



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS**  
**NATURALES**

**CARRERA DE AGRONOMIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE CON  
DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN DOS SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN CON ACOLCHADO Y SIN ACOLCHADO  
PLÁSTICO EN EL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO DE LA  
VARIEDAD SALINAS (*Lactuca sativa L.*) EN EL CAMPUS SALACHE  
2024”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Agrónomo

**Autor:**

Bonilla Villena Daniel Efraín

**Tutor:**

Marín Quevedo Karina Paola

**Cotutor:**

López Guerrero Victoria Alicia

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Febrero 2025**

**i**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Bonilla Villena Daniel Efraín, con cédula de ciudadanía No. 0504878117, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE CON DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON ACOLCHADO Y SIN ACOLCHADO EN EL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO DE LA VARIEDAD SALINAS (*lactuca sativa l.*) EN EL CAMPUS SALACHE 2024”**, siendo la Ingeniera Karina Marín Quevedo Mg., tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 20 de febrero del 2025



Daniel Efraín Bonilla Villena  
C.C: 0504878117  
**ESTUDIANTE**

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **BONILLA VILLENA DANIEL EFRAÍN**, identificado con cédula de ciudadanía **0504878117** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agronómica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE CON DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON ACOLCHADO Y SIN ACOLCHADO EN EL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO DE LA VARIEDAD SALINAS (LACTUCA SATIVA L.) EN EL CAMPUS SALACHE 2024**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Abril 2021 - Agosto 2021

Finalización de la carrera: Octubre 2024 – Marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de Diciembre del 2024

Tutora: Ing. Karina Paola Marín Quevedo.

Tema: “**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE CON DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON ACOLCHADO Y SIN ACOLCHADO EN EL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO DE LA VARIEDAD SALINAS (LACTUCA SATIVA L.) EN EL CAMPUS SALACHE 2024.**”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.** - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 20 días del mes de febrero del 2025.



Daniel Efrain Bonilla Villena

**EL CEDENTE**

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

**LA CESIONARIA**

## **AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE CON DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON ACOLCHADO Y SIN ACOLCHADO EN EL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO DE LA VARIEDAD SALINAS (*lactuca sativa l.*) EN EL CAMPUS SALACHE 2024”**, de Bonilla Villena Daniel Efrain, de la carrera de Agronomía, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 20 de febrero del 2025



Ing. Karina Paola Marín Quevedo Mg

C.C: 0502672934


**DOCENTE TUTORA**

## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN


En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Bonilla Villena Daniel Efraín, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE CON DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON ACOLCHADO Y SIN ACOLCHADO EN EL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO DE LA VARIEDAD SALINAS (*lactuca sativa l.*) EN EL CAMPUS SALACHE 2024”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 20 de Febrero del 2025

  
Ing. Francisco Hernán Chancusig, Mg.  
C.C: 0501883920  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

  
Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete, Mg.  
C.C: 0502409725  
**LECTOR 2 (MIEMBRO)**

  
Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg.  
CC: 0501946263  
**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Al concluir esta etapa de mi vida quiero extender un profundo agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por brindarme las herramientas académicas y el espacio necesario para desarrollar mis conocimientos. Su compromiso con la educación ha sido fundamental en mi formación, y este trabajo es el reflejo del esfuerzo conjunto entre docentes, estudiantes y la institución.*

*A la Ingeniera Karina Marín y al Ingeniero Santiago Jiménez, cuyo apoyo, guía y conocimientos fueron esenciales para la realización de esta investigación. Su paciencia, consejos y dedicación me impulsaron a dar lo mejor de mí, contribuyendo de manera significativa a mi crecimiento académico y profesional. Les agradezco profundamente por su tiempo y compromiso en cada etapa de este proceso.*

*Y, por supuesto, a los ingenieros del INIAP, por darme la oportunidad de realizar esta investigación bajo su tutela y apoyo.*

*A mis amigos Mateo, Daniela, Nataly, Steven quienes con su compañía, motivación y apoyo incondicional hicieron más llevadero este camino. Su presencia ha sido un pilar fundamental en mi vida universitaria, brindándome aliento en los momentos difíciles y celebrando conmigo cada logro alcanzado.*

*Agradezco profundamente a Estefanía Jiménez por su apoyo incondicional a lo largo de este camino. En cada momento, tanto en los buenos como en los difíciles, ha demostrado ser alguien en quien puedo confiar plenamente. Su amor, paciencia y comprensión han sido un pilar fundamental, brindándome la motivación y la fortaleza necesarias para superar cada desafío y dar lo mejor de mí en todo momento.*

**Daniel Efrain Bonilla Villena**

### **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a mi madre, Marlene Villena, por ser mi mayor inspiración, cuyo esfuerzo, sacrificio y amor incondicional me han impulsado a seguir adelante; a mi hermana, Karol Bonilla, por su apoyo inquebrantable, su compañía y sus palabras de aliento que me han dado fuerza en cada paso; y a mis familiares, quienes con su confianza, motivación y cariño han sido un pilar fundamental en este camino. A todos ustedes, les dedico este logro con profundo agradecimiento.*

***Daniel Efrain Bonilla Villena***

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE CON DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON ACOLCHADO Y SIN ACOLCHADO PLÁSTICO EN EL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO DE LA VARIEDAD SALINAS (*Lactuca sativa* L.) EN EL CAMPUS SALACHE 2024”.**

**Autor:**

Bonilla Villena Daniel Efraín

### RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Campus Salache de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ubicada en la parroquia Eloy Alfaro del cantón Latacunga. Se propuso evaluar el efecto de diferentes dosis y frecuencias de un biofertilizante en dos sistemas de producción con y sin acolchado plástico sobre el rendimiento y la calidad de lechuga de repollo (*Lactuca sativa* L.) variedad Salinas. La investigación se realizó en dos fases: pilonera y campo. En la fase de pilonera se evaluó dosis y frecuencias, se utilizó un diseño de parcelas divididas en franjas con tres repeticiones con un total de 8 tratamientos, se utilizó Prueba de Tukey al 5% para las fuentes de variación con significación estadística. Las variables a evaluar fueron el porcentaje de germinación, altura de planta cotiledón, altura de planta, número de hojas, longitud de raíz, volumen de raíz y clorosis. En la fase de campo se evaluó dosis, frecuencias y cobertura, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de 2\*4\*2 con 16 tratamientos y tres repeticiones, la Prueba de Tukey al 5% se utilizó para las fuentes de variación con significación estadística. Las variables a evaluar fueron: altura de planta, días de formación de cabeza, diámetro ecuatorial, porcentaje de malezas, clorosis, peso y grado de madurez. Los resultados obtenidos en la fase de pilonera fueron de 91.83% en el porcentaje de germinación a una dosis de 4 ccl<sup>-1</sup>, en número de hojas, altura de planta y longitud de raíz la dosis 6 ccl<sup>-1</sup> obtuvo los mejores resultados con una aplicación cada 7 días. En la fase de campo la dosis 6 cc l<sup>-1</sup> junto a la aplicación cada 7 días obtuvieron los mejores resultados en peso de repollo, mientras que en el porcentaje de presencia de malezas la misma dosis, la aplicación cada 15 días y el cultivo con cobertura resultaron satisfactorios. Finalmente, se indica que las dosis de 6 ccl<sup>-1</sup> la frecuencia de aplicación cada 7 días del biofertilizante enriquecido con microorganismos y el uso de cobertura plástica resulta beneficioso para el desarrollo y la calidad del cultivo de lechuga.

**Palabras clave:** *Lactuca sativa*, biofertilizante, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, bacterias promotoras del crecimiento vegetal.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI  
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES**

**THEME: "EVALUATION OF THE EFFECT OF A BIOFERTILIZER WITH DIFFERENT DOSES AND FREQUENCIES IN TWO PRODUCTION SYSTEMS WITH AND WITHOUT PLASTIC MULCHING IN THE CULTIVATION OF CABBAGE LETTUCE OF THE SALINAS VARIETY (*Lactuca sativa* L.) AT THE SALACHE 2024 CAMPUS"**

**Author:**

Bonilla Villena Daniel Efraín

**ABSTRACT**

The present research was carried out at the Salache Campus of the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources of the Technical University of Cotopaxi, located in the Eloy Alfaro parish of the Latacunga canton. It was proposed to evaluate the effect of different doses and frequencies of a biofertilizer in two production systems with and without plastic mulch on the yield and quality of cabbage lettuce (*Lactuca sativa* L.) variety Salinas. The research was carried out in two phases: pylon and field. In the pilonera phase, doses and frequencies were evaluated, a design of plots divided into strips with three repetitions with a total of 8 treatments was used, a 5% Tukey test was used for sources of variation with statistical significance. The variables to be evaluated were the germination percentage, cotyledon plant height, plant height, number of leaves, root length, root volume and chlorosis. In the field phase, doses, frequencies and coverage were evaluated, a randomized complete block design was used with a 2\*4\*2 factorial arrangement with 16 treatments and three repetitions, the Tukey Test at 5%. was used for sources of variation with statistical significance. The variables to be evaluated were: plant height, days of head formation, equatorial diameter, percentage of weeds, chlorosis, weight and degree of maturity. The results obtained in the pilonera phase were 91.83% in the germination percentage at a dose of 4 ccl-1, in number of leaves, plant height and root length, the 6 ccl-1 dose obtained the best results with an application every 7 days. In the field phase, the 6 cc l-1 dose together with the application every 7 days obtained the best results in cabbage weight, while in the percentage of presence of weeds the same dose, the application every 15 days and the cover crop were satisfactory. Finally, it is indicated that the doses of 6 ccl-1, the frequency of application every 7 days of the biofertilizer enriched with microorganisms and the use of plastic coverage is beneficial for the development and quality of the lettuce crop.

**KEYWORDS:** *Lactuca sativa*, Biofertilizer, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, rhizobacteria

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
índice de gráficos	xvi
índice de imágenes	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL.	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	4
3.1. Beneficiarios directos	4
3.2. Beneficiarios indirectos.	4
4. el PROBLEMA de investigación	5
5. OBJETIVOS	6
5.1. Objetivo General	6
5.2. Objetivos Específicos	6
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	7
7.1. Cultivo de la Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)	7
7.2. Etapas fenológicas del cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> )	9
7.3. Requerimientos de cultivo	9
7.4. Manejo del cultivo de lechuga	9
7.4.1. Semillero	9
7.4.2. Preparación del suelo	9
7.4.3. Trasplante	10
7.4.4. Riego	10
7.4.5. Fertilización del cultivo de lechuga	11

7.4.6.	Cosecha	11	
7.4.7.	Plagas y enfermedades	11	
7.5.	Variedades	12	
7.6.	Lechuga de repollo variedad Salinas	12	
7.7.	Coberturas o acolchados	13	
7.8.	Coberturas plásticas o acolchados plásticos	13	
7.8.1.	Manejo de malezas	14	
7.9.	Biofertilizantes	14	
7.10.	Biofertilizantes enriquecidos con microorganismos	16	
7.11.	Bacillus subtilis	16	
7.12.	Pseudomonas fluorescens	17	
8.	validación de las Hipótesis	18	
9.	METODOLOGÍA y diseño experimental	19	
9.1.1.	Experimental	19	
9.1.2.	Descriptiva	19	
9.3.1.	Fuentes de información	20	
9.3.2.	Análisis estadístico	21	
9.5.	Materiales y equipos		21
9.6.1.	Factores en estudio	22	
9.6.2.	Tratamientos	22	
9.6.3.	Diseño Experimental	23	
9.6.4.	Análisis estadístico	23	
9.6.5.	Análisis funcional	23	
9.6.6.	Unidad experimental	24	
9.7.1.	Factores en estudio	25	
9.7.2.	Tratamientos	25	
9.7.3.	Diseño Experimental	26	
9.7.4.	Análisis funcional	27	
9.7.5.	Unidad experimental	27	
10.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN fase pilonera	32	
10.2.	Variable Altura de Planta Cotiledón	32	
10.3.	Variable Altura de Planta	33	
10.4.1.	ADEVA para la variable Número de hojas	37	
10.4.2.	Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Número de Hojas		38

10.5.1.	ADEVA para la variable Longitud de raíz	40
10.5.2.	Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias en la variable Longitud de raíz	40
10.6.1.	Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Volumen de raíz	42
10.7.	Variable Clorosis de hojas de lechuga de repollo	43
11.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN FASE CAMPO	44
11.2.	Variable Porcentaje de Formación de cabeza	49
11.3.	Variable Porcentaje de Maleza	51
11.4.	Variable Clorosis	54
11.5.	Variable Incidencia de plagas y enfermedades	54
11.6.	Variable Peso de la lechuga de repollo	54
11.7.	Variable Grado de madurez	56
11.8.	Variable Diámetro ecuatorial	56
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
12.1.	Conclusiones	59
12.2.	Recomendaciones	59
13.	BIBLIOGRAFÍA	60
14.	ANEXO	66

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Actividades por objetivo	7
Tabla 2.	Clasificación taxonómica de la lechuga	8
Tabla 3.	Composición de Biofertilizante Maíz	16
Tabla 4.	Operacionalización de las variables	19
Tabla 5.	Frecuencia de aplicación de biofertilizante	22
Tabla 6.	Dosis de aplicación de biofertilizante	22
Tabla 7.	Descripción de los Tratamientos	23
Tabla 8.	Esquema del Análisis de Varianza para pilonera	23
Tabla 9.	Características de la unidad experimental en campo	24
Tabla 10.	Frecuencia de aplicación de biofertilizante Biofertilizante Maíz	25
Tabla 11.	Dosis de aplicación de biofertilizante Maiz	25
Tabla 12.	Cobertura de suelo para cultivo de lechuga de cabeza variedad Salinas	26
Tabla 13.	Descripción de los Tratamientos	26
Tabla 14.	Esquema del Análisis de Varianza	27
Tabla 15.	Características de la unidad experimental	27
Tabla 16.	Grado de clorosis visual en lechuga variedad Salinas	31

Tabla 17. ADEVA para la variable Porcentaje de Germinación	33
Tabla 18. ADEVA para la variable Altura de planta cotiledón	33
Tabla 19. ADEVA para la variable Altura de planta	35
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias en la variable Altura de planta	37
Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Altura de planta	38
Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias x Dosis en la variable Altura de planta	39
Tabla 23. Análisis de varianza para la variable Número de hojas	41
Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Número de hojas	41
Tabla 25. Análisis de varianza para la variable Longitud de raíz	43
Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias en la variable Longitud de raíz	43
Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Longitud de raíz	44
Tabla 28. Análisis de varianza para la variable Volumen de raíz	45
Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Volumen de raíz	46
Tabla 30. ADEVA para la variable Altura de planta	48
Tabla 31. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Número de hojas a los 15 y 30 DDT	49
Tabla 32. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias en la variable Altura de planta a los 15 y 30 DDT	46
Tabla 33. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable Altura de planta a los 15 DDT	47
Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencia x Cobertura en la variable Altura de planta a los 15, 30 y 45 DDT	48
Tabla 35. ADEVA para la variable Porcentaje de formación de cabeza a los 45 y 52 DDT	49
Tabla 36. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Porcentaje de malezas a los 15 y 45 DDT	50
Tabla 37. ADEVA para la variable Porcentaje de formación de cabeza a los 45 y 52 DDT	51
Tabla 38. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Porcentaje de malezas a los 21 y 45 DDT	52
Tabla 39. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable Porcentaje de malezas a los 21 y 45 DDT	53
Tabla 40. ADEVA para la variable Peso de la lechuga a los 60 DDT	55
Tabla 41. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable Peso de lechuga a los 60 DDT	55
Tabla 42. ADEVA para la variable Diámetro ecuatorial a los 52 DDT	56

Tabla 43. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Diámetro ecuatorial a los 52 DDT	57
Tabla 44. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable Diámetro ecuatorial a los 52 DDT	58
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	
Gráfico 1. Promedios para Frecuencias de aplicación en Altura de planta	35
Gráfico 2. Promedios para Dosis de aplicación en Altura de planta	36
Gráfico 3. Promedios para Frecuencia x Dosis de aplicación en Altura de planta	37
Gráfico 4. Promedios para Frecuencias en la variable Número de hojas	39
Gráfico 5. Promedios para Frecuencia en la variable Longitud de raíz	41
Gráfico 6. Promedios para Frecuencia en la variable Longitud de raíz	42
Gráfico 7. Promedios para Dosis en la variable Volumen de raíz	43
Gráfico 9. Promedios para Tratamientos en la variable Número Altura de planta a los 15 y 30 DDT	46
Gráfico 9. Promedios para Frecuencias en la variable Altura de planta a los 15 y 30 DDT	47
Gráfico 10. Promedios para Cobertura en la variable Altura de planta a los 15 DDT	48
Gráfico 11. Promedios para A x C en la variable Altura de planta a los 15, 30 y 45 DDT	49
Gráfico 12. Promedios para Cobertura en la variable Porcentaje de formación de cabeza a los 45 DDT	51
Gráfico 13. Promedios para Tratamientos en la variable Porcentaje de malezas a los 21 y 45 DDT	53
Gráfico 13. Promedios para Cobertura en la variable Porcentaje de malezas a los 15 y 45 DDT	54
Gráfico 13. Promedios para Cobertura en la variable Peso a los 60 DDT	56
Gráfico 16. Promedios para Tratamientos en la variable Diámetro ecuatorial a los 52 DDT	57
Gráfico 13. Promedios para Cobertura en la variable Diámetro ecuatorial a los 52 DDT	58

### ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación del área de investigación	21
---	----

## **1. INFORMACIÓN GENERAL.**

### **Título**

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN BIOFERTILIZANTE CON DIFERENTES DOSIS Y FRECUENCIAS EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON ACOLCHADO Y SIN ACOLCHADO PLÁSTICO EN EL CULTIVO DE LECHUGA DE REPOLLO DE LA VARIEDAD SALINAS (*Lactuca sativa* L.) EN EL CAMPUS SALACHE 2024”.

**Fecha de inicio:** Agosto 2024 **Fecha**

**de finalización:** Marzo 2025.

### **Lugar de ejecución.**

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Campus Salache

### **Institución que auspicia.**

Universidad Técnica de Cotopaxi.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP **Facultad**

### **académica que auspicia.**

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

### **Carrera que auspicia.**

Carrera de Ingeniería Agronómica.

### **Equipo de trabajo.**

**Responsable del proyecto:** Bonilla Villena Daniel Efraín

**Tutora:** Ing. Karina Marín Quevedo Mg. **Cotutor:** Ing.

Victoria López – INIAP – Cotopaxi **Lector 1:** Ing.

Francisco Hernán Chancusig Mg.

**Lector 2:** Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuetete Mg.

**Lector 3:** Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome Mg.

### **Coordinador del proyecto**

**Nombre:** Bonilla Villena Daniel Efraín

CC. 0504878117

**Correo electrónico:** daniel.bonilla8117@utc.edu.ec

### **Área de conocimiento**

Agricultura, Silvicultura y Pesca – Producción agropecuaria

### **Línea de investigación**

Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria

**Sublínea de investigación**

Tecnologías para la agricultura

**Línea de vinculación de la carrera:**

Gestión de los recursos naturales, biodiversidad tecnológica y gestión para el desarrollo humano y social

## 2. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial la lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de los vegetales más cultivados y consumidos; además, presenta propiedades terapéuticas y tiene un potencial farmacológico aplicándose como antioxidante, neuroprotector antimicrobiano e hipnótico. El ciclo de cultivo es precoz, siendo un cultivo llamativo tanto para los agricultores de gran envergadura como para los productores de pequeña escala. Sin embargo, la búsqueda de prácticas agrícolas más sustentables ha estimulado la necesidad de explorar técnicas que incrementen su productividad sin afectar el entorno natural. En la actualidad, la producción alimentaria continúa siendo gestionada a través de la agricultura tradicional, lo que ha originado diversos problemas medioambientales como la polución de agua y tierra, salinización y degradación del suelo, especialmente debido a la utilización de fertilizantes químicos (Noumedem et al., 2017; Zea et al., 2020).

La aplicación de fertilizantes biológicos representa una opción ecológica en contraposición a los fertilizantes químicos tradicionales, fomentando la fertilidad del terreno y disminuyendo la necesidad del uso de fertilizantes e insumos sintéticos (González et al., 2021). Para fomentar una agricultura sustentable, es necesario disminuir la utilización de agroquímicos y sustituirlos por abonos orgánicos y biofertilizantes, con el objetivo de potenciar la dinámica poblacional de la microbiota del suelo, así como optimizar el proceso de elaboración de alimentos más saludables e inocuos, preservando así el medio ambiente (Beltrán y Bernal, 2022).

