9(9-18), págs. 13. [Consulta: 3 marzo 2024]. ISSN 2312-0088. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/364994384\\_The\\_Effect\\_of\\_Chicken](https://www.researchgate.net/publication/364994384_The_Effect_of_Chicken)
6. **ARÉVALO CAMACHO, Julio Enrique & LUCERO MATALAY, José Alfonso.** Estudio de tres niveles de compost en el cultivo de la lechuga variedad repollo (*Lactuca sativa* L.), en suelos andisoles. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional De Loja, Loja-Ecuador. 2012. págs. 50-60. [Consulta: 2023-12-28]. Disponible en:

[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5499/1/Malatay%20Lucero%20Jos%  
%c3%a9.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5499/1/Malatay%20Lucero%20Jos%c3%a9.pdf)

7. **ARÉVALO CASTILLO, Werner Stivenson & RONCANCIO VALBUENA, Laura Ximena.** Evaluación de alternativas de tratamiento de agua residual doméstica para reúso en irrigación en una hospedería en la doméstica para reúso en irrigación en una hospedería en el municipio de Villa de Leyva – Boyacá municipio de Villa de Leyva – Boyacá. [En línea]. (Trabajo titulación) (Ingeniería). Universidad de La Salle. Colombia. págs. 1-129. [Consulta: 2024-04-24]. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1297&context=ing\\_ambiental\\_sani](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1297&context=ing_ambiental_sani)
8. **BERNAL FIGUEROA, Andrea Angélica.** “Fitorremediación en la recuperación de suelos: una visión general”. *Revista de investigación agraria y ambiental* [en línea], 2014, (Colombia), vol. 5(2), págs. 245-257. [Consulta: 1 diciembre 2023]. ISSN 2145-6097. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-FitorremediacionEnLaRecuperacionDeSuelos-5590911.pdf>
9. **BETANCOURT, Carmen.** “La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y procesos que la impactan”. *Agroecosistemas* [en línea], 2016, 4(1), págs. 47-71. [Consulta: 01 noviembre 2023]. ISSN: 2415-2862. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/321951119\\_La\\_calidad\\_del\\_agua\\_para\\_el\\_riego\\_Principales\\_indicadores\\_de\\_medida\\_y\\_procesos\\_que\\_la\\_impactan\\_Water\\_quality\\_for\\_irrigation\\_water\\_main\\_measurement\\_indictors\\_and\\_processes\\_that\\_affect\\_them](https://www.researchgate.net/publication/321951119_La_calidad_del_agua_para_el_riego_Principales_indicadores_de_medida_y_procesos_que_la_impactan_Water_quality_for_irrigation_water_main_measurement_indictors_and_processes_that_affect_them)
10. **CAJAMAR.** “Fertilización de lechuga”. *El huerto* [en línea], 2023, (España), vol. 90. págs. 1-3. [Consulta: 15 enero 2024]. Disponible en: <https://www.cajamar.es/storage/documents/boletin-huerto-90-1496059680-b1c50.pdf>
11. **CAHUANA CONDORI, Catalina.** Evaluación del efecto de diferentes sustratos en el desarrollo de plantines de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el centro Experimental del ceibo LTDA. Localidad Sapecho – palos blancos. [En línea]. (Trabajó de titulación) (Ingeniería). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia. 2021. págs. 1-98. [Consulta: 2023-09-12). Disponible en:



<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/26197/T-2911.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

12. **CAMPOS HERNÁNDEZ, Juan Paulo.** Evaluación del efecto del uso de fertilizantes foliares con acción bioestimulantes, sobre la producción y calidad de lechugas. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad de Chile, Santiago-Chile. 2012. págs. 1-50. [Consulta: 2024-03-21]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116070/MEMORIAJu>
13. **CANTÓ RICHARTE, Alejandro.** Fitorremediación de aguas mediante el empleo de hidrofitos. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Miguel Hernández De Elche. España. 2018. págs. 1-40. [Consulta: 2024-04-21]. Disponible en: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/6552/1/TFG%20Cant%C3%B3Richarte%20Alejandro.pdf>
14. **CARHUACHO LEÓN, Fanny Mabel.** Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Tesis Ingeniería). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 2012. págs. 50-70. [Consulta: 2023-12-12]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1769/P06.C375-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. **CASAS RODRÍGUEZ, Sahirys & GUERRA CASAS, Domingo.** “La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización”. *Gale academic onfile revista de producción animal* [en línea], 2020, (Cuba), vol.32(3). [Consulta: 6 noviembre 2023]. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA648374999&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=02586010&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E5a42dc8b&aty=open-web-entry>
16. **CUN, Reinaldo; et al.** “Evapotranspiración y coeficiente de cultivo de la lechuga (BSS-13) en condiciones de organopónico”. *Revista de ingeniería agrícola* [en línea], 2015, (Cuba), vol. 5(2). págs. 1-7. [Consulta: 15 enero 2024]. ISSN-2306-1545. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586261425002>

17. **CHINO LABRA, Alan.** Efecto de tres tipos de abono orgánico en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg y Boston) bajo condiciones ambientales del distrito de San Jerónimo-Región Cusco. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua-Perú. 2020. págs. 30-40. [Consulta: 2023-12-8]. Disponible en: <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1057>
  
18. **DELGADILLO, Angélica; et al.** “Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación”. *Scielo* [en línea], 2011, (México), vol. 14 (2), págs. 1-10. [ Consulta: 20 agosto 2023]. ISSN 1870-0462. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000200002](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002)
  
19. **ERAZO RIVADENEIRA, Yudy; et al.** “Evaluación de seis láminas de riego por goteo en el cultivo de repollo *Brassica oleracea* var. Capitata Y lechuga *Lactuca sativa* en la granja de Botana, Pasto, Nariño”. *Revista de ciencias agrícolas* [en línea], 1993, (Colombia), vol. 12(1), págs. 1-7. [Consultado: 20 enero 2024]. ISSN 2256-2273. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/1228>
  
20. **ESPIGARES, M & PÉREZ, J.** *Agua residual composición* [en línea]. 1<sup>era</sup> ed. 2020. [Consulta: 12 noviembre 2023]. Disponible en: [https://www.academia.edu/34231924/AGUAS\\_RESIDUALES\\_COMPOSICION](https://www.academia.edu/34231924/AGUAS_RESIDUALES_COMPOSICION)
  
21. **FAO.** *Evapotranspiración del cultivo* [en línea]. 1<sup>era</sup> ed. Estudio FAO: riego y drenaje. 2005. [Consulta: 12 diciembre 2023]. Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/items/48e70055-4c9c-4379-93ae-156a0cacab7f>
  
22. **FAO.** *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* [en línea]. Roma: 2013. [Consulta: 13 enero 2024]. Disponible en: <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2020/04/2013.-Reutilizaci%C3%B3n-del-agua-en-la-agricultura-Beneficios-para-todos.-FAO-3.pdf>
  
23. **FAO.** *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura* [en línea]. 1<sup>era</sup> ed. 2021. [ Consulta: 6 noviembre 2023]. Disponible en:

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d6cdccdc-9f9e-4abc-b2d1-78d0351ff>

24. **FAO.** *En el Diálogo de Roma sobre el agua de 2023 se buscan soluciones y sinergias y se aportan contribuciones prácticas.* [blog]. Roma: 2023. [Consulta: 10 enero 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/newsroom/detail/rome-water-dialogue-2023-seeks-solutions-and-synergies-and-brings-practical-contributions/es>
  
25. **FLORES ENAO, Daniela Ly & HERRERA SALINAS, Branko Samir.** Evaluación del efecto del hidróxido de calcio (cal apagada) en la estabilización del pH de aguas desembocadas del río Millojahuiria en el embalse Pasto Grande, Moquegua – 2022. [En línea]. (Trabajo titulación) (Ingeniería). Universidad Continental. Huancayo. 2022. págs. 40-49. [Consulta: 2024-04-12]. Disponible en: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12760/2/IV\\_FIN\\_](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12760/2/IV_FIN_)
  
26. **FONAG.** *Abonos orgánicos protegen el suelo y garantizan alimentación sana* [en línea]. 1era ed. 2010. [Consulta: 11 diciembre 2023]. Disponible en: [https://www.fonag.org.ec/doc\\_pdf/abonos\\_organicos.pdf](https://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf)
  
27. **GARCÍA QUETAL, Marco Vinicio.** Evaluación agronómica del cultivo de lechuga (*Lactuca Sativa L.*) Var. Green Salad Bowl, a la aplicación de abonos orgánicos, en la parroquia Puenbo, provincia de Pichincha. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Estatal De Bolívar. Pichincha-Ecuador. 2010. págs. 10-35. [Consulta: 2024-05-11]. Disponible en: [https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UEB\\_6310e1031b6bb075489f9937d81e5677](https://rraae.cedia.edu.ec/Record/UEB_6310e1031b6bb075489f9937d81e5677)
  