Las hortalizas son de gran relevancia económica, nutricional, medicinal e industrial, además de brindar oportunidades de trabajo. No obstante, la producción de vegetales es un negocio caro, dado que demanda técnicas culturales intensivas, tales como riego, desmalezamiento, fertilizantes y resguardo frente al estrés biótico y abiótico (Choudhary et al., 2021).

Una prioridad en la agricultura moderna es el uso de tecnología agrícola para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de los cultivos. Las coberturas de plástico se utilizan ampliamente para una variedad de cultivos debido a sus muchos beneficios, incluida la retención de humedad, el control de malezas y la reducción de plagas y enfermedades. Sin embargo, es necesario evaluar su eficacia concreta en el cultivo de lechuga para maximizar su potencial y minimizar los posibles inconvenientes (Zribi et al., 2021).

El acolchado plástico puede contribuir a una agricultura más sostenible al reducir el uso de herbicidas y pesticidas. El control eficaz de malezas y plagas a través de medios físicos como el acolchado es una estrategia para reducir la dependencia de productos químicos, reduciendo así el impacto ambiental y el riesgo para la salud humana. Estudios recientes muestran que el

uso de materiales plásticos puede reducir la incidencia de malezas en un 70% y la incidencia de plagas en un 40%, mejorando así significativamente el rendimiento de la lechuga (Sánchez, 2023).

La acumulación de residuos plásticos en el entorno es una inquietud legítima que debe considerarse al evaluar la utilización de astillas de corteza de plástico. No obstante, hay opciones y avances tecnológicos que promueven la utilización de plásticos biodegradables que se degradan de manera natural sin dejar residuos perjudiciales. El análisis del efecto de los plásticos biodegradables en la producción de lechuga puede ofrecer soluciones sustentables a largo plazo que fusionen las ventajas agronómicas del mantillo con la administración responsable de desechos. Los estudios indican que la aplicación de plástico biodegradable en la agricultura no afecta la efectividad de las astillas de corteza y puede incorporarse exitosamente en las prácticas de permacultura (Chapman, 2018).

La evaluación del biofertilizante a diferentes dosis y frecuencias con y sin acolchado plástico en el cultivo de lechuga de repollo variedad Salinas es importante para comprender cómo esta tecnología puede aplicarse de forma eficiente para facilitar el cultivo de los pequeños agricultores. El presente estudio permitirá determinar las cantidades correctas de biofertilizante para optimizar el desarrollo, la frecuencia de aplicación exacta para incrementar la productividad de la lechuga de repollo, mientras se evalúa el efecto del acolchado plástico como una práctica adicional como parte importante en la conservación del suelo y el control de malezas.

### **3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Beneficiarios directos**

Los beneficiarios directos del proyecto fueron los investigadores vinculados en el proyecto del biofertilizante tanto de la Universidad Técnica de Cotopaxi e INIAP.

#### **3.2. Beneficiarios indirectos.**

Los beneficiarios indirectos fueron todos los productores de hortalizas que se encuentran en la provincia de Cotopaxi y de antemano en todo el país, donde la información científica propuesta será una herramienta importante para una agricultura más sostenible.

### **4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La producción mundial de lechuga fue de aproximadamente 27 millones de toneladas en una superficie total de 1226370 hectáreas; siendo China el principal país productor con 14 millones

de toneladas (51,8%), seguido de los Estados Unidos con 4 millones de toneladas (15,9%) y luego India con 1 millón de toneladas (4,1%), representando el 71.7% de producción en todo el mundo (FAO, 2024).

De acuerdo a los datos del Sistema de Información Pública Agropecuaria SIPA (2024) la producción de lechuga en el Ecuador fue de aproximadamente más de 11 mil ha, con 7942 Kg/ha de rendimiento promedio, donde Cotopaxi es la provincia con la mayor producción con 481 ha de cultivo, seguida de la provincia de Tungurahua con 325 ha y en tercer lugar la provincia del Carchi con 96 ha., las variedades cultivadas más frecuentes son criolla y algunos híbridos.

El mayor desafío al que se enfrenta la agricultura es cubrir la creciente necesidad global de alimentos y simultáneamente disminuir el efecto agrícola y ambiental perjudicial. La alimentación de los cultivos se basa principalmente en los abonos minerales, lo que representa un peligro tanto para el medio ambiente como para la salud de las personas. Una opción para solucionar este problema es la administración nutricional combinada con fertilizantes minerales y abonos orgánicos, con el objetivo de reducir la utilización de fertilizantes minerales, a la vez que se potencia la productividad de las cosechas, además de la calidad de los productos agrícolas y del entorno ambiental (Hernández-Terrón et al., 2021).

La calidad del suelo muestra su habilidad para mantener la productividad biológica y detalla las características del suelo que inciden en la interacción del suelo con el entorno, proporcionando nutrientes, y promoviendo la fotosíntesis y el desarrollo de los cultivos. Últimamente, el concepto de calidad de suelo ha progresado hacia el concepto de salud del suelo, donde se capturan las características ecológicas del suelo que trascienden su habilidad para generar un cultivo específico (Bünemann et al., 2018).

Hamid et al, (2021) manifiesta que el suelo juega un papel crucial en el mantenimiento y supervivencia de la vida, por lo que resulta esencial la preservación y protección de la salud del mismo. La agricultura contemporánea se basa en gran parte en el empleo de fertilizantes químicos, ya que incrementan la productividad de los cultivos, pero modifican las características fisicoquímicas y biológicas del suelo. Un uso excesivo provoca la reducción de la materia orgánica, la calidad del suelo y fortalece el suelo.

Vlahova (2020) indica que es crucial llevar a cabo la transición de la agricultura tradicional a tecnologías más sostenibles como la agricultura orgánica para combatir la polución ambiental. La aplicación de biofertilizantes en las cosechas representa una opción dentro de la seguridad y autonomía alimentaria, respaldando el balance ecológico.

Además de las dificultades vinculadas al empleo de fertilizantes, los sistemas de agricultura convencionales se encuentran con retos climáticos y de gestión del suelo, tales como la evaporación desmedida del agua y la expansión de plantas. La técnica del acolchado plástico se emplea para minimizar estos problemas al cubrir el terreno, manteniendo la humedad y controlando la temperatura del mismo con el fin de conservar el suelo y mejorar la producción de los cultivos.

García-Zertuche et al, (2021) indica que dentro del desarrollo del sector agrícola se fundamenta en la ampliación de las zonas de cultivo; no obstante, actualmente el potencial de crecimiento está en descenso debido al aumento poblacional, la disponibilidad de terrenos para la cosecha y la falta de agua. Considerando que la agricultura es el mayor consumidor de agua a nivel global y la encargada de generar el 70% de los alimentos a nivel global, se indican tres fuentes de pérdida de agua en los riegos agrícolas: la evaporación en la superficie del suelo, la filtración de los drenajes (escorrentía y percolación) y las pérdidas por derramamiento por eso la importancia del uso de acolchados plásticos.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo General**

- Evaluar el efecto de diferentes dosis de un biofertilizante, en pilonera y campo, aplicadas con y sin acolchado plástico, sobre el rendimiento y la calidad del cultivo de lechuga de repollo (*Lactuca sativa* L.) variedad Salinas en el campus Salache, 2024.

### **5.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la mejor dosis y frecuencia del biofertilizante en la fase de pilonera
- Determinar la mejor dosis y frecuencia del biofertilizante en la fase de campo y sistema de siembra.

## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

*Tabla 1. Actividades por objetivo.*

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
Determinar la mejor dosis y frecuencia del biofertilizante en la fase de pilonera	Preparación de bandejas de la germinación llenadas con sustrato Siembra de semillas de lechuga en bandejas de germinación listas Diseño de disposición de tratamientos en pilonera Aplicación de biofertilizante en las dosis recomendadas Toma de datos	Desde pilonera se procedió a realizar las actividades especificadas. Se procedió a tomar datos en pilonera con respecto a: Germinación (%) Altura de planta	Identificación de la dosis y frecuencia ideal de biofertilizante para evaluar las características agromorfológicas de la lechuga de repollo en pilonera.
Determinar la mejor dosis y frecuencia del biofertilizante en la fase de campo y sistema de siembra	Medición de las parcelas experimentales Preparación de suelo Colocación de acolchado plástico Preparación de biofertilizante Diseño y disposición de tratamientos Trasplante de plántulas Riego (con y sin acolchado) Toma de datos	En campo se procedió a trasplantar conforme a lo establecido en la distribución de tratamientos. Se procedió a tomar datos en campo con respecto a: Altura de planta Grado Madurez Diámetro de cabeza Rendimiento Porcentaje de malezas	Identificación de la dosis y frecuencia ideal de biofertilizante para evaluar las características agromorfológicas de la lechuga de repollo en campo.

Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

### 7.1. Cultivo de la Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

La lechuga es uno de los vegetales de mayor consumo a nivel mundial, se puede consumir en fresco y el contenido de nutrientes está conformado por vitaminas A, C, E, B1, B2, B3, B9, fósforo, hierro, calcio, potasio; además, es rica en antioxidantes y aminoácidos (GarcíaZertuche et al., 2021).

### 7.1.1. Origen de la lechuga

Se dicta que el origen de la lechuga es muy antiguo; existen evidencias en forma de pinturas que representan esta hortaliza en una tumba de Egipto por el año 4500 A. C. La lechuga es originaria de Asia Menor, y se domesticó muy probablemente, en Egipto. Escritos de Sócrates, Aristóteles, Teofrasto y Dioscorides que mencionan que procede de la India, pasa a Egipto, luego a Grecia. Su cultivo se remonta a una antigüedad de 2.500 años y fue conocida por griegos y romanos. Las primeras lechugas que se tiene referencia son las de hoja suelta, aunque las acogolladas eran conocidas en Europa en el siglo XVI. Después del proceso de domesticación, esta hortaliza se dispersó rápidamente por los valles del Mediterráneo y pasó a Europa Occidental. En América hay reportes de su cultivo alrededor de 1494, siendo los italianos quienes llevaron especies en proceso de domesticación y seleccionaron las de tipo romano que se caracterizan por tener hojas sueltas en forma de lanza; la lechuga de cabeza empezó a aparecer hacia el año 1500 (Jaramillo et al., 2014).

### 7.1.2. Características botánicas y taxonomía

La lechuga es una planta que pertenece a la familia dicotiledónea, presenta una gran diversidad debido a los diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento, lo que ha llevado a distinguir variedades botánicas en la especie, es una planta anual autógena, su raíz es de tipo pivotante pudiendo llegar a más de 0,6 m de profundidad, posee un tallo pequeño, corto y cilíndrico siendo ausente hasta la cosecha y alcanzando hasta 1,20 m de altura cuando llega a su madurez (Jaramillo et al., 2014).

*Tabla 2. Clasificación taxonómica de la lechuga*

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	<i>Asteraceae</i>
Subfamilia	<i>Cichorioideae</i>
Tribu	<i>Lactuceae</i>
Genero	<i>Lactuca</i>
Especie	<i>Lactuca sativa</i> L.

Nota: Tomado de (Saavedra et al., 2017)

Saavedra et al, (2017) menciona que sus hojas son sésiles distribuidas en forma de espiral y alrededor del tallo corto, formando una cabeza redondeada y con un color variado de verde oscuro a claro, con cierta presencia de antocianinas en algunas especies. Las flores se presentan en una inflorescencia de tipo panícula corimbosa se agrupan en capítulos y cuentan con cinco estambres, las anteras están fusionadas, los pétalos son de color amarillo o blanco, el gineceo se ubica bajo la corola. El fruto es de tipo aquenio y las semillas son planas y picudas de forma ovalada con diferentes tonalidades como el blanco, amarillo, marrón y negro, llegando a medir entre 2 hasta 5 mm (Saavedra et al., 2017).

## **7.2. Etapas fenológicas del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)**

Saavedra et al, (2017) indica que la primera fase es la imbibición de agua, que penetra e hidrata las membranas celulares, iniciando con el crecimiento de la radícula, rompiendo la testa y apareamiento de los cotiledones, la lechuga tiene germinación epigea. Es importante para la germinación la temperatura que oscila entre 18 a 21 °C.

La otra fase mencionada por Saavedra et al, (2017) es el crecimiento y desarrollo donde indica cuatro estadios: plántula, roseta, encabezamiento y reproductivo.

## **7.3. Requerimientos de cultivo**

La lechuga requiere de suelos francos, con buen drenaje debido a que su sistema radicular es sensible al exceso de agua, el pH óptimo de cultivo se encuentra en el rango de 5,5 a 6,5 (Lardizabal, 2014)

La lechuga se adapta a alturas que oscilan entre 1800 a 2400 msnm y prefieren una temperatura entre 15 y 18 °C, la humedad relativa para el cultivo de lechuga está entre el 60 y el 80 % (Jaramillo et al., 2014).

## **7.4. Manejo del cultivo de lechuga**

### **7.4.1. Semillero**

La fase de semillero es importante según Saavedra et al. (2017) y Lardizabal (2014), para la obtención de una plántula de calidad, esto depende de la calidad de la semilla, es decir el uso de semilla certificada. La cantidad de semilla que se requiere para una hectárea dependerá de la densidad de siembra, germinación y porcentaje de trasplante, la multiplicación de la lechuga debe realizarse por plántula obtenida de semilleros, donde la temperatura óptima de germinación es de 15 a 20 °C.

#### **7.4.2. Preparación del suelo**

López y Frezza (2022) indican que es importante que el suelo se encuentre bien mullido, la fertilidad del suelo es de suma importancia para el éxito de la siembra, conociendo la estructura, textura, cantidad de minerales y cantidad de materia orgánica, el suelo debe estar bien nivelado para evitar encharcamientos y evitar la proliferación de enfermedades, además el suelo debe estar suelto para que se pueda incorporar nutrientes iniciales de manera uniforme.

#### **7.4.3. Trasplante**

(Jaramillo et al., 2014) menciona que en el procedimiento de trasplante es necesario tener preparado el suelo, que debe estar suelto con maquinaria agrícola o utensilios apropiados. Las camas se estructuran con una altura de 10 a 15 cm y un ancho de dos metros. Una vez preparado el suelo, se procede a añadir los fertilizantes orgánicos y químicos conforme a la recomendación obtenida del análisis del suelo.

Las plántulas están listas entre los 25 y 30 días de su germinación, cuando ya aparecen tres a cuatro hojas verdaderas, esta actividad se debe realizar en las primeras horas de la mañana con el suelo completamente a capacidad de campo y una densidad de siembra de acuerdo a la recomendación del técnico encargado o de la bibliografía de guía (Saavedra et al., 2017).

#### **7.4.4. Riego**

Para un adecuado crecimiento de las raíces, es imprescindible que el terreno posea no solo agua, sino también aire. El agua en el terreno atraviesa tres fases en función de la cantidad de agua presente en el mismo. Cuando se lleva a cabo un riego profundo (o una gran lluvia) el agua ocupa los macroporos y los microporos; en este momento se considera que el suelo está saturado. Una vez transcurrido un breve periodo de un día o dos, el agua gravitacional (que alberga los macroporos) se desplaza hacia la capa freática, dejando los macroporos vacíos y repletos de aire, mientras que los microporos permanecen en agua. Con estas circunstancias, el terreno posee capacidad de campo y se dice que el suelo es considerado como el óptimo para los cultivos ya que el agua y el aire se pueden aprovechar fácilmente (Lardizabal, 2014). Con esto en consideración y teniendo en cuenta la textura del suelo (la cual define la capacidad de retención de agua del mismo) se procede a seleccionar y planificar el abastecimiento de agua apropiado para la planta, con el fin de optimizar el uso de la planta. Es crucial conocer el momento y la cantidad de riego, el exceso de agua puede provocar pérdidas debido al damping off, mientras que la falta de agua demora el crecimiento de la planta debido a la falta de oxígeno.

Suministrar el volumen correcto de agua y una frecuencia equitativa facilitará un desarrollo apropiado de las plantas de lechuga (Bernau y Matsushita-Tseng, 2019).

Las necesidades de agua de la lechuga, se sitúan alrededor de 110 mm hasta 140 mm 60 días. A las exigencias propias de la lechuga se le agregan la evaporación directa desde la superficie del suelo. Los sistemas de riego utilizados son diversos según las zonas de producción y tipo de lechuga. Entre ello se puede citar: riego gravitacional por pulso, riego por aspersión y riego por goteo (López y Frezza, 2022)

#### **7.4.5. Fertilización del cultivo de lechuga**

Durante el período de cultivo la lechuga extrae para producir una tonelada de materia seca entre 1 y 2,5 kg de nitrógeno, 0,5 a 1 kg de fósforo, 3,5 a 5 kg de potasio, 0,8 y 1,5 kg de calcio y 0,2 a 0,5 kg de magnesio. La extracción de nutrientes varía según la evolución en la producción de materia seca, la lechuga consume en el último tercio de su ciclo el 50 % de los nutrientes y es en ese período cuando se produce la mayor parte de la materia seca total (López y Frezza, 2022). La disponibilidad de nutrientes para la lechuga estará en base del análisis de suelo, el cual ayudará a calcular las cantidades de fertilizantes a utilizar, la lechuga es exigente en potasio según los mencionado por Jaramillo et al. (2014)

#### **7.4.6. Cosecha**

Las lechugas tipo escarola aptas para la cosecha tienen que presentar una cabeza compacta, donde se requiere una fuerza manual moderada para ser comprimida. Una cabeza muy suelta está inmadura; por el contrario, una muy firme o extremadamente dura se considera sobremadura (Saavedra et al., 2017).

La cosecha es destructiva y se puede realizar de forma manual, semimecanizada o mecanizada. El momento o criterio de cosecha dependerá del tipo de lechuga, del destino (fresco entero o procesado), tamaño de planta para comercializar (tener en cuenta ciclo de cultivo según tipo de lechuga, época del año y sistema de producción, oscila entre 20 a 120 días), precio de mercado y no debe presentar problemas sanitarios (López y Frezza, 2022).

#### **7.4.7. Plagas y enfermedades**

Las principales plagas de la lechuga de acuerdo a Jaramillo et al, (2014) son las siguientes:

- **Áfidos (*Myzus persicae*):** una de las plagas más importantes, daño directo por succión de la savia de la planta, vector de virus, causan deformaciones de las hojas.
- **Trozadores y tierreros (*Agrotis ipsilon*, *Spodoptera frugiperda*):** el daño más importante lo ocasionan las larvas cortando los tallos a ras de suelo y tumbándoles provocando la muerte.

- **Babosas (*Deroceras sp*, *Limax sp*):** se alimentan del tejido vegetal tierno mediante raspaduras, a veces cortan plántulas recién trasplantadas y las consumen totalmente, por lo general el ataque es en horas nocturnas.

Entre las enfermedades que afectan el cultivo de lechuga de acuerdo a Jaramillo et al, (2014) son las siguientes:

- **Pudrición blanda, moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*):** se presenta por altas humedades, suelos contaminados, es una de las enfermedades más destructivas de la lechuga, aparece un marchitamiento de las hojas presentando un color amarillo, descomposición acuosa con presencia de micelio blanco y posterior presencia de esclerocios de color negro en la superficie inferior de la hoja.
- **Moho gris, pudrición basal (*Botrytis cinerea Pers*):** una de las enfermedades más severas, se presenta cuando las condiciones de humedad son favorables para el desarrollo del hongo, luego de la infección y penetración aparece una capa grisácea afelpada que son las fructificaciones del hongo.
- **Mildeo veloso (*Bremia lactucae*):** produce lesiones en el follaje viejo, manchas de color amarillento o verde claro en el haz y crecimiento micelar blanquecino de aspecto veloso en el envés.
- **Mancha de la hoja, septoriosis (*Septoria lactucae*):** se presenta en condiciones de humedad prolongada y mucha lluvia, aparecen manchas irregulares y cloróticas creciendo progresivamente y tomando un color marrón claro donde se distinguen minúsculas estructuras negras denominadas picnidios

## 7.5. Variedades

La lechuga se presenta en una variedad de colores, tamaños y formas y debido a esta diversidad, las lechugas se pueden agrupar por sus tipos. Un tipo es un grupo de cultivares que son morfológicamente similares. Un tipo se puede subdividir en subtipos que comparten más similitudes morfológicas y genéticas. Un cultivar es una variedad seleccionada por rasgos deseables para el cultivo. Una variedad es un rango taxonómico por debajo de las especies y subespecies. Aunque ha habido diferentes sistemas de clasificación propuestos por diferentes grupos de investigadores a lo largo de los años, no existe un sistema de clasificación estandarizado, debido a la alta diversidad genética y morfológica entre los cultivares de lechuga (Kim et al., 2016).