28. **GENESEEDS.** *Lechuga Winter Green Haven.* [blog]. México: 2023. [Consulta: 7 abril 2024]. Disponible en: <https://geneseeds.com.mx/producto/lechuga-winter-green-haven/>
  
29. **GUADARRAMA BRITO, María & GALVÁN FERNÁNDEZ, Antonio.** “Impacto del uso de agua residual en la agricultura”. *CIBA Revista iberoamericana de las ciencias biológicas y agropecuarias* [en línea], 2015, (Brasil), vol. 4(7), págs. 1-8. [Consulta: 6 noviembre 2023]. ISSN: 2007-9990. Disponible en: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29>

30. **GUTIÉRREZ ROCHA, Gladys Mercedes; et al.** Evaluar la eficiencia de 3 abonos orgánicos (vacuno, gallina, cobayo) a 3 dosis de aplicación al suelo en lechuga green salad bowl (lactuca sativa) en la parroquia Guaytacama cantón Latacunga. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica De Cotopaxi. Latacunga-Ecuador. 2014. págs. 25-50. [Consulta: 2024-02-24]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2563>
31. **ILLERA, Marta; et al.** “Evaluation of compost from seaweed and fish waste as a fertilizer for horticultural use”. *Biological and Chemical ResearchGate* [en línea], 2015, (España), vol. 1, págs. 14. [Consulta: 20 marzo 2024]. 10.1016/j.scienta.2015.02.008. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/274460886\\_Evaluation\\_of\\_compost\\_from\\_seaweed\\_and\\_fish\\_waste\\_as\\_a\\_fertilizer\\_for\\_horticultural\\_use](https://www.researchgate.net/publication/274460886_Evaluation_of_compost_from_seaweed_and_fish_waste_as_a_fertilizer_for_horticultural_use)
32. **INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA).** “Manual de producción de lechuga”. *INIA* [en línea], 2017, (Chile), vol. 374, págs. 20-30. [Consulta: 2 diciembre 2023]. ISSN 0717-4829. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/e96ddc42-19df-4be3-85cc-ae0f6b0c3dcc/content>
33. **INTAGRI.** *La gallinaza como fertilizante.* [blog]. Colombia-Perú: INTAGRI, 2015. [Consulta: 3 marzo 2024]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante>
34. **INTAGRI.** *El uso de ácidos para mejorar la calidad del agua.* [blog]. México, 2017. [Consulta: 21 abril 2024]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/el-uso-de-acidos-para-mejorar-la-calidad-del-agua-de-riego>
35. **JARAMILLO GONZÁLEZ, Claudia Ximena.** Mineralización de la gallinaza y de los restos de cosecha en el suelo. Aplicación al cultivo de la coliflor en la Huerta de Valencia. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia. Valencia-España. 2016. págs. 50-270. [Consulta: 2023-10-22]. Disponible en: <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/62862/-JARAMILLO%20-%20Mineralizaci%3bn%20de%20la%20gallinaza%20y%20de%20los%20restos%20de%20cosecha%20en%20el%20suelo%20y%20su%20aplicaci%3bn%20al%20cultivo%20de%20la%20coliflor%20en%20la%20huerta%20de%20valencia>

20de%20cosecha%20en%20el%20suelo.%20%20Aplicaci%3%b3n%20al...pdf?sequence=1&isAl

36. **JARAMILLO NOREÑO, Jorge; et al.** *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño* [en línea]. Mosquera-Colombia: Corpoica, 2014. [Consulta: 2 marzo 2024]. Disponible en: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/75472\\_65](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/75472_65)
37. **JULCA, Miguel Galecio; et al.** “Efecto de la eficacia de los microorganismos nativos y la composta en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad INIA 415-Pasankalla”. *Tierra Latinoamericana* [en línea], 2022, (Perú), vol. 41, págs. 1-12. [Consulta: 6 diciembre 2023]. ISSN 0187-5779. Disponible en: [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/2140/1/Galecio\\_et-al\\_2023\\_quinu](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/2140/1/Galecio_et-al_2023_quinu)
38. **KRISTENSEED.** *Hortalizas*. [blog]. Guadalajara-México: 2024. [Consulta: 12 enero 2024]. Disponible en: <https://www.kristenseed.com.mx/hortalizas-kristen-seed>
39. **LAMONT, William; et al.** “Interpretación de los análisis del agua de riego”. *PennState Extension* [en línea], 2021, (United State of America), vol. 1, págs. 1-7. [Consulta: 21 abril 2024]. Disponible en: <https://extension.psu.edu/interpretacion-de-los-analisis-del-agua-de-riego>
40. **LA ROSA VILAREAL, Oscar Jimmy.** Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo condiciones del valle del Rímac, Lima. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Agraria La Molina. Lima-Perú. 2015. págs. 10-50. [Consulta: 2023-12-21]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/948/T007353.pdf?sequence=1>
41. **LEÓN TERÁN, Juan Eduardo.** Determinación de requerimientos hídricos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) var: Winterhaven en base al tanque de evaporación tipo y fórmulas empíricas (FAO) en Macají, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2018. págs. 35-60. [Consulta: 2024-02-02]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8729>

- LOPÉZ BILBAO, Marisa & FREZZA, Diana.** *Lechuga* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: INTA, 2022. [Consulta: 3 enero 2024]. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle>
43. **LÓPEZ RAMIREZ, Evelio Tomás.** Análisis de la demanda de lechuga (*Lactuca sativa*) en la ciudad de Caazapá. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Nacional De Asunción. Caazapá. 2014. [Consulta: 2024-01-01]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/demanda-lechuga-lactuca-sativa-l-ciudad-caazapa/demanda-lechuga-lactuca-sativa-l-ciudad-caazapa>
44. **MARTÍNEZ BARRENO, Byron Alberto.** Evaluación del biosol generado en la producción de biogás, como biofertilizante en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica De Ambato. Ambato-Ecuador. 2019.págs. 20-40. [Consulta: 2024-03-03]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29476/1/Tesis-229%20%20Ingenier%C3%A>
45. **MARTÍNEZ M, Fabio Ernesto & GARCÉS V, Gabriel Alberto.** “Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. romana) bajo diferentes niveles de potasio”. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* [en línea], 2010, (Bogotá-Colombia), vol. 4(2), págs. 185-198. [Consulta: 6 enero 2024]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/gfischer,+ARTICULO+5-1.pdf>
46. **MASSO.** *Lechuga: plagas y enfermedades*. [blog]. España: 2023. [Consulta: 12 enero del 2024]. Disponible en: <https://www.massogro.com/es/>
47. **MENDARTE ALQUISIRA, Calíope; et al.** “Fitorremediación: alternativa biotecnológica para recuperar suelos contaminados con DDT. Una revisión”. *Scielo* [en línea], 2021, (México), vol. 24, págs. 1-12. [Consulta: 11 noviembre 2023]. ISSN 1405-888X. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-888X2021000100204](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2021000100204)

48. **MEZA GIMÉNEZ, Wilfrido; et al.** “Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas sobre el desarrollo del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)”. *Ciencia Latina Científica Multidisciplinar* [en línea], 2023, (Paraguay), vol.7(6), págs. 1-10. [Consulta: 11 abril 2024]. Disponible en: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/8744/13025>
49. **MINISTERIO AMBIENTE 5.1.3.** *Agua. Revisión y actualización de la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego.*
50. **MOLINER, Ana & MASAGUER, Alberto.** “Calidad del agua para uso agrario”. *Biological and Chemical ResearchGate* [en línea], 1996, (España), vol. 1, págs. 59-75. [Consulta: 21 abril 2024]. ISBN: 84-491-0290-1. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/27626>
51. **NEVAL.** *Plagas y Enfermedades más importantes de la Lechuga.* [blog]. (España):2018. [Consulta: 12 enero 2024]. Disponible en: <https://www.ne-val.com/plagas-enfermedades-mas-importantes-lechuga/>
52. **PINCAJ, Gladys & GUERRERO, Manuel.** “Diagnóstico de Aguas Residuales para Riego de
53. *Especies Arbóreas en Los Tres Bajos de Montecristi*”. *Digital Publisher* [en línea], 2023, (Ecuador), V8-N5 (171-178), págs. [Consulta: 11 enero 2024]. ISSN 2588-0705. Disponible en: [https://www.593dp.com/index.php/593\\_Digital\\_Publisher/article/view/1975/1696](https://www.593dp.com/index.php/593_Digital_Publisher/article/view/1975/1696)
54. **PRONAMACHS.** *Manejo y conservación del suelo: Fundamentos del riego* [en línea]. 1<sup>era</sup> ed. Perú: Programa Nacional De Manejo De Cuencas Hidrográficas y Conservación De Suelos, 2004. [Consulta: 1 enero 2024]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/470734477/Manejo-y-Conservacion-de-Suelos-Fundamentos-y-Practicas-2001>
55. **RODRIGUEZ DE JORGE, Lander.** *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes.* [blog]. España: Iagua, 2020. [Consulta: 11

noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>

56. **SÁENZ ARIAS, Sol; et al.** “Contaminación por vertidos de aguas residuales: Una revisión de las interacciones microorganismos–micro plásticos y sus posibles riesgos ambientales en aguas costeras colombianas”. *Ecosistemas revista científica de ecología y medio ambiente* [en línea], 2023, (Colombia), vol. 32 (1), págs. 10-20. [Consulta: 6 noviembre 2023]. ISSN: 1697-2473. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/2489>
57. **SAB.** *La calidad del agua para riego*. [blog]. Italia: 2020. [Consulta: 21 abril 2024]. Disponible en: <https://www.sabspa.com/es/la-calidad-del-agua-para-riego/>
58. **TELWESA.** *Aguas residuales: Definición y clasificación*. [blog]. España: 2022. [Consulta: 11 enero 2024]. Disponible en: <https://telwesa.com/aguas-residuales/#>
59. **TOAPAXI TOAPANTA, Oscar Daniel.** Evaluación de la adaptación de cinco cultivares de lechuga de repollo (*Lactuca sativa* l.) En el barrio san francisco de Collanas, Salcedo, Cotopaxi, 2022. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Técnica De Cotopaxi. Latacunga-Ecuador. 2023. págs. 1-69. [Consulta: 2024-01-12]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10745/1/PC-002761.pdf>
60. **WIKIFARMER.** *Cómo Cultivar Lechuga – Guía Completa de Cultivo de la Lechuga, desde la Siembra hasta la Cosecha*. [blog]. 2024. [Consulta: 2 febrero 2024]. Disponible en: <https://wikifarmer.com/es/como-cultivar-lechuga-guia-completa-de-cultivo-de-la-lechugadesde-la-siembra-hasta-la-cosecha/>





## ANEXOS

### ANEXO A: PLANTA DE FITORREMEDIACIÓN



**ANEXO B: ALTURA DE LA PLANTA 30 DDT**

<b>Tratamientos</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Promedio (cm)</b>
T1	A1	B1	7.80	8.75	9.95	8.83
T2	A1	B2	7.65	8.55	9.65	8.62
T3	A1	B3	8.55	8.90	9.60	9.02
T4	A2	B1	8.20	8.65	9.50	8.78
T5	A2	B2	6.00	9.80	10.40	8.73
T6	A2	B3	8.15	8.70	10.20	9.02

**ANEXO C: ALTURA DE LA PLANTA 45 DDT**

<b>Tratamientos</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Promedio (cm)</b>
T1	A1	B1	11.25	16.80	17.05	15.03
T2	A1	B2	13.05	16.45	17.55	15.68
T3	A1	B3	14.80	15.90	19.60	16.77
T4	A2	B1	13.70	14.65	15.60	14.65
T5	A2	B2	10.95	14.10	16.25	13.77
T6	A2	B3	14.25	15.05	17.15	15.48

**ANEXO D: ALTURA DE LA PLANTA 60 DDT**

<b>Tratamientos</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Promedio (cm)</b>
T1	A1	B1	14.85	18.6	19.55	17.67
T2	A1	B2	14.6	19.7	21.35	18.55
T3	A1	B3	16.05	17.7	22.55	18.77
T4	A2	B1	15.85	17.6	20.3	17.92
T5	A2	B2	15.7	18.9	21.05	18.55
T6	A2	B3	16.4	19.1	20.85	18.78

**ANEXO E: NÚMERO DE HOJAS A LOS 30 DDT**

<b>Tratamientos</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Promedio</b>
T1	A1	B1	4.90	5.20	5.65	5.25
T2	A1	B2	5.15	5.05	6.15	5.45
T3	A1	B3	5.30	5.55	6.20	5.68
T4	A2	B1	5.35	5.65	6.40	5.80
T5	A2	B2	5.20	5.60	6.30	5.70
T6	A2	B3	5.15	5.85	6.75	5.92