Mientras que Jaramillo et al. (2014) clasifica a las lechugas en: Americana, repolluda o Crisp Head; Mantequilla o Butter Head; Romana, Gourmet; Hojas sueltas o loose leaf.

### **7.6. Lechuga de repollo variedad Salinas**

La variedad Salinas, es una especie de lechuga reconocida mundialmente, el color de su cabeza es verde oscura, bastante grande y pesada. Su planta es grande y bien formada, tiene excelente rendimiento, su adaptación es extensa pudiendo cultivarse en valles de clima cálido y en zonas áridas, presenta un delicioso sabor y es resistente a enfermedades y a la quema de la punta, madura en aproximadamente 65-70 días. Se trasplanta a los 30 o 40 días después de la siembra en líneas a distancia de 80 cm entre plantas (Sakata, 2024).

### **7.7. Coberturas o acolchados**

La palabra inglesa “mulch” (mantillo) se deriva de la palabra alemana “molsch”, que significa blando o que comienza a descomponerse. Los mantillos se definen como materiales que se aplican a la superficie del suelo, a diferencia de los materiales que se incorporan al perfil del suelo. El mantillo es una capa de materiales que cubre la superficie del suelo, y el acolchado es una técnica de conservación del agua que aumenta la infiltración de agua en el suelo, retarda la erosión del suelo y reduce la escorrentía superficial. El acolchado es un método eficaz para manipular el entorno de crecimiento de los cultivos para aumentar el rendimiento de los mismos y mejorar la calidad del producto al controlar la temperatura del suelo, retener la humedad del suelo y reducir la evaporación del suelo (Kader et al., 2017).

Por lo general, la utilización de acolchados en la agricultura ofrece una serie de beneficios técnico-ambientales, pero conlleva un aumento en los costos de producción debido al alto costo de ciertos materiales empleados como acolchados, así como al gasto de transporte, instalación y gestión de estos. La utilización de acolchados también puede presentar inconvenientes como los peligros ambientales derivados de ciertos acolchados fabricados con material plástico no biodegradable cuyos desechos pueden contaminar los terrenos en los que se ubicaron (Zribi et al., 2021).

### **7.8. Coberturas plásticas o acolchados plásticos**

Las coberturas o mantillos plásticos son uno de los componentes importantes de la plasticultura y se han utilizado comercialmente para la producción de verduras desde principios de la década de 1960, y su uso sigue aumentando en todo el mundo. El polietileno es uno de los materiales plásticos más utilizados para el acolchado, debido a que es fácil de procesar, tiene una excelente resistencia química, alta durabilidad, flexibilidad y es inodoro en comparación con otros polímeros. En lo que respecta al color de la película plástica utilizada para el acolchado, se encontró que la película de color negro (plástico negro) era la mejor en la mayoría de los

cultivos. Diferentes mantillos plásticos con coloraciones como rojo, negro, amarillo, verde, marrón, etc., se utilizan en verduras (Choudhary et al., 2021).

Los acolchados plásticos se han utilizado comercialmente desde los años sesenta con el objetivo de mejorar la producción de hortalizas, de acuerdo al material, espesor y color, se manejan diferentes tipos de plásticos que varían dependiendo del objetivo de su uso, del cultivo y de la región. El ancho de la lámina de plástico utilizada en los acolchados podría estar entre los 0,9 m a 1,5 m, pero en la actualidad es común el uso de láminas más finas de unas 15 micras. El polietileno es uno de los materiales plásticos que más se usan en el acolchado, por su excelente resistencia física y química, alta durabilidad y flexibilidad y es inodoro en comparación con otros polímeros (Zribi et al., 2021).

### **7.8.1. Manejo de malezas**

El manejo de malezas en los cultivos de hortalizas debe realizarse con el objetivo de reducir el impacto ambiental de las actividades. En la lechuga, es crucial considerar los períodos críticos o etapas en las que las temperaturas reducen la productividad. En este escenario, no solo se deben tener en cuenta los etapas tempranas de germinación o trasplante, sino también la etapa próxima a la recolección, cuando las malezas aplastan la lechuga, generando un entorno favorable para el crecimiento de enfermedades y es crucial considerar la existencia de virosis en algunas de estas (López & Frezza, 2022).

Saavedra et al, (2017) menciona que las malezas en el cultivo de lechuga provocan significativas pérdidas en productividad y calidad del repollo. Estas compiten por la absorción de luz, humedad, minerales del suelo y espacio; además, provocan daños por alelopatía y son refugio de plagas y enfermedades.

Otro método para controlar malezas es la aplicación de coberturas plásticas, que impiden la aparición de malezas, disminuyen el uso de agua, reducen la evaporación, resguardan el suelo de la erosión, promueven la asimilación de nutrientes gracias a un incremento en el crecimiento de las raíces, y crean un microclima que promueve el crecimiento del cultivo (Jaramillo et al., 2014).

### **7.9. Biofertilizantes**

Los biofertilizantes son microorganismos (hongos o bacterias) con la capacidad de incrementar la fertilidad del espacio e incluso fomentar el crecimiento vegetal. Esto se logra a través de la solubilización y mineralización de nutrientes como P y K, y la producción de reguladores del

crecimiento como las auxinas, giberelinas, citocininas y etileno. Esto puede potenciar el crecimiento y la producción de las cosechas, y disminuir la fertilización en el sistema (LunaFletes et al., 2023).

Moreno-Salazar et al, (2020) deduce que el uso de biofertilizantes es un enfoque factible para aumentar la fertilidad del suelo y la salud de las plantas. Los biofertilizantes pueden consistir en diferentes microorganismos que son capaces de proporcionar nutrientes a las plantas a través de procesos biológicos, se han desarrollado varios biofertilizantes para cultivos hortícolas cuya actividad se basa en bacterias, micromicetos transmitidos por el suelo, hongos micorrízicos arbusculares, algas y diferentes combinaciones de ellos.

La mejora de la salud de las plantas mediante técnicas sostenibles se ha convertido en una necesidad del momento debido a numerosos problemas ambientales y, en este contexto, los biofertilizantes se encuentran entre las herramientas más potentes para superar dichos problemas. Ahora bien, está claro que los biofertilizantes son microbios que forman un componente vital de la agricultura sostenible y desempeñan un papel clave en el mantenimiento de la salud de las plantas al actuar contra los patógenos y apoyar el crecimiento al hacer que estén disponibles varios nutrientes (Kour et al., 2020).

Chávez-Díaz et al., (2020) define a los biofertilizantes como bioformulados que contienen microorganismos vivos que actúan como promotores del crecimiento vegetal para ser aplicados al suelo, en el riego o de manera foliar, promoviendo el desarrollo de las plantas actuando de manera directa o indirecta.

Para Beltrán y Bernal (2022), los biofertilizantes los define como sustancias que contienen microorganismos benéficos del suelo con características mutualistas, que promueven el desarrollo de las plantas y reducir el consumo de insumos químicos que se pueden aplicar a las semillas, superficies de las plantas y al suelo, colonizando la rizósfera e impulsando el crecimiento vegetal (Canseco et al., 2020)

Los procesos llevados a cabo por los microorganismos se aceleran considerablemente con los biofertilizantes, que incrementan la disponibilidad de nutrientes para una absorción sencilla por la planta. Al convertir el nitrógeno atmosférico en formas viables y convertir el fósforo inaccesible en fosfatos, potencian la fertilidad del terreno al liberar compuestos químicos que fomentan el crecimiento de las plantas en el suelo (Dervash et al., 2020).

Frente al reto de aumentar la producción alimentaria, los biofertilizantes basados en microorganismos surgen como opciones biotecnológicas sustentables que, a través de varios procesos como la fijación de nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ), la solubilización de nutrientes como

el fosfato y la liberación de hormonas como las auxinas, fomentan el desarrollo de las plantas (Pérez-Peralta et al., 2024).

(Hamid et al., 2021) indica que el propósito principal de los biofertilizantes y biopesticidas es prevenir o reducir las enfermedades vegetales. Usualmente, la rizósfera y las partes aéreas de las plantas están ocupadas por protozoos, bacterias, algas, actinomicetos y hongos, siendo las bacterias el 95% de los microorganismos colonizadores. El crecimiento de las plantas se ve fuertemente afectado por procesos directos e indirectos realizados por bacterias que residen en las raíces de las plantas, ya sea de manera exógena o endógena, formando las bacterias que fomentan el crecimiento de las plantas o rizobacterias, lo que las convierte en candidatas para ser denominadas biopesticidas y biofertilizantes. El terreno que envuelve las raíces de las plantas constituye una principal fuente de bacterias que fomentan el crecimiento y desarrollo de las plantas.

### 7.10. Biofertilizantes enriquecidos con microorganismos

Biofertilizante Maíz es un biofertilizante que contiene bacterias del género *Azospirillum*, estos microorganismos tienen la capacidad de promover el crecimiento de los cultivos, estimulan el desarrollo de la raíz aumentando la superficie de absorción de nutrientes; además, esta bacteria tiene la habilidad de fijar el nitrógeno atmosférico y lo hace aprovechable para la planta (Yáñez et al., 2015).

Para Pincay et al, (2023), menciona que el Biofertilizante Maíz es un biofertilizante que contiene las bacterias de los géneros *Bacillus* y *Pseudomonas* que aportan beneficios al suelo y la nutrición vegetal.

**Tabla 3. Composición de Biofertilizante Maíz**

Ingredientes	Concentración
Microorganismo ( <i>Bacillus subtilis</i> y <i>Pseudomonas fluorescens</i> )	10 <sup>9</sup> UFC/ml
Melaza	2%

Nota: Tomado de Pincay et al, (2023)

### 7.11. *Bacillus subtilis*

*Bacillus subtilis*, una bacteria Gram-positiva termófila, aeróbica, formadora de esporas con forma de bastón, es resistente al calor, la sequía, la luz ultravioleta, produce endosporas. Tiene un amplio rango de inhibición en las partes de la planta, lo que lo convierte en un agente de

biocontrol ideal. Estudios previos han demostrado que *Bacillus subtilis* puede colonizar las raíces de las plantas y el suelo de la rizósfera y, al competir con las bacterias patógenas por los nutrientes, secreta sustancias que obstaculizan el crecimiento y el desarrollo de estos patógenos e inducen la actividad enzimática de defensa de las plantas. *Bacillus subtilis* ayuda a las plantas a resistir enfermedades como el marchitamiento. Sin embargo, diferentes cepas de *Bacillus subtilis* pueden tener mecanismos variables para inhibir a los patógenos del marchitamiento (Yang et al., 2024).

De acuerdo a González et al., (2022) *B. subtilis* es un procariota distribuido mundialmente en la naturaleza, su firma es un bacilo de diámetro de 850 nm, siendo una bacteria Gram +, posee movimiento mediante flagelos peritricos, aerobia o anerobia facultativa, además de catalasa positiva que degrada el almidón. Puede crecer en pH de 4,9 a 9,3 y temperaturas de 10 °C a 48 °C siendo su óptimo entre 28 a 35 °C, tiene la capacidad de formar endosporas y producir compuestos con acción antimicrobiana y antifúngica.

Blake et al., (2021) indicó que *B. subtilis* es una de los microorganismos promotores de crecimiento vegetal más utilizadas y estudiadas teniendo un prometedor papel para aplicaciones agrícolas al ser uno de los géneros más abundantemente aislados en el suelo, entre los que se ha identificado a *B. subtilis* de la rizósfera de distintas plantas.

González-León et al., (2022) y Yang et al., (2024) aseveran que es una bacteria grampositiva, no patógena, que se ha utilizado como organismo modelo para estudiar la producción de metabolitos secundarios, la esporulación, el desarrollo de biopelículas, la adhesión a las raíces de las plantas y más. Aparte de sus diversos beneficios para la salud de las plantas, su capacidad para formar esporas resilientes lo convierte en un microorganismo altamente resistente a diversos tipos de estrés abiótico, como la sequía, la temperatura o la limitación de nutrientes, lo que hace que la formulación de *B. subtilis* sea fácil. Las propiedades beneficiosas de *B. subtilis* ya se aprovechan en muchos productos biológicos comerciales disponibles actualmente en el mercado mundial.

### **7.12. *Pseudomonas fluorescens***

*Pseudomonas fluorescens* es una bacteria Gram negativa, representada por una varilla unicelular con un eje largo curvo o recto, uno o más flagelos polares, sin formación de esporas, vaina o motilidad del tallo (Guo et al., 2021).

Kahli et al., (2022) reporta que *Pseudomonas* es una bacteria Gram-negativa adaptada a diferentes ambientes y ecosistemas, es, por lo tanto, ubicua en muchos hábitats como suelos, sedimentos, plantas y animales, así como aguas dulces y marinas. Las especies de *Pseudomonas*

se pueden dividir en dos grupos, dependiendo de si son fluorescentes o no. Las especies fluorescentes incluyen *P. aeruginosa*, *P. putida* y *P. fluorescens*, que se caracterizan por la producción de altos niveles de sideróforos, como las pioverdinas fluorescentes de color amarillo-verde solubles en agua.

En la actualidad, menciona Mohammed et al., (2020) que las especies de *Pseudomonas* beneficiosas para las plantas colonizan competitivamente la rizósfera y muestran actividades de promoción del crecimiento de las plantas y/o supresión de enfermedades; además, la bacteria es antagonista de muchos hongos fitopatógenos y muestra un biocontrol eficaz contra los fitopatógenos fúngicos, los tratamientos de biocontrol de enfermedades de las plantas con especies de *Pseudomonas* han demostrado ser ecológicos y efectivos contra muchos patógenos de las plantas y se han considerado como una solución a largo plazo para el manejo de las enfermedades de las plantas. El uso de rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas, especies de *Pseudomonas*, es uno de los módulos de control biológico prometedores, y sus formulaciones comerciales se han probado contra varias enfermedades de los cultivos causadas por patógenos.

Mehmood et al., (2023) menciona que el género *Pseudomonas* se utiliza principalmente como inóculo de cultivos debido a su abundante presencia y capacidad metabólica versátil; además, promueve el crecimiento de las plantas de muchas maneras, incluida la actividad de la desaminasa ACC, la absorción de nutrientes y las actividades antioxidantes.

Las cepas particulares de *Pseudomonas fluorescens* se han utilizado como inóculos de semillas en diversas plantas de cultivo para estimular los parámetros de crecimiento y mejorar el rendimiento de los cultivos. Estos agentes bacterianos se instalaron rápidamente en las raíces de la papa, el rábano y la remolacha azucarera, lo que aumentó significativamente el rendimiento de las plantas. *P. fluorescens* puede ayudar a estimular los procesos relacionados con el crecimiento del repollo, especialmente promoviendo el crecimiento rápido de las plántulas y reduciendo el impacto del trasplante (Karmegham et al., 2020).

## **8. VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS**

### **8.1. Hipótesis nula**

Ho<sub>1</sub>: La aplicación del biofertilizante en diferentes dosis no mejorará las características morfológicas y productivas del cultivo de lechuga de repollo.

Ho<sub>2</sub>: La aplicación del acolchado plástico no ayudará al manejo de malezas y la productividad del cultivo de lechuga de repollo.

## 8.2. Hipótesis alternativa

Ha<sub>1</sub>: La aplicación del biofertilizante en diferentes dosis mejorará las características morfológicas y productivas del cultivo de lechuga de repollo.

Ha<sub>2</sub>: La aplicación del acolchado plástico ayudará al manejo de malezas y la productividad del cultivo de lechuga de repollo.

## 8.3. Operacionalización de variables

*Tabla 4. Operacionalización de las variables*

Variables	Indicadores	Índice/unidad medida	
VD	Pilonera	Porcentaje de germinación	%
	Morfología del cultivo	Altura de plántula	cm
		Número de hojas	unidad
		Longitud de raíz	cm ml
		Volumen de raíz	Escala
		Clorosis	
	Campo	Altura de planta	%
	Morfología del cultivo	Porcentaje de formación de cabeza	%
		Porcentaje de malezas	Escala
Clorosis		Escala cm	
Grado Madurez		gramos	
Diámetro Ecuatorial		Escala	
Peso			
	Incidencia y severidad de plagas		
VI	Biofertilizante Biofertilizante	Dosis	ml días
		Frecuencia	de aplicación

Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

## 9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo de investigación fue desarrollado en la pilonera ubicada en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, barrio Salache perteneciente a la parroquia Eloy Alfaro perteneciente al cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

### 9.1. Modalidad básica de investigación

#### 9.1.1. Experimental

Según Quintana y Hermida (2019) manifiesta que la investigación experimental se caracteriza por la manipulación intencionada de la variable independiente y el análisis de impacto en la

variable dependiente; es decir, se evalúa una o más variables independientes y la medición de los efectos de estas manipulaciones en las variables dependientes.

Se propuso aplicar el biofertilizante en diferentes dosis y frecuencias y observar su influencia en el desarrollo fenológico y características morfológicas de la lechuga de la variedad Salinas.

### **9.1.2. Descriptiva**

La investigación descriptiva es un procedimiento usado por la ciencia para describir las características de un fenómeno, sujeto o población de estudio, se encuadra dentro de la investigación cualitativa y este método trata de entender en profundidad a la población estudiada (Guevara et al., 2020).

Todas las variables fueron evaluadas y se realizó la descripción de acuerdo a las características agromorfológicas luego de la aplicación del biofertilizante y la tabulación de los datos que ayudaron a la redacción de la discusión y comparación de resultados.

## **9.2. Tipo de Investigación**

### **9.2.1. Hipotético – Deductivo**

El método inductivo-deductivo está conformado por dos procedimientos inversos: inducción y deducción. La inducción es una forma de razonamiento en la que se pasa del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales. Su base es la repetición de hechos y fenómenos de la realidad, encontrando los rasgos comunes en un grupo definido, para llegar a conclusiones de los aspectos que lo caracterizan. Las generalizaciones a que se arriban tienen una base empírica (Rodríguez y Pérez, 2017).

La aplicación de este método es importante debido a que el investigador hizo la propuesta de aplicar en varias dosis el biofertilizante en frecuencias de aplicación con la finalidad de evaluar si existen mejoras en las características morfológicas y fenológicas del cultivo de lechuga variedad Salinas.

## **9.3. Técnicas de Investigación**

### **9.3.1. Fuentes de información**

Para Hernández Sampieri et al. (2014) las fuentes bibliográficas pueden ser primarias o secundarias. Las fuentes primarias están referidas a la información original de primera mano donde se consideran a los libros, revistas, periódicos, diarios, informes técnicos y de investigación de instituciones públicas o privadas, etc.

Las fuentes secundarias están relacionadas con la información que ya se encuentra organizada o elaborada que ha sido producto de un análisis primario y de extracción de fuentes primarias originales. Como ejemplo de fuentes secundarias se puede citar a las enciclopedias, antologías, directorios, libros o artículos que interpretan otros trabajos o investigaciones (Rodríguez et al., 2017).

### 9.3.2. Análisis estadístico

Se empleó el software estadístico Infostat versión estudiantil 17.0. para realizar el análisis de varianza, pruebas de hipótesis (Tukey 5%) de las variables a evaluar.

### 9.4. Ubicación del Ensayo

Provincia:	Cotopaxi
Cantón:	Latacunga
Parroquia:	Eloy Alfaro
Barrio:	Salache
Latitud:	0° 59' 56" S
Longitud:	78° 37' 32" O
Altitud:	2750 msnm



*Imagen 1. Ubicación del área de investigación*

Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

### 9.5. Materiales y equipos

- Flexómetro

- Azadón
- Rastrillo
- Piola
- Semillas de lechuga de la variedad Salinas (*Lactuca sativa* L.)
- Biofertilizante Maíz
- Bandejas de polietileno de 338 alveólos
- Sustrato
- Estacas
- Bomba de fumigación
- Cuaderno
- Lápiz
- Computadora □ Impresora

## 9.6. Fase de Pilonera

### 9.6.1. Factores en estudio

#### Factor A. Frecuencia de aplicación

*Tabla 5. Frecuencia de aplicación de biofertilizante*

N°	Código	Descripción
1	F1	7 días
2	F2	15 días

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

#### Factor B. Dosis de aplicación

*Tabla 6. Dosis de aplicación de biofertilizante*

N°	Código	Descripción
1	D1	0 ccl <sup>-1</sup>
2	D2	2 ccl <sup>-1</sup>
3	D3	4 ccl <sup>-1</sup>
4	D4	6 ccl <sup>-1</sup>

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

### 9.6.2. Tratamientos

Una vez realizada la interacción de los factores en estudio se lograron 8 tratamientos, donde se combina la frecuencia y la dosis de aplicación del biofertilizante y la cobertura de suelo utilizados en la investigación; a continuación, se presenta la tabla de tratamientos con su respectiva descripción.

*Tabla 7. Descripción de los Tratamientos*

Tratamientos	Código	Descripción
t1	F1 D1	7 días + 0 ccl <sup>-1</sup>
t2	F1 D2	7 días + 2 ccl <sup>-1</sup>
t3	F1 D3	7 días + 4 ccl <sup>-1</sup>
t4	F1 D4	7 días + 6 ccl <sup>-1</sup>
t5	F2 D1	15 días + 0 ccl <sup>-1</sup>
t6	F2 D2	15 días + 2 ccl <sup>-1</sup>
t7	F2 D3	15 días + 4 ccl <sup>-1</sup>
t8	F2 D4	15 días + 6 ccl <sup>-1</sup>

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

### 9.6.3. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de parcelas divididas por franjas para la fase de pilonera obteniendo 8 tratamientos.

### 9.6.4. Análisis estadístico

*Tabla 8. Esquema del Análisis de Varianza para pilonera*

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Bloque R	2
Factor A	1
Error (a) R*A	2
Factor B	3
Error (b) R*B	6
A B	3
Error (e) R*A*B	17
Total	23

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

### 9.6.5. Análisis funcional

Para el análisis funcional se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Se utilizó esta prueba para frecuencias y dosis de aplicación y las interacciones correspondientes a los factores en estudio.

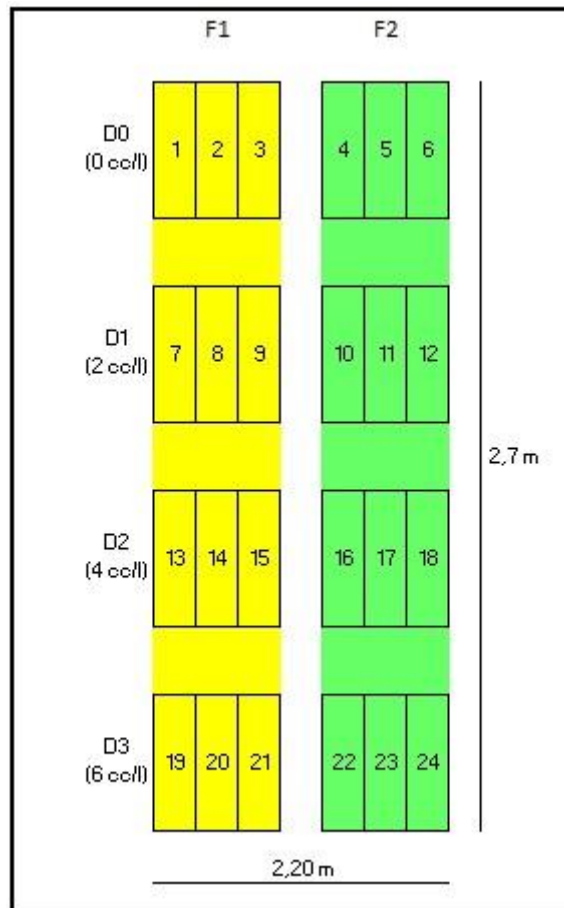
### 9.6.6. Unidad experimental

Para la unidad experimental se utilizaron un total de 338 semillas de lechuga para cada bandeja, con un total de 1014 semillas en cada tratamiento.

*Tabla 9. Características de la unidad experimental en campo*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Área total del ensayo:	5,94 m <sup>2</sup>
Dimensión bandejas de germinación	67 x 34 x 4,6 cm
Largo de la platabanda	2,70 m
Ancho de la platabanda	2,20 m
Número total de plantas:	1344
Número de plantas por bandeja:	338
Número de plantas por tratamiento:	8112

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)



**Figura 1. Distribución de los tratamientos en el ensayo en pilonera**  
 Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

## 9.7. Fase de Campo

### 9.7.1. Factores en estudio

#### Factor A. Frecuencia de aplicación

**Tabla 10. Frecuencia de aplicación de biofertilizante Biofertilizante Maíz**

N°	Código	Descripción
1	F1	7 días
2	F2	15 días

Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

#### Factor B. Dosis de aplicación

**Tabla 11. Dosis de aplicación de biofertilizante Maíz**

N°	Código	Descripción
1	D1	0 cc <sup>-1</sup>

2	D2	2 ccl <sup>-1</sup>
3	D3	4 ccl <sup>-1</sup>
4	D4	6 ccl <sup>-1</sup>

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

### Factor C. Cobertura de suelo

*Tabla 12. Cobertura de suelo para cultivo de lechuga de cabeza variedad Salinas*

N°	Código	Descripción
1	C1	Con cobertura plástica
2	C2	Sin cobertura plástica

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

### 9.7.2. Tratamientos

Luego de realizar la interacción de los factores en estudio se obtuvieron un total de 16 tratamientos, donde se combinan la frecuencia, las dosis de aplicación del biofertilizante y la cobertura de suelo; a continuación, se presenta la descripción de cada uno de los tratamientos:

*Tabla 13. Descripción de los Tratamientos*

Tratamientos	Código	Descripción
T1	F1 D1 C1	7 días + 0 ccl <sup>-1</sup> + Acolchado
T2	F1 D2 C1	7 días + 2 ccl <sup>-1</sup> + Acolchado
T3	F1 D3 C1	7 días + 4 ccl <sup>-1</sup> + Acolchado
T4	F1 D4 C1	7 días + 6 ccl <sup>-1</sup> + Acolchado
T5	F2 D1 C1	15 días + 0 ccl <sup>-1</sup> + Acolchado
T6	F2 D2 C1	15 días + 2 ccl <sup>-1</sup> + Acolchado
T7	F2 D3 C1	15 días + 4 ccl <sup>-1</sup> + Acolchado
T8	F2 D4 C1	15 días + 6 ccl <sup>-1</sup> + Acolchado
T9	F1 D1 C2	7 días + 0 ccl <sup>-1</sup> + Sin Acolchado
T10	F1 D2 C2	7 días + 2 ccl <sup>-1</sup> + Sin Acolchado
T11	F1 D3 C2	7 días + 4 ccl <sup>-1</sup> + Sin Acolchado
T12	F1 D4 C2	7 días + 6 ccl <sup>-1</sup> + Sin Acolchado
T13	F2 D1 C2	15 días + 0 ccl <sup>-1</sup> + Sin Acolchado

T14	F2 D2 C2	15 días + 2 ccl <sup>-1</sup> + Sin Acolchado
T15	F2 D3 C2	15 días + 4 ccl <sup>-1</sup> + Sin Acolchado
T16	F2 D4 C2	15 días + 6 ccl <sup>-1</sup> + Sin Acolchado

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

### 9.7.3. Diseño Experimental

Para realizar el diseño experimental se utilizó un arreglo factorial de 2\*4\*2 implementado en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

*Tabla 14. Esquema del Análisis de Varianza*

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	47
Repeticiones	2
Tratamientos	15
Frecuencias	1
Dosis	3
Cobertura	1
A x B	3
A x C	1
B x C	3
A x B x C	3
Error	30

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

### 9.7.4. Análisis funcional

Para el análisis funcional se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Se utilizó esta prueba para comparar los tratamientos, las frecuencias de aplicación, las dosis de aplicación y la cobertura de suelo, junto a las interacciones correspondientes entre los factores en estudio.

### 9.7.5. Unidad experimental

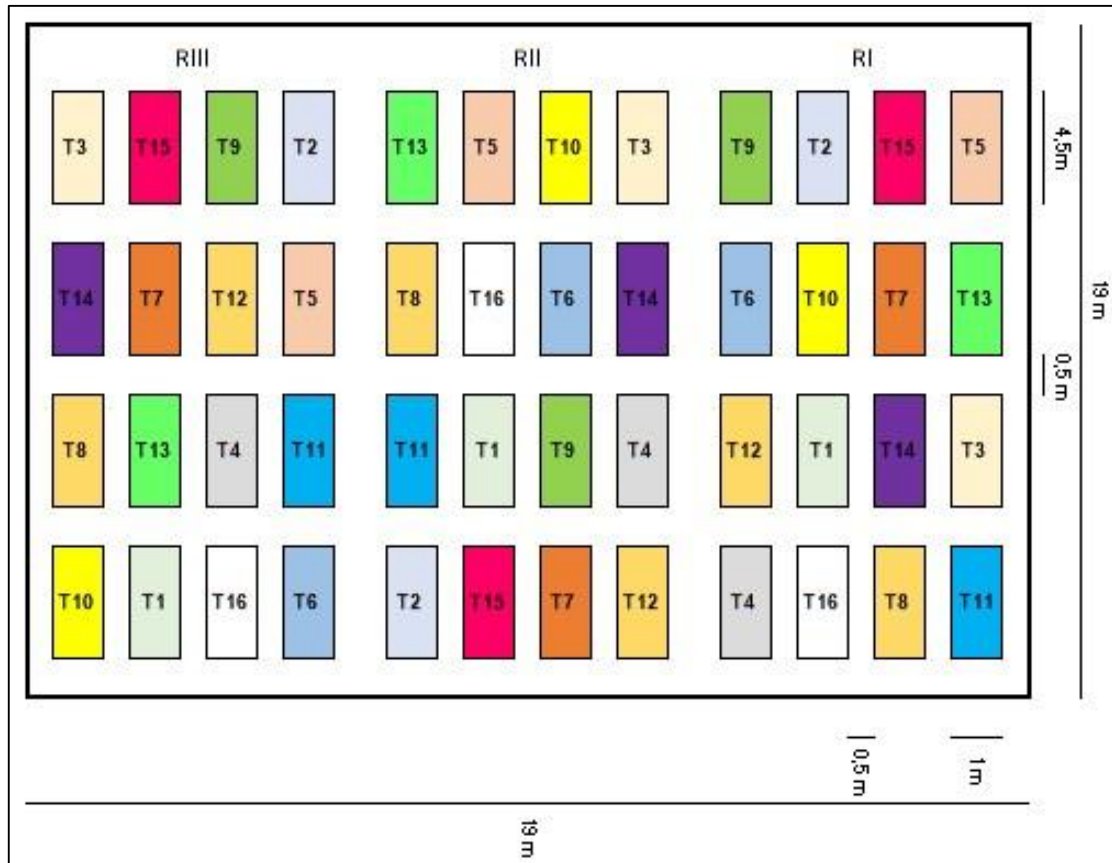
Para la unidad experimental se procedió a utilizar un total de 14 plantas de lechuga para cada tratamiento, con un total de 224 plantas por cada repetición.

*Tabla 15. Características de la unidad experimental*

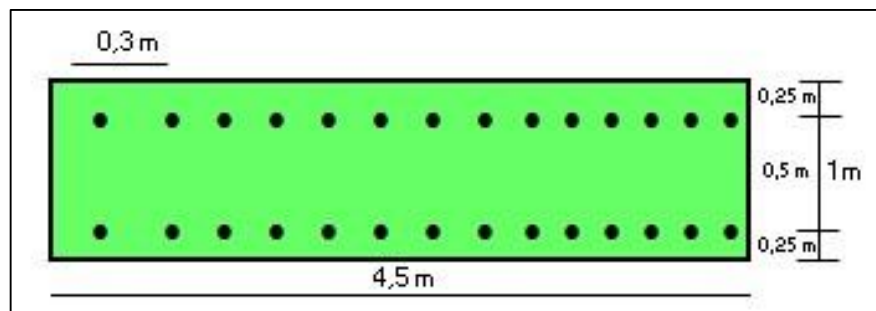
Descripción	Cantidad
Área total del ensayo:	361 m <sup>2</sup>
Número de repeticiones	3
Largo de la platabanda	4,50 m
Ancho de la platabanda	1,00 m

Número total de plantas: 672  
 Número de plantas por repetición: 224  
 Número de plantas por tratamiento: 14

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)



*Figura 2. Distribución de los tratamientos en el ensayo*



*Figura 3. Distribución de la parcela experimental*

## **9.8. Manejo del experimento**

### **9.8.1. Selección de semillas**

Las semillas se adquirieron en un almacén agrícola, la semilla de lechuga fue de la variedad Salinas, estas semillas poseen certificación de fábrica, y por ende la calidad de las semillas está garantizada.

### **9.8.2. Preparación de sustratos**

El sustrato utilizado tiene las siguientes características

Se colocó el sustrato en las bandejas de germinación y se rellenó cada uno de los alvéolos con la cantidad especificada para la posterior siembra de la semilla de lechuga.

### **9.8.3. Siembra de semillas**

Una vez que las bandejas de germinación están llenas de sustrato se procede a realizar un pequeño hundimiento para colocar una semilla de lechuga variedad Salinas en cada uno de los alvéolos de las bandejas de germinación a 0,2 cm de profundidad, y finalmente, se tapó la semilla con una capa de sustrato.

### **9.8.4. Aplicación de tratamientos en semillero**

Se prepararon los tratamientos utilizando las dosis establecidas del biofertilizante y la mezcla se hizo con agua ordinaria, luego se regó en las bandejas de germinación donde estaban sembradas las semillas, finalmente, se etiquetó cada bandeja especificando la dosis y tratamiento aplicado.

### **9.8.5. Preparación del suelo**

Se removió el suelo con un azadón, luego con un flexómetro se midió para establecer las camas donde se ubicaron las unidades experimentales de acuerdo a la distribución de los tratamientos que se establecieron en el mapa presentado anteriormente. Las unidades experimentales que necesitaban ser acolchadas, se procedió a colocar el plástico sobre las mismas y aquellas unidades experimentales que no deben ser acolchadas se quedaron a suelo descubierto.

### **9.8.6. Trasplante**

Para el trasplante se tomó en cuenta que la planta de lechuga tenga una tercera hoja verdadera; es decir alrededor de los 35 días después de la siembra y se trasplantó en el terreno preparado de acuerdo a la densidad de siembra propuesta por el tutor.

### **9.8.7. Manejo fitotécnico**

Una vez la planta de lechuga haya sido traspasada a suelo se regó según el cultivo lo requiera, se deshierbó de acuerdo a la necesidad del cultivo en los tratamientos con suelo sin acolchamiento. Para la sanidad vegetal se hizo monitoreos periódicos y se registró en el libro de campo.

### **9.8.8. Toma de datos**

Todos los datos de las variables evaluadas se registraron en una libreta de campo, para luego ser digitados en una hoja de cálculo para realizar la estadística respectiva.

### **9.8.9. Tabulación de datos**

Con los datos registrados y archivados en una hoja de cálculo se procedió a realizar el análisis estadístico utilizando el software gratuito InfoStat versión Estudiantil 2020.

## **9.9. Variables a Evaluar**

### **9.9.1. Porcentaje de germinación**

Para esta variable se contó el número de plantas germinadas después de la siembra a los 4 y 7 días adaptando la fórmula del porcentaje de germinación propuesta por Caroca et al. (2016):

$$\% \text{ germinación} = \frac{\# \text{ plantas germinadas}}{\# \text{ total de semillas sembradas}} \times 100$$

### **9.9.2. Altura de planta pilonera**

Se evaluó esta variable a los 7 y 14 días después del proceso de siembra, se midió con un flexómetro desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la planta tomando como referencia 10 plantas por cada tratamiento, los datos se registraron en el libro de campo.

### **9.9.3. Número de hojas pilonera**

Se contó el número de hojas cada 7 y 14 días después de la siembra de 10 plantas de cada tratamiento y se registró en el libro de campo.

#### 9.9.4. Longitud de raíz en pilonera

Para evaluar esta variable se seleccionaron 10 plantas por cada tratamiento y se midió el largo de la raíz con un flexómetro desde el cuello de la raíz hasta el final del ápice radicular. Los datos fueron registrados en el libro de campo.

#### 9.9.5. Volumen de raíz

De la misma manera para medir esta variable se tomó 10 plantas de cada tratamiento y por el método de desplazamiento de líquido se obtuvo el volumen de la raíz, los datos se registraron en el libro de campo.

#### 9.9.6. Clorosis pilonera

Para evaluar esta variable se adaptó la escala de valoración de clorosis propuesta por CarpenaArtes et al. (1995), se asigna una valoración del 1 al 5, en la tabla a continuación se puede verificar la descripción de los parámetros. tomaron 10 plantas que presenten síntomas de clorosis de cada tratamiento y se evaluaron de acuerdo a la escala propuesta

*Tabla 16. Grado de clorosis visual en lechuga variedad Salinas*

Característica	Grado de clorosis
Planta verde	1
Planta ligeramente clorótica. Incipiente clorosis internerval	2
Planta clorótica. Típica clorosis internerval	3
Planta muy clorótica. Hojas con zonas amarillas. Incipiente caída de hojas	4
Planta extremadamente clorótica. Todas las hojas amarillas y caída de follaje	5

*Nota: Tomado y adaptado de Carpena-Artes et al. (1995)*

#### 9.9.7. Altura de planta campo

Se seleccionaron 10 plantas por cada tratamiento y con la ayuda de un flexómetro y se midió desde la base del cuello de la raíz hasta la punta de la hoja más alta, los datos se registraron cada 15 días en el libro de campo

#### 9.9.8. Grado de madurez

La madurez de la lechuga se basa específicamente en la compactación de la cabeza de acuerdo a (Jaramillo et al., 2014). Las lechugas de cabeza están aptas para la cosecha por presentar una cabeza compacta, donde se requiere una fuerza manual moderada para ser comprimida, una

cabeza muy suelta esta inmadura; por el contrario, una muy firme o extremadamente dura se considera sobremadura (Saavedra et al., 2017).

Para esta variable se procedió a seleccionar las plantas de lechuga de la variedad Salinas que cumplan con lo mencionado anteriormente y determinar en porcentaje el grado de madurez de acuerdo al total de plantas que cumplan el requisito.

$$\% \text{ madurez} = \frac{\# \text{ plantas cosechadas}}{\# \text{ total de plantas sembradas}} \times 100$$

#### **9.9.9. Diámetro de cabeza**

Para evaluar esta variable se utilizó una cinta métrica y se procedió a medir a 10 plantas de cada tratamiento, se registró en el libro de campo los datos obtenidos.

#### **9.9.10. Rendimiento**

Para la variable de rendimiento se procedió a pesar las plantas cosechadas en una balanza por cada tratamiento y se registró en el libro de campo, la unidad de medida fue kg/m<sup>2</sup>.

## 10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN FASE PILONERA

### 10.1. Variable Porcentaje de Germinación

Tabla 17. ADEVA para la variable Porcentaje de Germinación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Bloque	72,33	2	36,17	0,86	0,5373	(Bloque*Frec) ns
Frecuencia	315,38	1	315,38	7,51	0,1114	(Bloque*Frec) ns
Bloque*Frecuencia	84	2	42	0,5	0,632	ns
Dosis	468,79	3	156,26	1,96	0,2208	(Bloque*Dosis) ns
Bloque*Dosis	477,33	6	79,56	0,940	0,5295	ns
Frecuencia*Dosis	1165,79	3	388,6	4,590	0,0538	ns
Error	508,33	6	84,72			
Total	3091,96	23				
<b>CV (%)</b>	<b>10,41</b>					

**PROMEDIO (%) 91,83**

Se observa en la tabla 17 el análisis de varianza por el porcentaje de germinación donde no hubo significación estadística para las fuentes de variación evaluadas. El coeficiente de variación fue de 10,41 % y el promedio general llegó a promediar 91,83 %.