**ANEXO F: NÚMERO DE HOJAS A LOS 45 DDT**

<b>Tratamientos</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Promedio</b>
T1	A1	B1	8.25	8.90	9.05	8.73
T2	A1	B2	8.70	9.65	9.85	9.40
T3	A1	B3	9.10	9.50	9.65	9.42
T4	A2	B1	8.70	8.95	9.20	8.95
T5	A2	B2	7.35	8.60	9.10	8.35
T6	A2	B3	8.40	8.60	9.70	8.90

**ANEXO G: NÚMERO DE HOJAS A LOS 60 DDT**

<b>Tratamientos</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Promedio</b>
T1	A1	B1	9.10	9.30	9.80	9.40
T2	A1	B2	9.10	10.05	10.50	9.88
T3	A1	B3	9.25	9.75	10.30	9.77
T4	A2	B1	9.05	9.65	10.55	9.75
T5	A2	B2	8.35	10.05	10.65	9.68
T6	A2	B3	8.95	9.50	10.30	9.58

## ANEXO H: DÍAS A LA FORMACIÓN DEL REPOLLO

<b>Tratamientos</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Promedio</b>
T1	A1	B1	55.75	52.50	48.75	52.33
T2	A1	B2	58.50	51.25	49.25	53.00
T3	A1	B3	55.50	50.50	46.75	50.92
T4	A2	B1	51.00	49.75	47.00	49.25
T5	A2	B2	59.25	48.50	46.50	51.42
T6	A2	B3	52.50	49.25	46.25	49.33



**ANEXO I: DÍAS A LA COSECHA**

<b>Tratamientos</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Promedio</b>
T1	A1	B1	79.25	76.50	70.75	75.50
T2	A1	B2	78.50	76.50	71.75	75.58
T3	A1	B3	77.75	73.75	71.00	74.17
T4	A2	B1	77.75	75.50	70.50	74.58
T5	A2	B2	79.25	73.00	70.00	74.08
T6	A2	B3	75.50	73.50	71.00	73.33

**ANEXO J: MATERIA SECA (%)**

<b>Tratamiento</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Promedio (%)</b>
T1	A1	B1	3,75	3,42	3,01	3,39
T2	A1	B2	5,01	4,02	4,20	4,41
T3	A1	B3	6,71	5,74	5,61	6,02
T4	A2	B1	3,41	4,60	4,24	4,08
T5	A2	B2	3,81	4,02	3,86	3,90
T6	A2	B3	4,31	4,60	4,57	4,49

**ANEXO K: DIAMETRO ECUATORIAL**

<b>Tratamientos</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Promedio (cm)</b>
T1	A1	B1	11.29	13.53	15.93	13.58
T2	A1	B2	10.65	14.59	17.75	14.33
T3	A1	B3	14.80	15.76	18.86	16.47
T4	A2	B1	13.82	14.89	15.23	14.64
T5	A2	B2	11.19	15.07	16.99	14.41
T6	A2	B3	14.57	15.45	17.64	15.88

**ANEXO L: PESO DEL REPOLLO**

<b>Tratamiento</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>Promedio (g)</b>
T1	A1	B1	695,05	653,85	794,85	714,58
T2	A1	B2	861,15	918,05	913,90	897,70
T3	A1	B3	113,95	1182,60	1162,10	1160,88
T4	A2	B1	821,90	673,75	751,80	749,15
T5	A2	B2	784,90	903,40	842,65	843,65
T6	A2	B3	107,05	1105,55	1142,80	1108,80

**ANEXO M: RENDIMIENTO**

<b>Tratamiento</b>	<b>Agua</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>II</b>	<b>Promedio (kg/ha)</b>
T1	A1	B1	25063.92	23578.23	28662.77	25768.31
T2	A1	B2	31053.59	33105.44	32955.79	32371.61
T3	A1	B3	41035.17	42645.27	41906.03	41862.16
T4	A2	B1	29638.21	24295.83	27110.36	27014.80
T5	A2	B2	28303.97	32577.15	30386.47	30422.53
T6	A2	B3	38875.14	39866.80	41210.06	39984.00

# ANEXO N: ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA A LA ENTRADA TANQUE FITORREMEDIACIÓN

## RESULTADOS

Código Agrarprojekt: EPC-260124

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Agua de Riego
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	CV01AG, Cultivo: Hortícola Lechuga y Brócoli