### 10.2. Variable Altura de Planta Cotiledón

Tabla 18. ADEVA para la variable Altura de planta cotiledón

F.V.	7 DDS				14 DDS			
	gl	CM	F	p-valor (Error)	CM	F	p-valor (Error)	
Bloque	2	1,20E-04	7,00	0,13 (B*F) ns	1,20E-05	3	0,25 (B*F) ns	
Frecuencia	1	1,00E-04	6,25	0,13 (B*F) ns	1,60E-03	49	0,198 (B*F) ns	
Bloque*Frecuencia	2	1,70E-05	1,00	0,42 ns	1,00E-02	0,01	0,9864 ns	
Dosis	3	1,50E-05	0,16	0,92 (B*D) ns	4,30E-03	2,12	0,1994 (B*D) ns	
Bloque*Dosis	6	9,40E-05	5,67	0,27 ns	3,00E-03	0,66	0,6854 ns	
Frecuencia*Dosis	3	7,10E-05	4,25	0,06 ns		0,34	0,7961 ns	
Error	6	1,70E-05			0,00	0,00E+00		
Total	23							
<b>CV (%)</b>		<b>2,71</b>				<b>4,37</b>		
<b>PROMEDIO (cm)</b>		<b>0,15</b>				<b>0,40</b>		

En la tabla 18 se observa el análisis de varianza para la variable altura planta cotiledón, donde a los 7 Y 14 días después de la siembra (DDS) no hubo diferencia significativa estadística para ninguna de las fuentes de variación. El coeficiente de variación fue de 2,71 % para los 7 DDS

y de 4,37 para los 14 DDS. Los promedios generales fueron de 0,15 cm y 0,40 cm respectivamente para los dos períodos mencionados anteriormente.

### 10.3. Variable Altura de Planta

Tabla 19. ADEVA para la variable Altura de planta

F.V.	CM	14 DDS			21 DDS			28 DDS			Bloque	
		F	p-valor	(Error)	CM	F	p-valor	(Error)	CM	F		p-valor
	2,50E-04	6,78	ns	1,20E-03	0,450,1286	0,6907 (B*F)	ns	8,80E-05	0,430	0,700	(B*F)	ns
Frecuencia			3,00E-03	81,00	0,01	(B*F) *		2,00E-02	8,86	0,0968	(B*F)	ns
Bloque*Frecuencia			3,80E-05	0,07	0,94		ns	2,70E-03	1,31	0,337		ns
Dosis			4,00E-02	505,41	<0,0001	(B*D) **		1,70E-01	57,79	0,0001	(B*D) **	
Bloque*Dosis			8,20E-05	0,15	0,98		ns	3,00E-03	1,46	0,33		ns
Frecuencia*Dosis			1,00E-02	10,83	0,01		**	8,20E-04	0,4	0,7604		ns
Error			5,50E-04					2,10E-03				1,20E-03
Total												
CV (%)			<b>3,11</b>			<b>2,82</b>			<b>1,34</b>		<b>PROMEDIO (cm)</b>	<b>0,76</b>
		<b>1,61</b>			<b>2,60</b>							

F.V.	CM	35 DDS			42 DDS				
		F	p-valor	(Error)	CM	F	p-valor	(Error)	
Bloque	1,00E-02	2,02	0,3313	(B*F)	ns	3,60E-03	72,33	0,0136 (B*F)	ns
Frecuencia	2,00E-01	48,41	0,02	(B*F) *		2,80E-01	5547	0,0002 (B*F)	**
Bloque*Frecuencia	4,20E-03	0,70	0,5335		ns	5,00E-05	0,03	0,9665	ns
Dosis		4,30E-01	392,21	<0,0001	(B*D) **	6,20E-01	193,23	<0,0001	(B*D) **
Bloque*Dosis	1,10E-03	0,18	0,9712		ns	3,20E-03	2,18	0,1829	ns
Frecuencia*Dosis	1,00E-02	1,57	0,2915		ns	2,00E-02	11,61	0,0065	*

Error 1,00E-02 1,50E-03

Total

---

**CV (%) 2,11 0,81**

**PROMEDIO (cm) 3,68 4,70**

En la tabla 19 se observa el análisis de varianza de la variable Altura de planta donde a los 14 días después de la siembra (DDS) se observa significación estadística para frecuencia y alta significación estadística para dosis y la interacción de frecuencia y dosis, con un coeficiente de variación de 0,95% y un promedio general de 0,76 cm.

A los 21 DDS, hubo una alta significación estadística para dosis, no hubo significación estadística para frecuencias y la interacción entre frecuencia, el coeficiente de variación fue de 2,82 % y un promedio general de 1,61 cm.

Para los 28 DDS hubo alta significación estadística para la fuente de variación frecuencia y una alta significación estadística para dosis, mientras que para el resto de fuentes de variación no hubo significación estadística, el coeficiente de variación fue de 1,34 % y el promedio de 2,60 cm.

A los 35 DDS hubo significación estadística para frecuencia y alta significación estadística para dosis, las demás fuentes de variación como la interacción de frecuencia y dosis no tuvieron significación estadística. El coeficiente de variación fue de 2,11 % y el promedio llegó a 3,68 cm.

A los 42 DDS hubo alta significación estadística para frecuencia, dosis y significación estadística para la interacción de frecuencia. El coeficiente de variación fue de 0,81 % y el promedio llegó 4,70 cm.

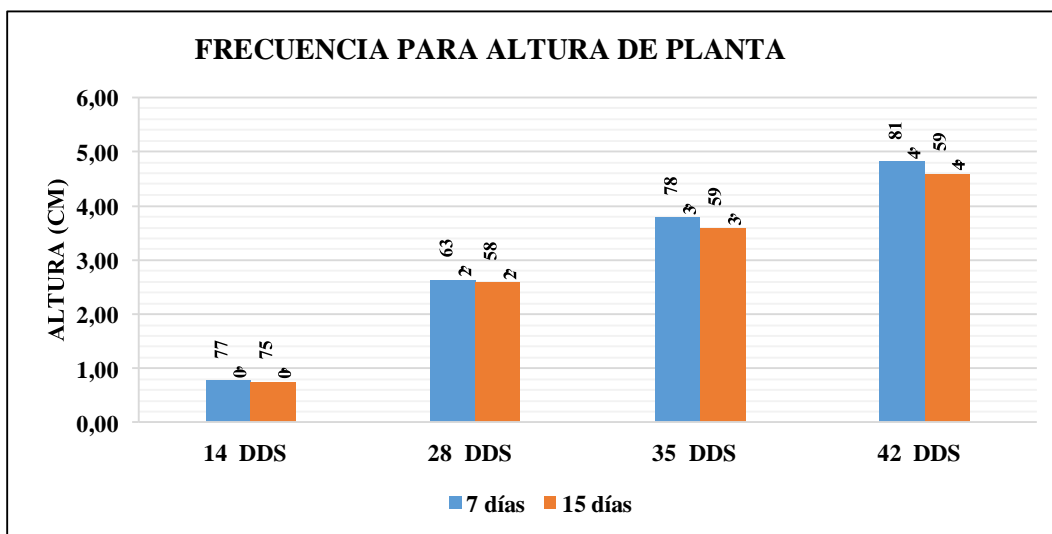
*Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias en la variable Altura de planta*

	14 DDS		28 DDS		35 DDS		42 DDS	
<b>Frecuencia</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>	<b>Medias</b>	<b>Rangos</b>
7 días	0,77	A	2,63	A	3,78	A	4,81	A
15 días	0,75	B	2,58	B	3,59	B	4,59	B

En la tabla 20 se realizó la prueba de Tukey al 5% para la fuente de variación Frecuencias, donde se observa dos rangos de significación para cada toma de datos; la frecuencia de cada 7 días obtuvo los mejores promedios llegando a valores de 0,77 cm a los 14 DDS; 2,63 cm a los 28 DDS; 3,78 cm a los 35 DDS y 4,81 cm a los 42 DDS. El segundo rango fue para la frecuencia cada 15 días llegando a promediar 0,75 cm a los 14 DDS; 2,58 cm a los 28 DDS; 3,59 cm a los 35 DDS y 4,59 cm a los 42 DDS.

Morel López et al., (2021) reporta que en la aplicación de biofertilizantes obtuvo medias a los 30 después de la emergencia de 6,16 cm y a los 50 días después de la emergencia llegó a promediar 16,57 cm, estos valores son superiores a los obtenidos en la investigación, los

promedios obtenidos se reportan con similitud a los 35 dds con un promedio de 3,78 cm y 42 dds con 4,81 cm.



*Gráfico 1. Promedios para Frecuencias de aplicación en Altura de planta Elaborado por: Bonilla, D. (2025)*

*Tabla 21. Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Altura de planta*

	14 DDS		21 DDS		28 DDS		35 DDS		42 DDS		
Dosis	Medias	Rangos	Medias	Rangos	Medias	Rangos	Medias	Rangos	Medias	Rangos	
6 cc/l		0,86	A	1,81	A	2,78	A	4,05	A	5,15	A
	0,79	B	1,67	B	2,65	B	3,73	B	4,68	B	
2 cc/l	0,69	C	1,54	C	2,55	D	3,51	C	4,53	C	
0 cc/l	0,69	C	1,42	D	2,44	C	3,46	C	4,43	D	

En la tabla 21 se observa la prueba de Tukey al 5% realizada para dosis en la variable altura de planta donde la dosis 3 (6 cc l<sup>-1</sup>) ocupa el primer lugar y el primer rango de significación estadística, obtuvo promedios de 0,86 cm a los 14 DDS; 1,81 cm a los 21 DDS; 2,78 cm a los 28 DDS; 4,05 a los 35 DDS y 5,15 cm a los 42 DDS. Ocupando el último rango se ubica a la dosis 1 (2 cc l<sup>-1</sup>) con promedios de 0,69 cm y 2,55 cm a los 14 y 28 DDS respectivamente; y en el mismo rango se ubica la dosis 0 (0 cc l<sup>-1</sup>) con 1,42 cm a los 21 DDS; 3,46 cm a los 35 DDS y 4,43 cm a los 42 DDS.

Renteria et al., (2018) reporta que utilizó biofertilizantes en dosis de 100 %; 50 % y un testigo control sin biofertilizante donde obtuvo un efecto significativo en la altura de la planta donde a los 30 DDS presentó un promedio de 6,35 cm con la dosis de 50%, resultados muy similares a los obtenidos en la investigación donde el promedio obtenido fue de 6,97 cm con una dosis de 6cc/l.

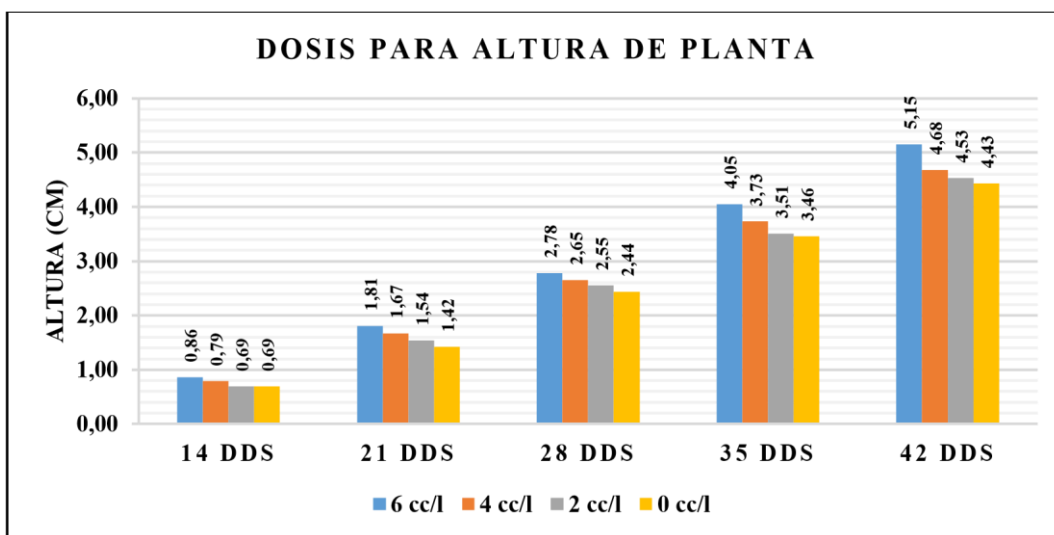


Gráfico 2. Promedios para Dosis de aplicación en Altura de planta

Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

Se observa en el gráfico 2 cada uno de los promedios alcanzados en cada período de toma de datos para cada una de las dosis propuestas de la aplicación del biofertilizante Biofertilizante, donde la dosis más alta obtuvo los mejores promedios en comparación con el resto.

Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias x Dosis en la variable Altura de planta

		14 DDS		42 DDS	
Frecuencia	Dosis	Medias	Rangos	Medias	Rangos
7 d	6 cc/l	0,92	A	5,20	A
15 d	4 cc/l	0,80	B	4,58	C
7 d	4 cc/l	0,79	B	4,77	B
15 d	6 cc/l	0,79	B	5,10	A
15 d	0 cc/l	0,70	C	4,25	E
7 d	0 cc/l	0,69	C	4,61	C
7 d	2 cc/l	0,68	C	4,64	B C
15 d	2 cc/l	0,68	C	4,43	D

La tabla 22 indica la prueba de Tukey al 5% para la interacción entre las frecuencias y las dosis de aplicación en la variable altura de planta donde la frecuencia de aplicación cada 7 días junto a la dosis 3 (6  $\text{cc l}^{-1}$ ) a los 14 dds obtuvo el mejor promedio ocupando el primer rango de significación con un valor de 0,92 cm; a los 42 dds, la misma interacción ocupó el primer rango con un promedio de 5,20 cm. El último rango de significación fue para la frecuencia cada 15 días y la dosis 1 (2  $\text{cc l}^{-1}$ ) con promedio de 0,68 cm a los 14 DDS y la frecuencia de aplicación cada 15 días y la dosis 0 (0  $\text{cc l}^{-1}$ ) con promedios de 4,25 cm a los 42 dds.

Es importante recordar que las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal han sido utilizadas en varios cultivos donde favorecen su desarrollo, crecimiento y rendimiento, además participan en el uso eficiente de nutrientes del suelo, fijando nitrógeno atmosférico, solubilizando fósforo y potasio insolubles y en el proceso de quelatación de micronutrientes (Espinoza, 2021).

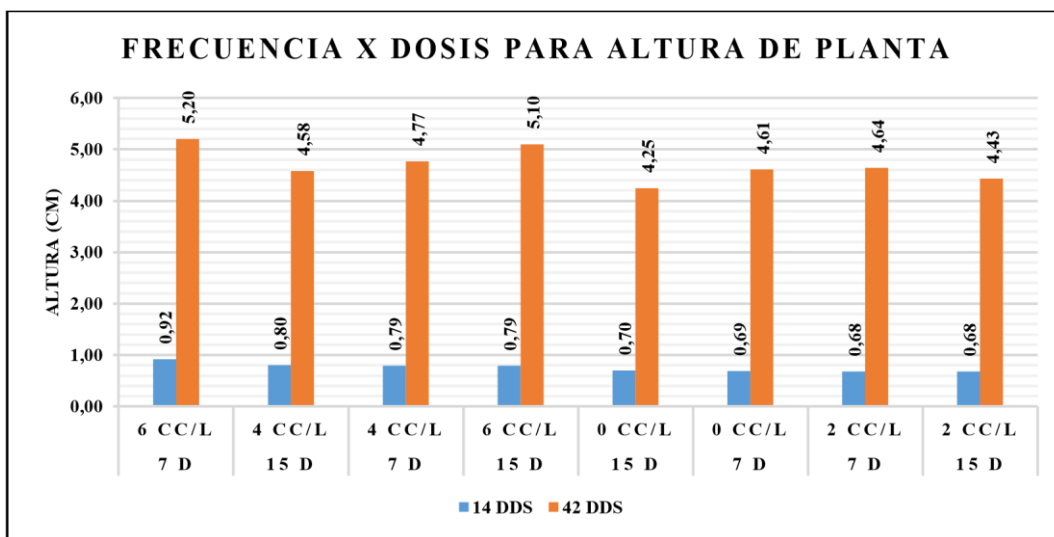


Gráfico 3. Promedios para Frecuencia x Dosis de aplicación en Altura de planta

Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

Se observa en el gráfico 3 cada uno de los promedios alcanzados en cada período de toma de datos para la interacción entre los factores frecuencias y dosis propuestas de la aplicación del biofertilizante Biofertilizante, donde el promedio más alto lo obtuvo la frecuencia de 7 días junto a la dosis más alta de 6 cc/l superando al resto.

## 10.4. Variable Número de Hojas

### 10.4.1. ADEVA para la variable Número de hojas

Se observa en la tabla 23 el análisis de varianza realizado a la variable número de hojas donde a los 7 y 14 DDS no hubo datos estadísticos debido a que los valores registrados fueron exactamente iguales.

A los 21 DDS, 28 DDS y 35 DDS no hubo significación estadística para ninguna fuente de variación. Los coeficientes de variación fueron 2,91 % a los 21 DDS; 1,57 % a los 28 DDS; 1,40 % a los 35 DDS. Los promedios generales fueron 2,51; 3,48; y, 4,53 para los días después de la siembra especificado anteriormente.

A los 42 DDS hubo alta significación estadística para la fuente de variación dosis, el resto de fuentes de variación no fueron estadísticamente significantes. El coeficiente de variación fue de 1,93 % y el promedio general fue de 4,78 hojas.

Tabla 23. Análisis de varianza para la variable Número de hojas

		21 DDS					28 DDS				
Bloque	2	2,00E-02	3,41	0,23 (B*F)	ns	1,00E-02	1,38				
								0,4194 (B*F)	ns		
Frecuencia	1	5,00E-04	0,08	0,81 (B*F)	ns	1,00E-02	0,98	0,4256 (B*F)	ns		
Bloque*Frecuencia	2	1,00E-02	1,22	0,36	ns	1,00E-02	2,5	0,1619	ns		
Dosis	3	1,00E-02	0,86	0,51 (B*D)	ns	1,60E-03	0,16	0,9187 (B*D)	ns		
Bloque*Dosis	6	1,00E-02	1,44	0,33	ns	1,00E-02	3,35	0,0837	ns		
Frecuencia*Dosis	3	1,00E-02	1,03	0,44	ns	4,30E-03	1,43	0,3246	ns		
Error	6	1,00E-02				3,00E-03					
<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>				<b>(Error)</b>	<b>CM</b>		
<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>									
Total	23										
<b>CV (%)</b>		<b>2,91</b>					<b>1,57</b>				
<b>PROMEDIO</b>		<b>2,51</b>					<b>3,48</b>				
		35 DDS					42 DDS				
Bloque	2	1,00E-02	8,9	0,101 (B*F)	ns						
						2,00E-02	8,53	0,1049 (B*F)	ns		
Frecuencia	1	2,00E-02	18,08	0,0511 (B*F)	ns	1,00E-02	3,48	0,2031 (B*F)	ns		
Bloque*Frecuencia	2	1,10E-03	0,28	0,765	ns	2,10E-03	0,48	0,6427	ns		
Dosis	3	1,00E-02	1,86	0,2367 (B*D)	ns	1,36E+00	211,35	<0,0001 (B*D)	**		
Bloque*Dosis	6	1,00E-02	1,29	0,3815	ns	1,00E-02	1,45	0,3317	ns		
Frecuencia*Dosis	3	1,00E-02	3,41	0,0937	ns	2,00E-02	4,29	0,0612	ns		
Error	6	4,00E-03				4,40E-03					
Total	23										
<b>F.V.</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>				<b>(Error)</b>	<b>CM</b>		
<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>(Error)</b>									
<b>CV (%)</b>		<b>1,4</b>					<b>1,39</b>			<b>PROMEDIO</b>	
		<b>4,53</b>								<b>4,78</b>	

#### 10.4.2. Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Número de Hojas

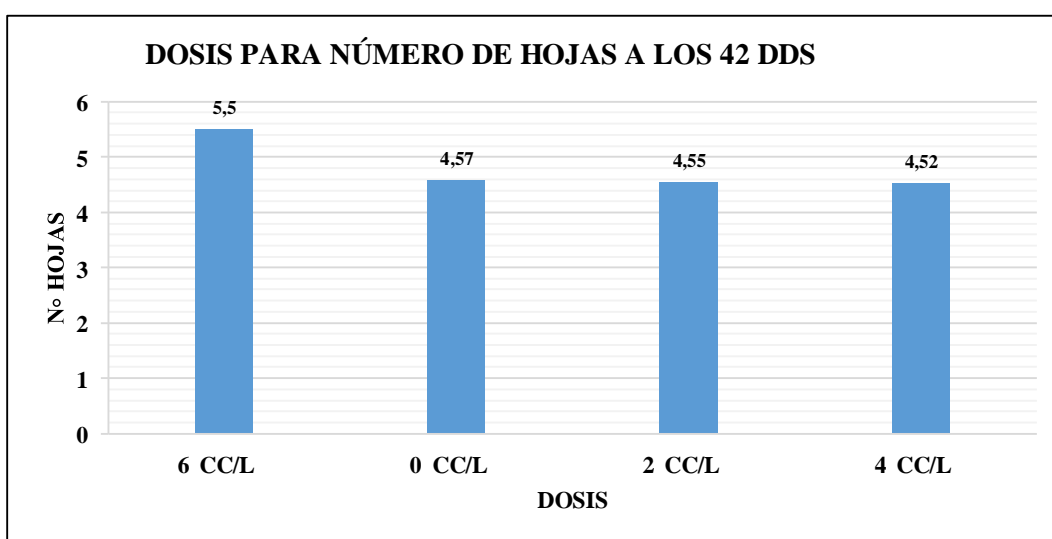
Tabla 24. Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Número de hojas

### Dosis Medias Rangos

6 cc/l	5,50	A
0 cc/l	4,57	B
2 cc/l	4,55	B
4 cc/l	4,52	B

Se observa en la tabla 24 la Prueba de Tukey realizada a Dosis en la variable número de hojas, aparece dos rangos de significación, donde la dosis D3 (6 ccl<sup>-1</sup>) ocupó el primer rango con el promedio más alto con un valor de 5,50 hojas; en el segundo rango de significación se ubican la dosis D0 (0 ccl<sup>-1</sup>) con 4,48 hojas; seguido de la dosis D1 (2 ccl<sup>-1</sup>) con 4,55 hojas y finalmente, la dosis D2 (4 ccl<sup>-1</sup>) con un promedio de 4,52 hojas.

La introducción de microorganismos en los cultivos agrícolas, ayudan a mejorar las condiciones de suelo, ayudan en el control de enfermedades e incrementan el desarrollo de las plantas, Calero et al., (2019) manifiesta que el número de hojas, el diámetro de tallo y la altura son características fundamentales para el momento del trasplante, además reporta que el número de hojas presentó significancia luego de la aplicación del biofertilizante donde hubo incrementos del 36% hasta el 41,32%. Cerna-Yamali et al., (2018) indica que luego de la inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en semillas de lechuga la variable número de hojas tuvo un incremento significativo llegando a obtener una media de 7,90 hojas a los 45 días después de la siembra corroborando los resultados obtenidos en la investigación.



*Gráfico 4. Promedios para Frecuencias en la variable Número de hojas*

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

## 10.5. Variable longitud de raíz

### 10.5.1. ADEVA para la variable Longitud de raíz

En la tabla 25 se realizó el análisis de varianza para la variable longitud de raíz, hubo significación estadística solamente para la fuente de variación frecuencia y alta significación estadística para dosis, el resto de fuentes de variación no tuvieron significación estadística. El coeficiente de variación fue de 2,61% y el promedio general fue de 5,78 cm.

Tabla 25. Análisis de varianza para la variable Longitud de raíz

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>	
Bloque	0,02	2	0,01	0,37	0,7308	(Bloque*Frecuencia)	ns
Frecuencia	1	1	1	31,59	0,0302	(Bloque*Frecuencia)	*
Bloque*Frecuencia	0,06	2	0,03	1,39	0,3191		ns
Dosis	15,55	3	5,18	54,57	0,0001	(Bloque*Dosis)	**
Bloque*Dosis	0,57	6	0,1	4,17	0,0530		ns
Frecuencia*Dosis	0,51	3	0,17	7,53	0,186		ns
Error	0,14	6	0,02				
Total	17,86	23	0,02				
<b>CV (%)</b>		<b>2,61</b>					
<b>PROMEDIO (cm)</b>		<b>5,78</b>					

### 10.5.2. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias en la variable Longitud de raíz

Tabla 26. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias en la variable Longitud de raíz

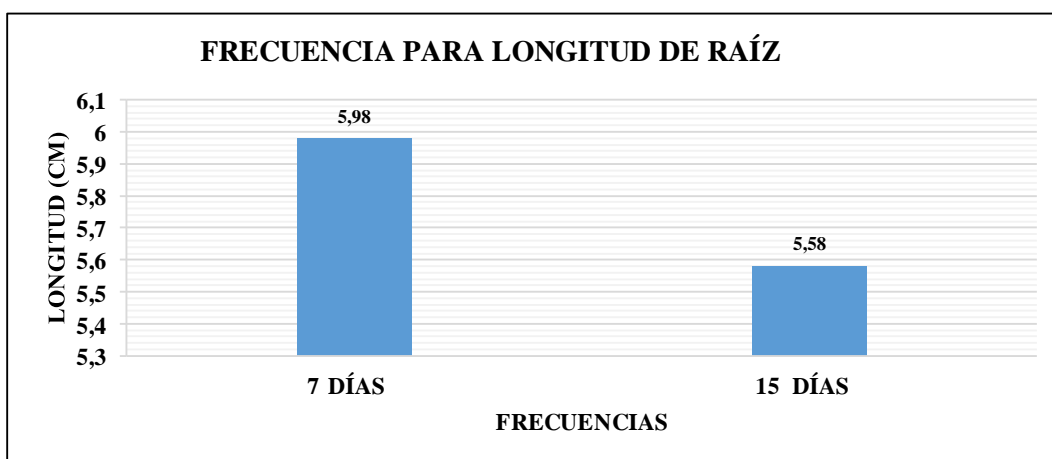
<u>Frecuencia</u>	<u>Medias</u>	<u>Rangos</u>
7 días	5,98	A
15 días	5,58	B

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para la fuente de variación frecuencia hubo dos rangos de significación, donde la frecuencia de aplicación cada 7 días ocupó el primer rango con promedio de 5,98 cm, el último rango de significación fue para la frecuencia de aplicación cada 15 días con un promedio de 5,58 cm.

Las medias obtenidas por Espinoza (2021) al inocular cepas de *Bacillus* sp. como rizobacterias promotoras de crecimiento en chile habanero obtuvo valores 9,67 cm a los 30 días después de la inoculación en la longitud de la raíz, comparando con los promedios obtenidos en la

investigación donde a los 7 días se obtuvo 5,98 cm. El proceso de crecimiento radicular depende de la producción de auxinas por parte de las bacterias promotoras de crecimiento que se encuentran alrededor de las raíces manifiesta (Mohite, 2013).

De la misma manera Cerna-Yamali et al., (2018) reporta que el crecimiento en longitud de raíz está relacionada a la síntesis de sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal como hormonas, vitaminas, etc., donde reporta el crecimiento radicular a los 45 días después de la siembra con una media de 16,50 cm muy superior a los resultados obtenidos en la investigación.



*Gráfico 5. Promedios para Frecuencia en la variable Longitud de raíz*

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

En el gráfico 5 se visualiza los promedios alcanzados por las frecuencias de aplicación donde la frecuencia cada 7 días obtuvo el mejor promedio en comparación con la frecuencia cada 15 días que se ubicó en el último lugar.

*Tabla 27. Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Longitud de raíz*

<b><u>Dosis Medias Rangos</u></b>		
6 cc/l	6,97	A
4 cc/l	6,05	B
2 cc/l	5,20	C
0 cc/l	4,90	C

En la tabla 27 se realizó la prueba de Tukey al 5% para la fuente de variación dosis donde hubo tres rangos de significación, la dosis de 6 cc/l ocupó el primer rango con promedio de 6,97 cm, en segundo rango se ubicó la dosis 4 cc/l con un valor promedio de 6,05 cm y en el último rango

de significación fue para las dosis 2 cc/l con 5,20 cm y la dosis 0 cc/l con un promedio de 4,90 cm.

Castellanos et al., (2015) reporta que a los 62 días la longitud de la raíz de lechuga llegó a medir 24,83 cm luego de aplicar un biofertilizante comercial, en cambio el máximo valor promedio en la investigación fue de 6,97 cm en longitud de raíz a los 42 dds.

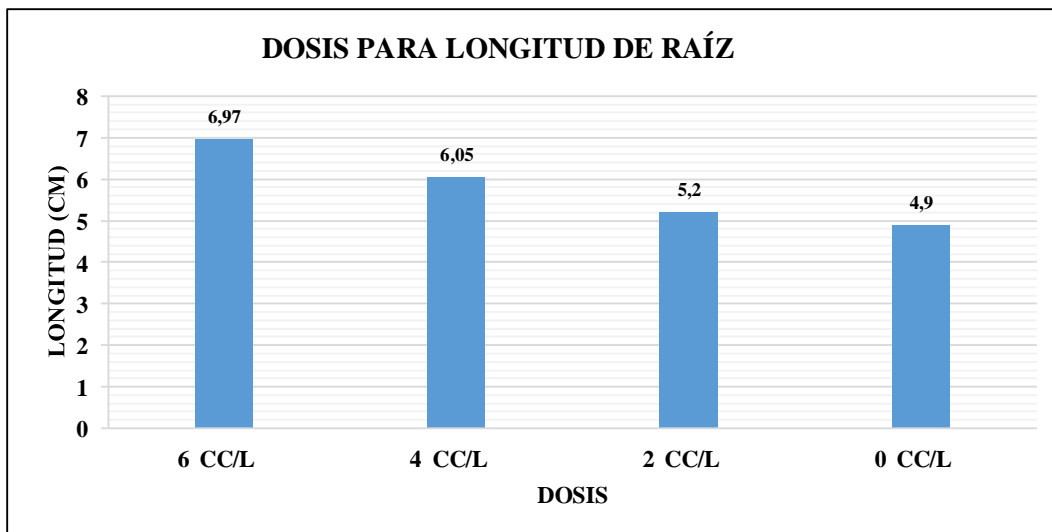


Gráfico 6. Promedios para Frecuencia en la variable Longitud de raíz

Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

## 10.6. Variable Volumen de raíz

Tabla 28. Análisis de varianza para la variable Volumen de raíz

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Bloque	0,06	2	0,03	2,42	0,2925	(Bloque*Frecuencia) ns
Frecuencia	0,2	1	0,2	15,61	0,0585	(Bloque*Frecuencia) ns
Bloque*Frecuencia	0,03	2	0,01	0,43	0,6699	ns
Dosis	2,17	3	0,72	30,08	0,0005	(Bloque*Dosis) **
Bloque*Dosis	0,14	6	0,02	0,8	0,6049	ns
Frecuencia*Dosis	0,22	3	0,07	2,45	0,1612	ns
Error	0,18	6	0,03			
Total	3,01	23				
<b>CV (%)</b>		<b>11,02</b>				
<b>PROMEDIO (cm<sup>3</sup>)</b>		<b>1,57</b>				

En la tabla 28 se observa el análisis de varianza para la variable volumen de raíz, hubo alta significación estadística para la fuente de variación dosis y para el resto de fuentes de variación no hubo significación estadística. El coeficiente de variación fue de 11,02% y el promedio general fue de 1,57 cm<sup>3</sup>.

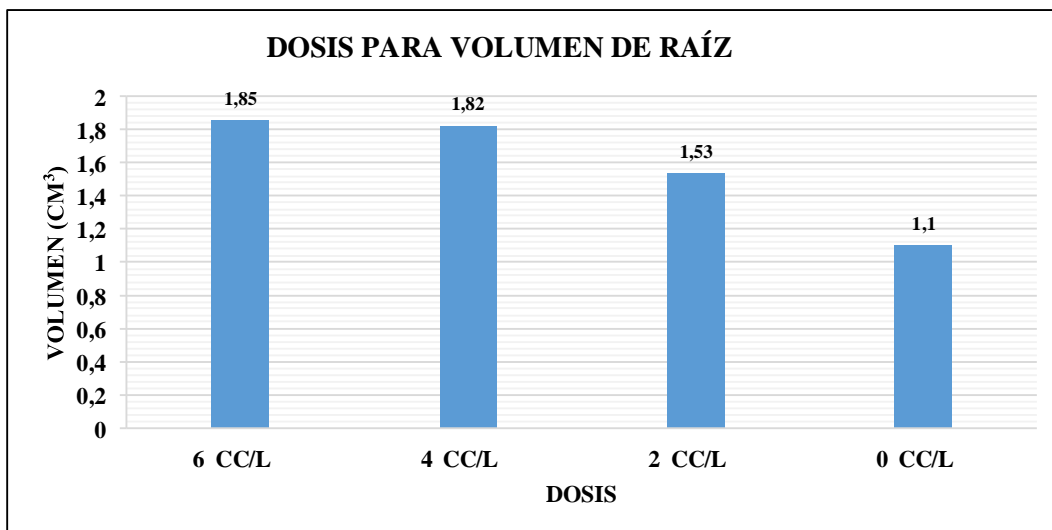
#### 10.6.1. Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Volumen de raíz

En la tabla 29 se observa la prueba de Tukey al 5% realizada a dosis en la variable volumen de raíz, donde se muestran cuatro rangos de significación, las dosis D3 (6 cc/l) ocupó el primer rango de significación con un promedio de 1,85, en el segundo rango de significación fue para D2 (4 cc/l) con un promedio de 1,82; mientras que la dosis D1 (2 cc/l) se ubicó en el tercer rango de significación presentando un promedio de 1,53; la dosis D0 (0 cc/l) se ubicó en el último rango con un promedio de 1,10.

*Tabla 29. Prueba de Tukey al 5% para Dosis en la variable Volumen de raíz*

<u>Dosis</u>	<u>Medias</u>	<u>Rangos</u>
6 cc/l	1,85	A
4 cc/l	1,82	A B
2 cc/l	1,53	B
0 cc/l	1,10	C

Espinoza, (2021) menciona que el volumen radical que obtuvo luego de la aplicación del biofertilizante fue de 0,67 cm<sup>3</sup>, siendo un promedio más bajo que el logrado con el uso del biofertilizante enriquecido con microorganismos llegando a una media de 1,85 cm<sup>3</sup>.



*Gráfico 7. Promedios para Dosis en la variable Volumen de raíz*

*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

### **10.7. Variable Clorosis de hojas de lechuga de repollo**

Para la evaluación de la variable clorosis, se tomó como referencia la escala presentada en la tabla 19 adaptada de Carpena-Artes et al., (1995), donde se valoró con el valor de 1 (planta completamente morada) a las plantas muestreadas de cada tratamiento, siendo esta valoración igual en la toma de datos, al realizar el análisis de varianza, los resultados arrojados al ser iguales no arrojó ningún resultado significativo.

## 11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN FASE CAMPO

### 11.1. Variable Altura de Planta

Tabla 30. ADEVA para la variable Altura de planta

F.V.	gl	15 DDT				30 DDT				45 DDT			
		CM	F	p-valor	*	CM	F	p-valor	*	CM	F	p-valor	*
Tratamientos	15	1,51	2,270	0,028	*	3,33	2,200	0,032	*	5,85	1,85	0,0732	NS
Repeticiones	2	1,14	1,720	0,197		1,61	1,060	0,359		4,54	1,44	0,2528	
Frecuencia	1	5,02	7,493	0,010	*	8,16	5,404	0,027	*	9,68	3,073	0,090	NS
Dosis	3	0,09	0,134	0,939	NS	0,08	0,050	0,985	NS	1,63	0,517	0,673	NS
Cobertura	1	4,46	6,657	0,015	*	0,8	0,530	0,472	NS	0,51	0,162	0,690	NS
A*B	3	0,8	1,194	0,329	NS	1,64	1,080	0,372	NS	3,2	1,016	0,399	NS
A*C	1	2,95	4,403	0,044	*	12,97	8,530	0,007	*	15,6	4,952	0,034	*
B*C	3	0,95	1,418	0,257	NS	4,98	3,280	0,340	NS	5,27	1,673	0,194	NS
A*B*C	3	1,55	2,313	0,096	NS	2,64	1,730	0,182	NS	10,53	3,343	0,320	NS
Error	30	0,67				1,51							
Total	47												
	19,3												
CV (%)						15,49				15,83			
PROMEDIO (cm)	4,22					7,94				11,22			

Se observa en la tabla 30 el análisis de varianza para la variable altura de planta en campo a los

15 DDT donde hubo significación estadística para tratamientos, frecuencia, cobertura y la interacción A x C, las demás fuentes de variación no tuvieron significación estadística. El coeficiente de variación fue de 19,3 % y el promedio fue de 4,22 cm.

A los 30 DDT hubo significación estadística para tratamientos, frecuencias y la interacción A x C, las demás fuentes de variación no tuvieron significancia estadística; el coeficiente de variación fue de 15,49 % y el promedio de 7,94 cm.

A los 45 DDT solamente la interacción A x C tuvo significación estadística, las demás fuentes de variación no fueron significantes estadísticamente, el coeficiente de variación fue de 15,83 % con un promedio de 11,22 cm.

#### 11.1.1. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable de Altura de planta a los 15 y 30 DDT

En la tabla 31 se observa las medias obtenidas al realizar la Prueba de Tukey al 5% a los tratamientos en la variable altura de planta a los 15 DDT, donde hubo tres rangos de significación, el primer rango fue para el tratamiento T8 (15 días + 6 ccl<sup>-1</sup> + Con Acolchado) con un promedio de 5,46 cm y tratamiento T6 (15 días + 2 ccl<sup>-1</sup> + Con Acolchado) alcanzando

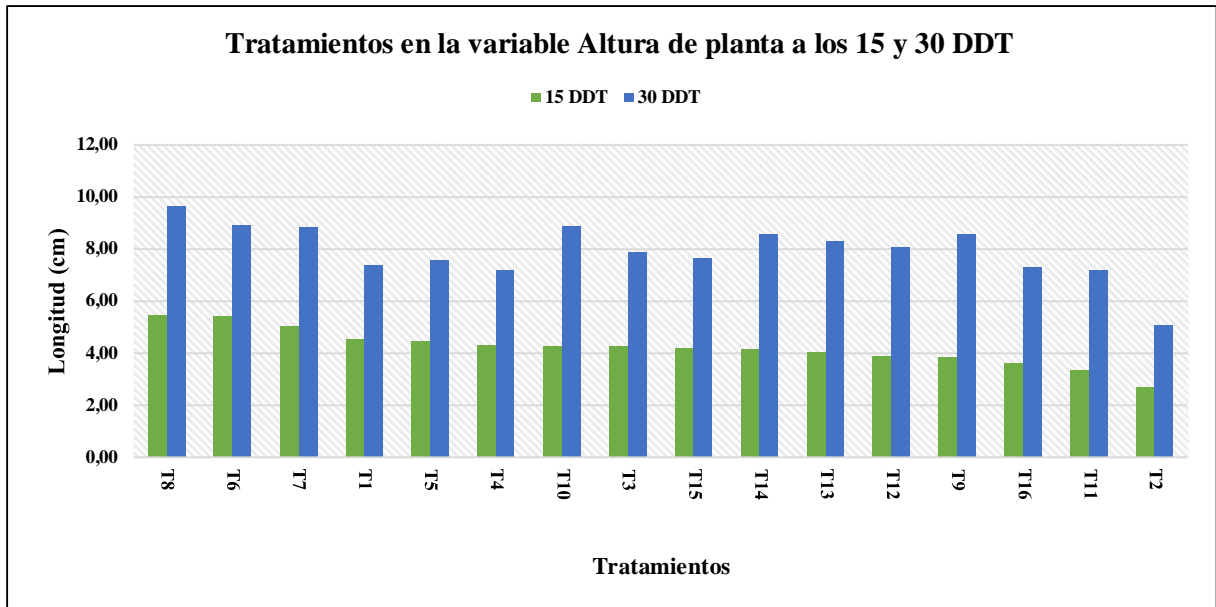
un promedio de 5,40 cm; el tratamiento T2 (7 días + 2 ccl<sup>-1</sup> + Con Acolchado) ocupó el último rango con un promedio de 2,70 cm.