### Contenido de macro- y microelementos en mg / l (equivalente a ppm)

Análisis	Unidad	*Recomendación: Agua de Riego para Cultivos Hortícolas Intensivos	Resultado
pH	-	5,4 - 8,8	6,6
Conductividad (CE)	mS/cm	< 1,0 (ideal: < 0,5)	1,92
Dureza Total	-	-	-
Clasificación	-	-	agua muy dura
Grado Dureza °d	°d	-	52,1
Dureza en mmol/l	mmol/l	-	9,3
Dureza equivalente CaCO <sub>3</sub> en ppm	mg/l	< 275	931
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/l	< 30	2,3
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	mg/l	< 15	15,6
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	mg/l	< 72	127
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	< 106 (ideal: < 53)	155
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	mg/l	< 183	471
∑ Aniones	meq/l	-	15,3
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/l	< 4,5	5,5
Potasio (K)	mg/l	< 20	20,6
Magnesio (Mg)	mg/l	< 30	103
Calcio (Ca)	mg/l	< 60	203
Sodio (Na)	mg/l	< 70 (ideal: < 35)	195
∑ Cationes	meq/l	-	27,9
Hierro (Fe)	mg/l	< 1,5	0,134
Manganeso (Mn)	mg/l	< 0,5	0,040
Cobre (Cu)	mg/l	< 0,1	0,018
Zinc (Zn)	mg/l	< 0,3	0,035
Boro (B)	mg/l	< 0,3	0,663

\* Fuente: D. W. Reed. Water, Media y Nutrition. Ball Publishing, 311 pp.

- = No Aplica

Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.
- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.
- Prohibida la reproducción total o parcial de Los resultados. No procede copia.

*Karl Sponagel*

Agrarprojekt S.A.  
 Dr. Karl Sponagel  
 Director del Laboratorio

# ANEXO O: ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA A LA SALIDA TANQUE FITORREMEDIACIÓN



Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

Agrarprojekt S.A.  
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito  
 Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034148  
 info@agrarprojekt.com  
 www.agrarprojekt.com

## RESULTADOS

Código Agrarprojekt: EPC-260124

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Tipo de Muestra:	Agua de Riego
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	CJ02AT, Cultivo: Hortícola Lechuga y Brócoli

Contenido de macro- y microelementos en mg / l (equivalente a ppm)

Análisis	Unidad	*Recomendación: Agua de Riego para Cultivos Hortícolas Intensivos	Resultado
pH	-	5,4 - 8,8	7,0
Conductividad (CE)	mS/cm	< 1,0 (ideal: < 0,5)	2,24
Dureza Total	-	-	-
Clasificación	-	-	agua muy dura
Grado Dureza °d	°d	-	59,2
Dureza en mmol/l	mmol/l	-	10,6
Dureza equivalente CaCO <sub>3</sub> en ppm	mg/l	< 275	1057
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/l	< 30	2,3
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	mg/l	< 15	8,0
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	mg/l	< 72	62,8
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	< 106 (ideal: < 53)	244
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	mg/l	< 183	543
∑ Aniones	meq/l	-	17,4
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/l	< 4,5	9,2
Potasio (K)	mg/l	< 20	28,0
Magnesio (Mg)	mg/l	< 30	93,5
Calcio (Ca)	mg/l	< 60	269
Sodio (Na)	mg/l	< 70 (ideal: < 35)	250
∑ Cationes	meq/l	-	33,2
Hierro (Fe)	mg/l	< 1,5	0,118
Manganeso (Mn)	mg/l	< 0,5	1,38
Cobre (Cu)	mg/l	< 0,1	0,020
Zinc (Zn)	mg/l	< 0,3	0,028
Boro (B)	mg/l	< 0,3	0,539

\* Fuente: D. W. Reed. Water, Media y Nutrition. Ball Publishing. 311 pp.


- = No Aplicable

**Nota:** - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.

- La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.
- El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.
- Prohibida la reproducción total o parcial de Los resultados. No procede copia.