*Tabla 31. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Número de hojas a los 15 y 30 DDT*

<b>Tratamientos</b>	<b>15 DDT</b>		<b>30 DDT</b>	
	<b>Promedios</b>	<b>Rangos</b>	<b>Promedios</b>	<b>Rangos</b>
T8	5,46	A	9,64	A
T6	5,40	A	8,91	A
T7	5,06	A B	8,85	A
T1	4,54	A B	7,38	A B
T5	4,48	A B	7,58	A B
T4	4,34	A B	7,18	A B
T10	4,29	A B	8,87	A
T3	4,25	A B	7,87	A B
T15	4,17	A B	7,68	A B
T14	4,14	A B	8,58	A B
T13	4,04	A B	8,30	A B
T12	3,91	A B	8,08	A B
T9	3,84	A B	8,58	A B
T16	3,64	A B	7,29	A B
T11	3,34	A B	7,19	A B
T2	2,70	B	5,10	B

A los 30 DDT la prueba de Tukey al 5% presentó tres rangos de significación donde el primer rango lo compartieron los tratamientos T8 (15 días + 6 ccl<sup>-1</sup> + Con Acolchado), T6 (15 días + 2 ccl<sup>-1</sup> + Con Acolchado), T10 (15 días + 4 ccl<sup>-1</sup> + Con Acolchado), T7 (15 días + 4 ccl<sup>-1</sup> + Con Acolchado).

Los promedios presentados por Campos Rodríguez et al., (2022) menciona que la altura a los 45 días alcanzó los 4,58 para el testigo, de 5,29 cm para el biofertilizante y de 4,94 para el tratamiento químico, estos valores son similares a los obtenidos en los 15 DDT y superados con los obtenidos a los 30 DDT.



*Gráfico 8. Promedios para Tratamientos en la variable Número Altura de planta a los 15 y 30 DDT Elaborado por: Bonilla, D. (2025)*

### 11.1.2. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias en la variable de Altura de planta a los 15 y 30 DDT

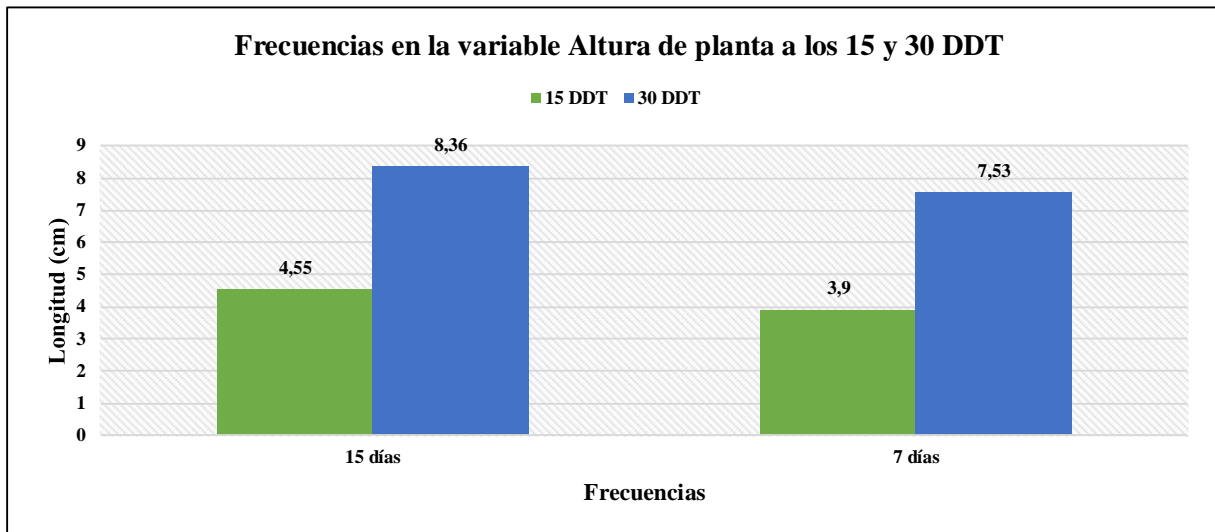
En la tabla 32 se observa las medias obtenidas al realizar la Prueba de Tukey al 5% a las frecuencias en la variable altura de planta los 15 DDT, donde hubo dos rangos de significación, el primer rango fue para la frecuencia F2 (15 días), alcanzando un promedio de 4,55 cm y en el segundo y último rango se ubicó la frecuencia F1 (7 días) con un promedio de 3,90 cm y la dosis D2 (2 ccl<sup>1</sup>) con promedio de 11,85 hojas y en el último rango se ubicó la dosis D1 (0 ccl<sup>1</sup>) con un promedio de 10,51 hojas

*Tabla 32. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencias en la variable Altura de planta a los 15 y 30 DDT*

	15 DDT		30 DDT	
<u>Frecuencia</u>	<u>Promedios</u>	<u>Rangos</u>	<u>Promedios</u>	<u>Rangos</u>
15 días	4,55	A	8,36	A
7 días	3,90	B	7,53	B

Funes et al., (2019) obtuvo promedios de 6,4 cm con la aplicación de bocashi; 7,55 cm con la aplicación de bocashi enriquecido con microorganismos eficientes, mientras que el tratamiento control llegó a promediar 4,20 cm, la aplicación fue a una dosis de 25 gramos por planta de lechuga; valores similares se observan en los resultados obtenidos en la investigación donde la

dosis a los 30 DDT se obtuvo un promedio 8,36 cm; corroborando con lo indicado por el investigador.



*Gráfico 9. Promedios para Frecuencias en la variable Altura de planta a los 15 y 30 DDT Elaborado por: Bonilla, D. (2025)*

### 11.1.3. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable de Altura de planta a los 15 DDT

*Tabla 33. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable Altura de planta a los 15 DDT*

15 DDT		
<u>Cobertura</u>	<u>Promedios</u>	<u>Rangos</u>
Con	4,53	A
Sin	3,92	B

En la tabla 33 se observa las medias obtenidas al realizar la Prueba de Tukey al 5% para el factor cobertura en la variable altura de planta a los 15 DDT, donde hubo dos rangos de significación, el primer rango fue para cultivo de lechuga con cobertura alcanzando un promedio de 4,53 cm; en el segundo y último rango se ubicó el cultivo sin cobertura con un promedio de 3,92 cm.

Salas et al., (2008) reporta haber obtenido un promedio de 9,8 cm al utilizar cubierta plástica y 9,33 hojas sin cobertura en lechuga crespa cv. Hortencia a los 45 DDT, estos valores son superiores a los promediados en el ensayo, donde a los 15 DDT se obtuvo 4,53 cm con cobertura.

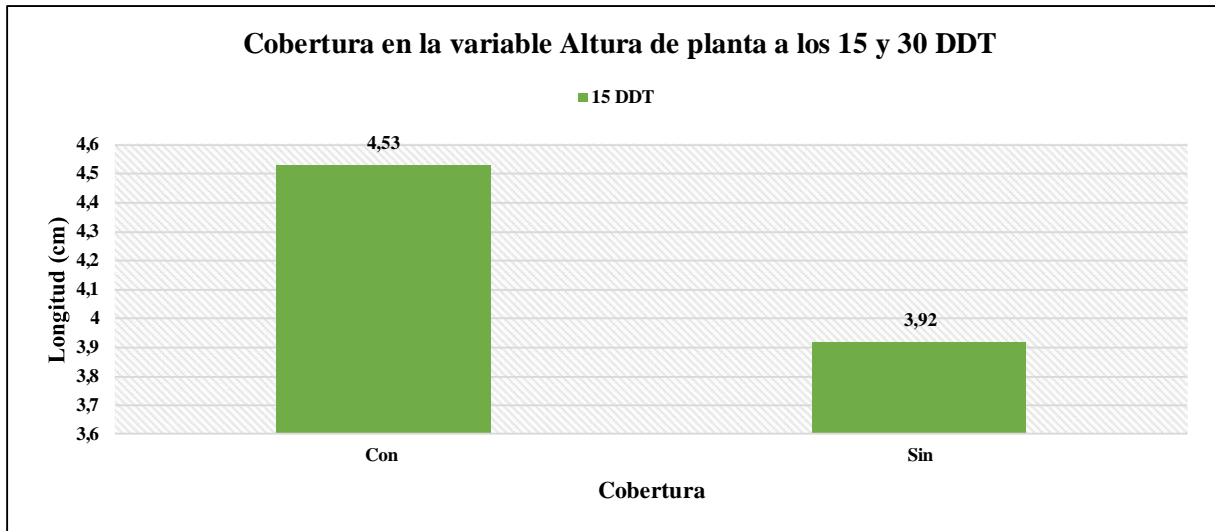


Gráfico 10. Promedios para Cobertura en la variable Altura de planta a los 15 DDT Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

#### 11.1.4. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencia x Cobertura en la variable de Altura de planta a los 15, 30 y 45 DDT

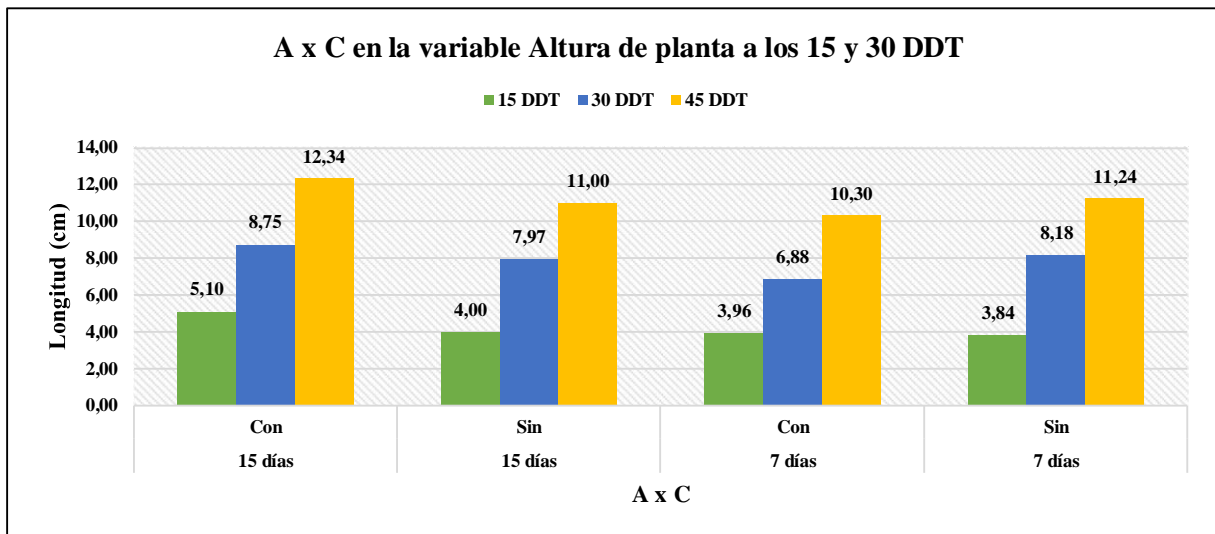
Tabla 34. Prueba de Tukey al 5% para Frecuencia x Cobertura en la variable Altura de planta a los 15, 30 y 45 DDT

Frecuencias	Coberturas	15 DDT		30 DDT		45 DDT	
		Promedios	Rangos	Promedios	Rangos	Promedios	Rangos
15 días	Con	5,10	A	8,75	A	12,34	A
15 días	Sin	4,00	B	7,97	A B	11,00	A B
7 días	Con	3,96	B	6,88	B	10,30	B
7 días	Sin	3,84	B	8,18	A B	11,24	A B

En la tabla 34 se observa las medias obtenidas al realizar la Prueba de Tukey al 5% para la interacción frecuencias x cobertura en la variable altura de planta a los 15 DDT, donde hubo dos rangos de significación, el primer rango fue para la frecuencia 15 días y cultivo de lechuga con cobertura alcanzando un promedio de 5,10 cm; en el segundo y último rango se ubicó la frecuencia 15 días sin acolchado con promedio de 4,00 cm; y las frecuencias de 7 días con acolchado y sin acolchado con promedios de 3,96 y 3,84 cm respectivamente.

A los 30 DDT hubo tres rangos de significación donde la frecuencia 15 días y cultivo de lechuga con cobertura alcanzando un promedio de 8,75 cm; en el último rango se ubicó la frecuencia 7 días con acolchado con promedio de 6,88 cm.

Finalmente, a los 45 DDT se observan tres rangos de significación donde la frecuencia 15 días y cultivo de lechuga con cobertura alcanzando un promedio de 12,34 cm; en el último rango se ubicó la frecuencia 7 días con acolchado con promedio de 10,30 cm.



*Gráfico 11. Promedios para A x C en la variable Altura de planta a los 15, 30 y 45 DDT Elaborado por: Bonilla, D. (2025)*

## 11.2. Variable Porcentaje de Formación de cabeza

*Tabla 35. ADEVA para la variable Porcentaje de formación de cabeza a los 45 y 52 DDT*

DDT	F.V.	gl	45 DDT			52				
			CM	F	p-valor	CM	F	p-valor		
Tratamientos		15	406,67	1,940	0,060	NS	190,56	1,830	0,078	NS
Repeticiones		2	56,25	0,270	0,766		102,08	0,980	0,388	
Frecuencia		1	0	0,000	1,000	NS	208,33	1,997	0,168	NS
Dosis		3	72,22	0,345	0,793	NS	125	1,198	0,327	NS
Cobertura		1	1633,33	7,793	0,009	*	300	2,876	0,100	NS
A*B		3	705,56	3,367	0,314	NS	213,89	2,051	0,128	NS
A*C		1	533,33	2,545	0,121	NS	300	2,876	0,100	NS
B*C		3	405,56	1,935	0,145	NS	138,89	1,332	0,340	NS
A*B*C		3	127,78	0,610	0,614	NS	205,56	1,971	0,140	NS
Error		30	209,58				104,31			

	47	
	25,18	
Total		
CV (%)		11,62
PROMEDIO (%)	57,50	87,92

Se observa en la tabla 35 el análisis de varianza para la variable porcentaje de formación de cabeza a los 45 y 52 DDT, se puede identificar que hubo significación estadística a los 45 DDT solamente para la fuente de variación cobertura, las otras fuentes de variación no tuvieron significación estadística; a los 52 DDT todas las fuentes de variación no tuvieron significancia estadística. El coeficiente de variación fue 25,18 % y 11,62 % para los 45 y 52 DDT respectivamente. Los promedios alcanzados en los dos períodos mencionados fueron de 57,50 y 87,92 %.

### 11.2.1. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable Porcentaje de formación de cabeza a los 45 DDT

*Tabla 36. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Porcentaje de malezas a los 15 y 45 DDT*

<b>45 DDT</b>		
<u>Cobertura</u>	<u>Promedios</u>	<u>Rangos</u>
Sin	63,33	A
Con	51,67	B

En la tabla 36 se observa los promedios obtenidos al realizar la Prueba de Tukey al 5% a la cobertura en la variable porcentaje de formación de cabezas a los 45 DDT, donde hubo dos rangos de significación, el primer rango fue para el cultivo sin cobertura con promedio de 63,33%; mientras que el segundo rango fue para el cultivo con cobertura con promedio de 51,67%.

Lutuala (2024) obtuvo promedios de porcentaje de formación de cabeza en un rango de 45,63 hasta 50,44%, siendo los resultados obtenidos en la investigación superiores a los obtenidos por el autor mencionado anteriormente.

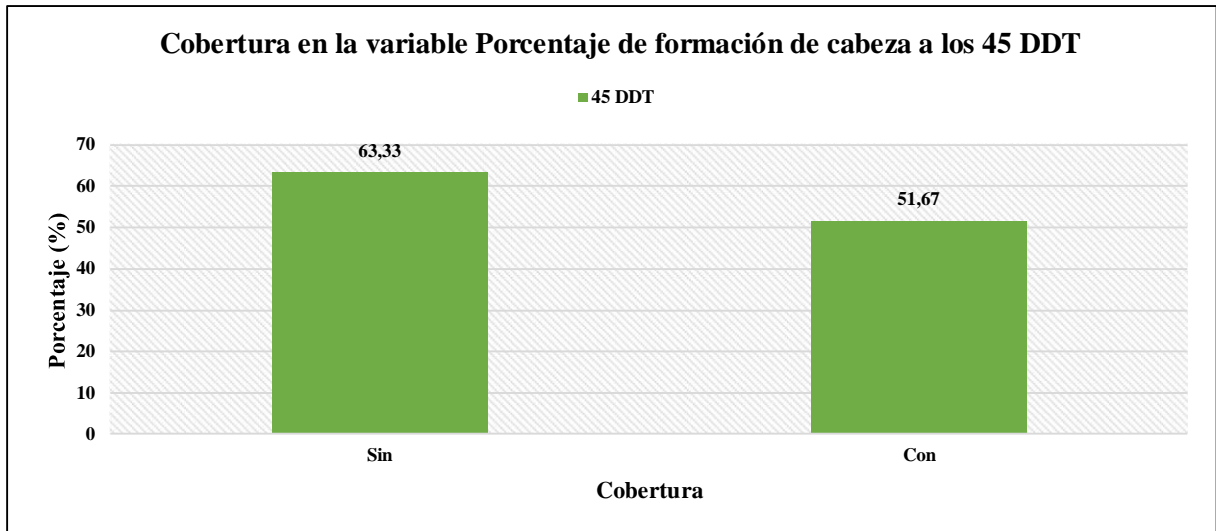


Gráfico 12. Promedios para Cobertura en la variable Porcentaje de formación de cabeza a los 45 DDT

Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

### 11.3. Variable Porcentaje de Maleza

Tabla 37. ADEVA para la variable Porcentaje de formación de cabeza a los 45 y 52 DDT

F.V.	21 DDT				45 DDT				gl
	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F		
Tratamientos	15	4399,87	15,870	<0,0001	*	1165,5	3277,94	0,02	*
Repeticiones	2	742,58	2,680	0,085		0,0	0,00	0,33	
Frecuencia	1	4,69	0,017	0,897	NS	147,0	408,33	0,10	NS
Dosis	3	373,52	1,348	0,278	NS	580,6	1612,67	0,13	NS
Cobertura	1	62857,69	226,792	0,000	*	9408,0	26133,33	0,03	*
A*B	3	164,41	0,593	0,624	NS	737,0	2047,22	0,35	NS
A*C	1	13,02	0,047	0,830	NS	192,0	533,33	0,57	NS
B*C	3	314,08	1,133	0,351	NS	558,9	1552,47	0,28	NS
A*B*C	3	188,85	0,681	0,570	NS	702,0	1950,00	0,14	NS
Error	30	277,16				0,4			
Total	47								
		24,82							
CV (%)						4,04			
PROMEDIO (%)	37,15					10,67			

Se observa en la tabla 37 el análisis de varianza para la variable porcentaje de malezas a los 21 y 45 DDT, se puede identificar que hubo significación estadística para tratamientos a los 21 y 45 DDT, al igual que cobertura; las otras fuentes de variación no tuvieron significación estadística a los 21 y 45 DDT. El coeficiente de variación fue 24,82 % y 4,04 % para los 21 y

45 DDT respectivamente. Los promedios alcanzados en los dos períodos mencionados fueron de 37,15 y 10,67 %.

### 11.3.1. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable de Porcentaje de malezas a los 21 y 45 DDT

Tabla 38. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Porcentaje de malezas a los 21 y 45 DDT

Tratamientos	21 DDT		45 DDT	
	Promedios	Rangos	Promedios	Rangos
T1	0,00	A	0,67	A
T2	0,67	A	2,00	A
T3	0,67	A	0,00	A
T5	0,67	A	0,67	A
T6	1,00	A	0,00	A
T8	1,33	A	1,33	A
T4	1,67	A	1,33	A
T7	1,67	A	0,00	A
T13	58,33	B	50,00	B
T10	61,67	B	20,00	B
T9	66,67	B	40,00	B
T14	70,00	B	10,00	B
T15	71,67	B	10,00	B
T12	76,67	B	10,00	B
T16	90,00	B	60,00	B
T11	91,67	B	30,00	B

Se observa en la tabla 38 la prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable porcentaje de malezas donde a los 21 DDT aparecen dos rangos de significación donde los tratamientos con cobertura plástica presentaron los mejores promedios en el control de malezas siendo el tratamiento T1 (7 días + 0 ccl<sup>-1</sup> + Acolchado) con el mejor promedio de 0%, mientras que los tratamientos sin acolchado presentaron diferentes valores en la presencia y control de malezas siendo el tratamiento T11 (7 días + 4 ccl<sup>-1</sup> + Sin Acolchado) con el promedio de 91,67% en presencia de malezas en el cultivo.