Agrarprojekt S.A.  
 Dr. Karl Sponagel  
 Director del Laboratorio

## ANEXO P: ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA DEL CANAL

 <b>agrAR PROJEKT</b> Consultancy & Laboratory Services		Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Q Tel: 02-2490575/02-2492148/0984-034 info@agrارprojekt. www.agrarprojekt.	
Trabajamos bajo la Norma ISO 17025		Pág 2/2	
Código Agrarprojekt: EPC-270723		Pág 2/2	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Tipo de Muestra:	Agua de Riego		
Número de Muestra:	# 1		
Información Proporcionada por el Cliente:	Agua de Riego Espoch - Tunshi		
Contenido de macro- y microelementos en mg / l (equivalente a ppm)			
Análisis	Unidad	*Recomendación: Agua de Riego para Cultivos Frutícolas Intensivos	Resultado
pH	-	5,4 - 8,8	8,9
Conductividad (CE)	mS/cm	< 1,0 (ideal: < 0,5)	0,20
Dureza Total	-	-	-
Clasificación	-	-	agua blanda
Grado Dureza °d	°d	-	3,7
Dureza en mmol/l	mmol/l	-	0,66
Dureza equivalente CaCO3 en ppm	mg/l	< 275	65,6
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/l	< 30	1,2
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	mg/l	< 15	1,5
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	mg/l	< 72	14,5
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	< 106 (ideal: < 53)	5,6
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	mg/l	< 183	79,0
∑ Aniones	meq/l	-	1,82
Amonio (NH <sub>4</sub> )	mg/l	< 4,5	0,1
Potasio (K)	mg/l	< 20	3,5
Magnesio (Mg)	mg/l	< 30	7,5
Calcio (Ca)	mg/l	< 60	14,0
Sodio (Na)	mg/l	< 70 (ideal: < 35)	13,0
∑ Cationes	meq/l	-	1,97
Hierro (Fe)	mg/l	< 1,5	0,238
Manganeso (Mn)	mg/l	< 0,5	0,017
Cobre (Cu)	mg/l	< 0,1	0,014
Zinc (Zn)	mg/l	< 0,3	0,023
Boro (B)	mg/l	< 0,3	0,124
* Fuente: D. W. Reed. Water, Media y Nutrition. Ball Publishing. 311 pp. - = No Aplica			
Nota: - Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial. - La fecha de ensayo y los métodos utilizados estan a disposición del cliente cuando lo requiera. - El laboratorio no realizó al muestras por lo tanto no certifica al origen de las muestras.			









**ANEXO T: COSTOS INDIRECTOS Y DEPRECIACIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO**

INVERSIONES	UTILIDAD	DEPRECIACIÓN ANUAL		DEPRECIACIÓN CICLO	
<b>1 MATERIALES DE CAMPO (SIN Bomba de motor)</b>					
Bomba manual de 20 L 40,00	5 años	8	/ AÑO	2	/ AÑO
<b>Total 40,00</b>					
<b>2 INVERSIONES FIJAS (sin bomba de riego)</b>					
Sistema de riego 30000	5 años	6000	/ AÑO	166.6666667	/ AÑO
Planta tratamiento 100	15 años	46,67	/AÑO	16,67	/AÑO
<b>Total 30700,00</b>					
<b>3 Equipo con motor</b>					
Bomba de agua 100,00	5 años				
<b>Total 100,00</b>		20,00	/ AÑO	5,00	/ AÑO
<b>Total, depreciaciones</b>		<b>6074,666667</b>		<b>180.33</b>	
<b>Inversión 41400,00</b>					



**ANEXO U: COSTOS INDIRECTOS Y DEPRECIACIÓN MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL AGUA DE TRATADA POR FITORREMEDIACIÓN**

INVERSIONES		UTILIDAD	DEPRECIACIÓN ANUAL		DEPRECIACIÓN CICLO	
<b>1</b>	<b>MATERIALES DE CAMPO (SIN Bomba de motor)</b>					
	Bomba manual de 20 L	40,00	5 años	8	/ AÑO	2 / AÑO
	<b>Total</b>	<b>40,00</b>				
<b>2</b>	<b>INVERSIONES FIJAS (sin bomba de riego)</b>					
	Sistema de riego	30000	5 años	6000	/ AÑO	166.6666667 / AÑO
	<b>Total</b>	<b>30000,00</b>				
<b>3</b>	<b>Equipo con motor</b>					
	Bomba de agua	0,00	0 años			
	<b>Total</b>	<b>0,00</b>		0,00	/ AÑO	0,00 / AÑO
	<b>TOTAL, DEPRECIACIONES</b>			<b>6008</b>		<b>168.6666667</b>
	<b>INVERSION</b>	<b>30040,00</b>				



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 18 / 06 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Gilda Veronica Cacoango Cuvi
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Agronomía
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Agrónoma
 Ing. Daniel Arturo Román Rebalino MSc. <b>Director del Trabajo de Titulación</b>
 Ing. Alfonso Leonel Suárez Tapia PhD. <b>Asesora del Trabajo de Titulación</b>