A los 45 DDT se observa el mismo resultado, dos rangos de significación, donde los tratamientos con acolchado presentaron los mejores resultados siendo los tratamientos T3 (7 días + 4 ccl<sup>-1</sup> + Acolchado), T6 (15 días + 2 ccl<sup>-1</sup> + Acolchado) y T7 (15 días + 4 ccl<sup>-1</sup> + Acolchado) los mejores en promedios con 0% en presencia de malezas, en cambio, el tratamiento T16 (15 días + 6 ccl<sup>-1</sup> + Sin Acolchado) presentó un promedio de 60% en presencia de malezas en el cultivo de lechuga de repollo.

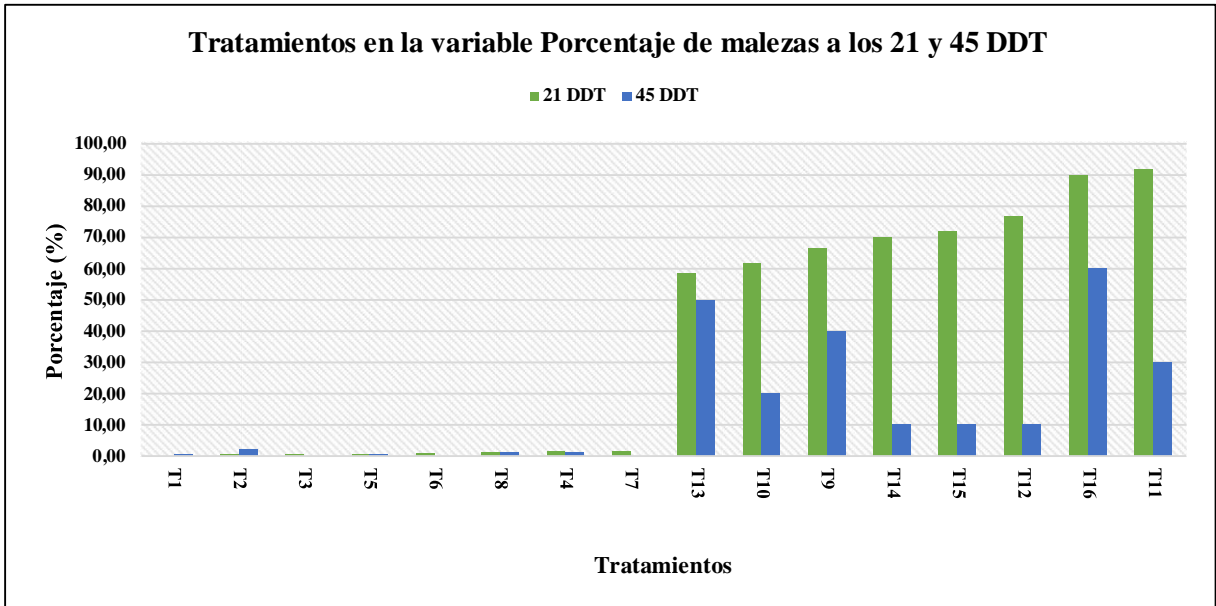


Gráfico 13. Promedios para Tratamientos en la variable Porcentaje de malezas a los 21 y 45 DDT Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

**11.3.2. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable de Porcentaje de malezas a los 21 y 45 DDT**

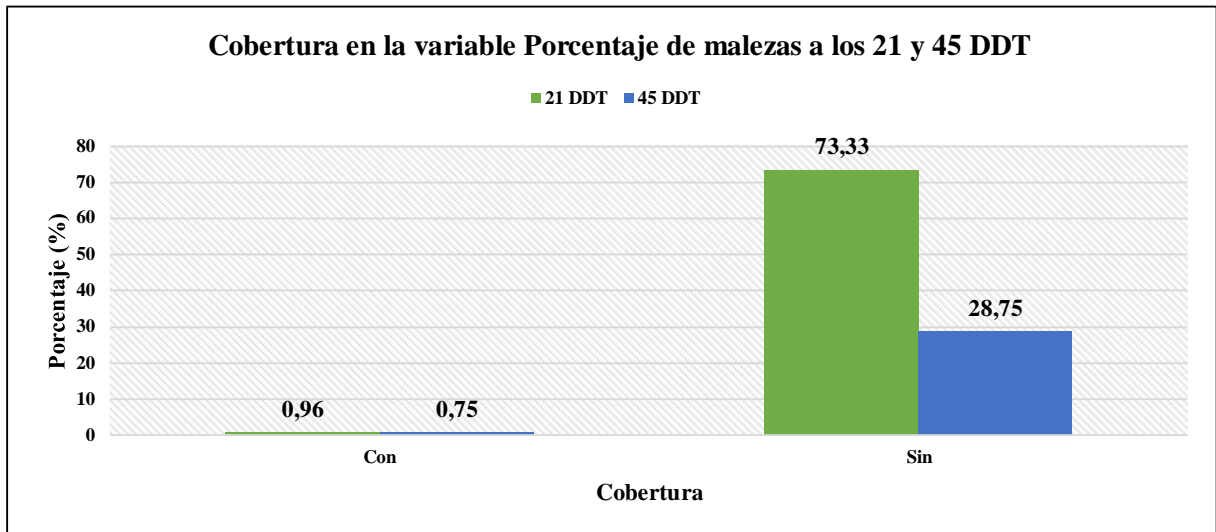
Tabla 39. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable Porcentaje de malezas a los 21 y 45 DDT

	21 DDT		45 DDT	
Cobertura	Promedios	Rangos	Promedios	Rangos
Con	0,96	A	0,75	A
Sin	73,33	B	28,75	B

La tabla 39 se informa los resultados obtenidos al realizar la prueba de Tukey al 5% para el factor Cobertura donde a los 21 DDT se presentó dos rangos de significación, el primer rango lo ocupó el acolchado plástico con un porcentaje de 0,96% en presencia de malezas en el cultivo, mientras que el segundo rango fue para el cultivo sin acolchado plástico con un promedio de 73,33 %.

A los 45 DDT se presentaron dos rangos de significación donde el cultivo con cobertura alcanzó el primer rango de significancia con un promedio de 0,75 %, mientras que el cultivo sin cobertura ocupó el ultimo rango con un promedio de 28,75 % en presencia de malezas. Iqbal et al., (2020) reporta que el acolchado es una herramienta importante para controlar las poblaciones de malezas, mencionando que se reduce hasta un 92% de la población de malezas en diferencia con el suelo sin acolchado, corroborando con los resultados obtenidos donde el

suelo con cobertura o acolchado a los 15 DDT presentó un promedio de presencia de 1,38% donde hubo una reducción de 98,62% y a los 45 DDT tuvo presencia de 0,83% obteniendo un control del 99,17%.



*Gráfico 14. Promedios para Cobertura en la variable Porcentaje de malezas a los 15 y 45 DDT Elaborado por: Bonilla, D. (2025)*

#### 11.4. Variable Clorosis

La evaluación de esta variable se realizó tomando en cuenta la escala de Carpena-Artes et al. (1995) utilizando el grado de clorosis visual, de esta manera se tomó como referencia el ítem descriptor 1 que indica a la planta totalmente verde para todos los tratamientos evaluados; los valores registrados fueron similares en todos los tratamientos debido a esta razón no hubo resultados en el análisis de varianza.

#### 11.5. Variable Incidencia de plagas y enfermedades

Para la evaluación de esta variable en el tiempo desde trasplante a campo hasta la cosecha que fue de 52 días no se presentó la presencia de plagas o enfermedades, debido a esto el análisis de varianza no registró ningún dato medible para la incidencia de plagas y enfermedades, registrando un valor de cero para todos los tratamientos.

#### 11.6. Variable Peso de la lechuga de repollo

En la tabla 40 se indica el análisis de varianza para la variable Peso de la lechuga de hoja, donde hubo significación estadística solamente para el factor cobertura, para las demás fuentes de

variación no presentaron significación estadística. El coeficiente de variación fue de 17,24% y el promedio general de la variable fue de 150,74 gramos.

**Tabla 40. ADEVA para la variable Peso de la lechuga a los 60 DDT**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tratamientos	219438,33	15	14629,22	1,9700	0,0562	NS
Repeticiones	78795,19	2	39397,59	5,2900	0,0107	
Frecuencia	9661,69	1	9661,69	1,2980	0,2636	NS
Dosis	6812,04	3	2270,68	0,3050	0,8215	NS
Cobertura	124053,67	1	124053,7	16,6657	0,0003	*
A*B	10980,73	3	3660,24	0,4917	0,6907	NS
A*C	9279,64	1	9279,64	1,2467	0,2731	NS
B*C	40465,67	3	13488,56	1,8121	0,1662	NS
A*B*C	18184,9	3	6061,63	0,8143	0,4961	NS
Error	223309,46	30	7443,65			
Total	521542,97	47				
<b>CV (%)</b>	17,24					
<b>PROMEDIO (g)</b>	150,74					

### 11.6.1. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable de Peso de lechuga a los 60 DDT

**Tabla 41. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable Peso de lechuga a los 60 DDT**

<b>60 DDT</b>		
<b>Cobertura</b>	<b>Rangos</b>	<b>Promedios</b>
Con	201,58	A
Sin	99,90	B

La tabla 41 se informa los resultados obtenidos al realizar la prueba de Tukey al 5% para el factor Cobertura para la variable peso a los 60 DDT, se presentaron dos rangos de significación, el primer rango lo ocupó el acolchado plástico con un promedio de 201,58 gramos, mientras que el segundo rango fue para el cultivo sin acolchado plástico con un promedio de 99,90 gramos.

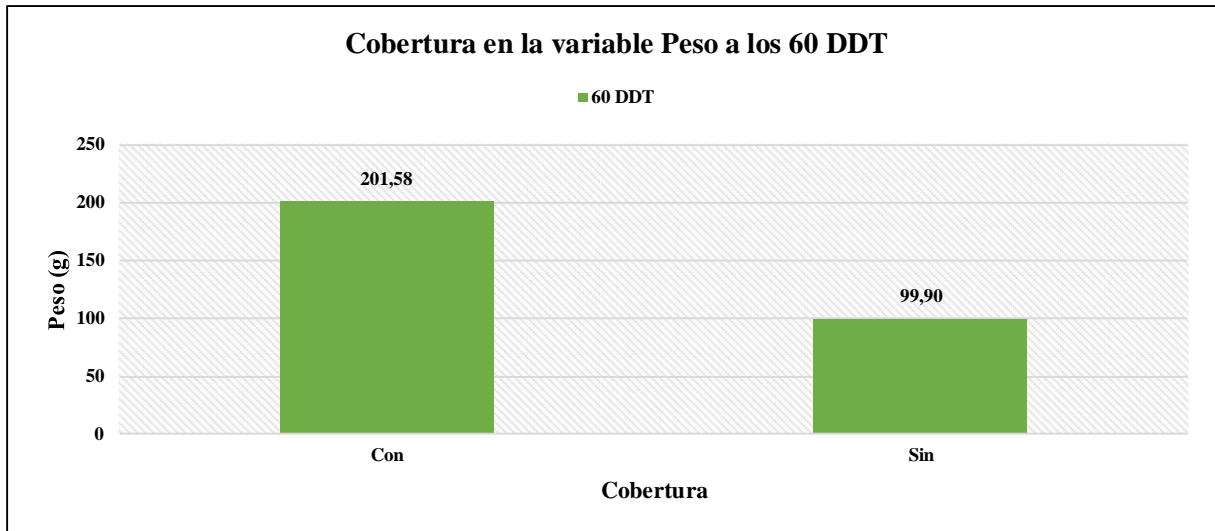


Gráfico 15. Promedios para Cobertura en la variable Peso a los 60 DDT Elaborado por: Bonilla, D. (2025)

### 11.7. Variable Grado de madurez

Para esta variable los datos evaluados fueron iguales para todos los tratamientos, provocando que no obtenga resultados el análisis de varianza.

### 11.8. Variable Diámetro ecuatorial

Tabla 42. ADEVA para la variable Diámetro ecuatorial a los 52 DDT

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	1111,52
Tratamientos	15 74,1	2,19	0,033			*
Repeticiones	429,66	2	214,83	6,35	0,005	
Frecuencia	32,67	1	32,67	0,9657	0,3336NS	
Dosis	53,12	3	17,71	0,5235	0,6694NS	
Cobertura	568,56	1	568,56	16,8064	0,0003	*
A*B	44,87	3	14,96	0,4422	0,7245NS	
A*C	45,63	1	45,63	1,3488	0,2546NS	
B*C	214,59	3	71,53	2,1144	0,1193NS	
A*B*C	152,07	3	50,69	1,4984	0,2350NS	
Error	1014,98	30	33,83			
	Total		2556,16	47		
<b>CV (%)</b>	18,8					
<b>PROMEDIO (cm)</b>	30,94					

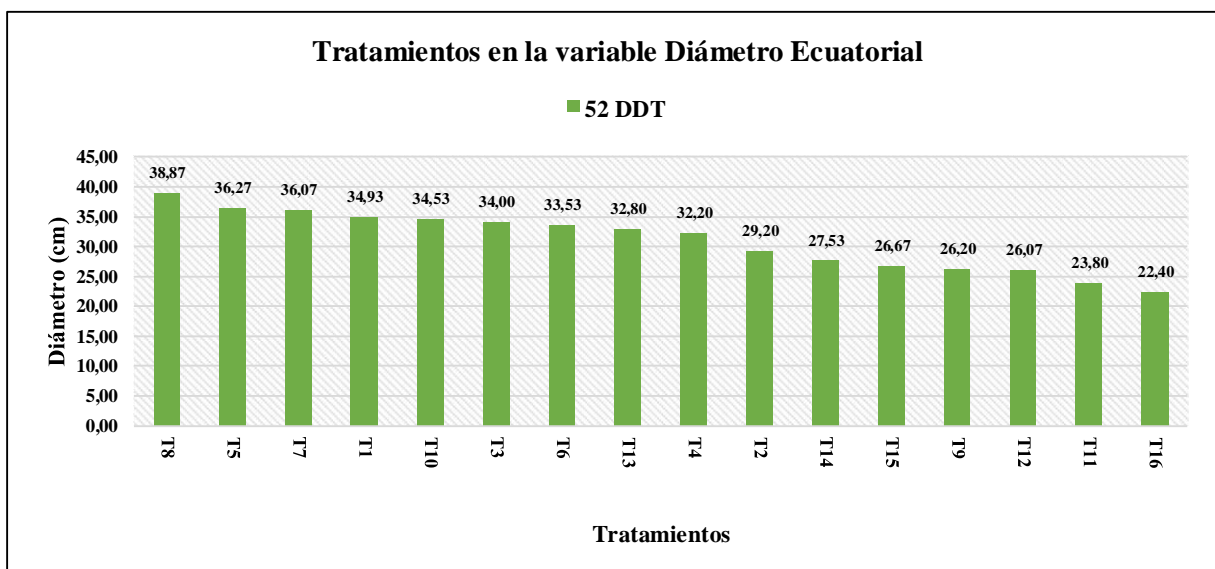
Se observa en la tabla 42 el análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial a los 52 DDT, se puede identificar que hubo significación estadística para tratamientos y cobertura; las otras fuentes de variación no tuvieron significación estadística. El coeficiente de variación fue 18,8 % y el promedio alcanzado fue de 30,94 cm.

### 11.8.1. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable de Diámetro ecuatorial a los 52 DDT

Tabla 43. Prueba de Tukey al 5% para Tratamientos en la variable Diámetro ecuatorial a los 52 DDT

<b>Tratamientos Promedios Rango</b>		
T8	38,87	A
T5	36,27	A B
T7	36,07	A B
T1	34,93	A B
T10	34,53	A B
T3	34,00	A B
T6	33,53	A B
T13	32,80	A B
T4	32,20	A B
T2	29,20	A B
T14	27,53	A B
T15	26,67	A B
T9	26,20	A B
T12	26,07	A B
T11	23,80	B
T16	22,40	B

Se observa en la tabla 43 la prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable diámetro ecuatorial a los 52 DDT donde se presenta tres rangos de significación. El tratamiento T8 (15 días + 6 ccl<sup>-1</sup> + Acolchado) con el mejor promedio de 38,87 cm se ubicó en el primer rango de significación, mientras que el tratamiento T16 (15 días + 6 ccl<sup>-1</sup> + Sin Acolchado) con el promedio de 22,40 cm se ubicó en el último rango de significación.



**Gráfico 16. Promedios para Tratamientos en la variable Diámetro ecuatorial a los 52 DDT**

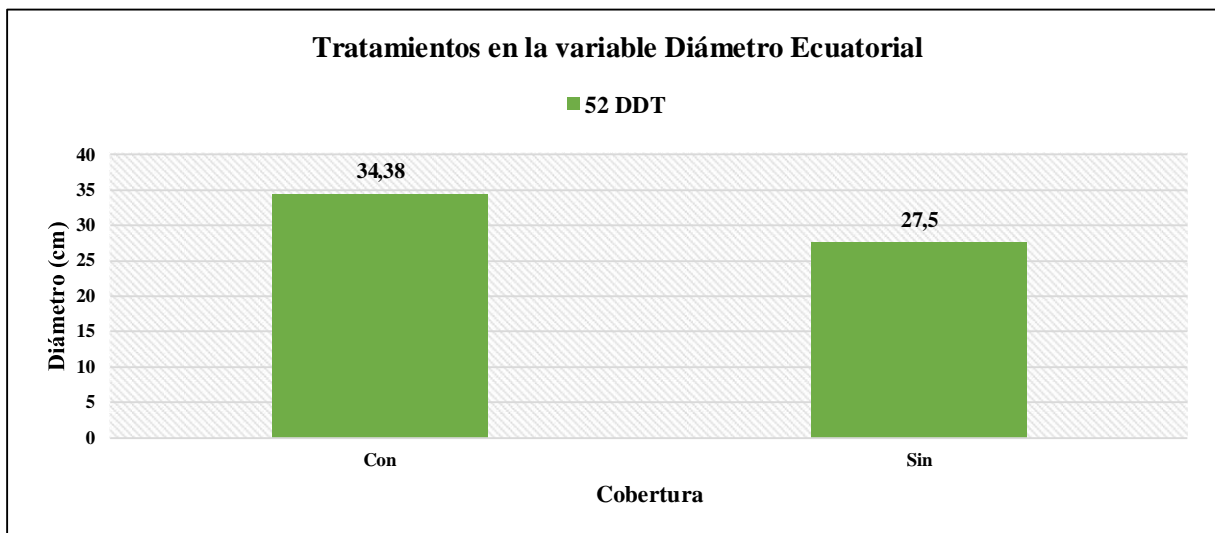
*Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

**11.8.2. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable de Diámetro ecuatorial a los 52 DDT**

**Tabla 44. Prueba de Tukey al 5% para Cobertura en la variable Diámetro ecuatorial a los 52 DDT**

<b>Cobertura Medias Rango</b>		
Con	34,38	A
Sin	27,5	B

La tabla 44 se informa los resultados obtenidos al realizar la prueba de Tukey al 5% para el factor Cobertura donde a los 52 DDT se presentó dos rangos de significación, el primer rango lo ocupó el acolchado plástico con un promedio de 34,38 cm de diámetro, mientras que el segundo rango fue para el cultivo sin acolchado plástico con un promedio de 27,5 cm



**Gráfico 17. Promedios para Cobertura en la variable Diámetro ecuatorial a los 52 DDT** *Elaborado por:* Bonilla, D. (2025)

## 12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 12.1. Conclusiones

- Se determinó que, la dosis de 6 cc/l y la frecuencia de aplicación cada 7 días (T4) del biofertilizante enriquecido con microorganismos obtuvo los mejores resultados en la fase de pilonera para la producción de plántulas de lechuga de repollo variedad Salinas, siendo

superior en las variables altura de planta con promedio de 5,22 cm; número de hojas con 5,31 hojas; longitud de raíz con 6,97 cm y volumen de raíz con 1,85 cm<sup>3</sup>.

- Se estableció que, al evaluar los tratamientos en campo, los resultados obtenidos arrojan que la frecuencia de aplicación cada 15 días con una dosis de 6 cc/l (T8) presentaron los mejores resultados en altura de planta con 9,64 cm y diámetro ecuatorial con promedio de 33,87 cm, mientras que en el control de malezas los tratamientos donde se aplicó el acolchado presentaron los promedios más bajos en la presencia de malezas con 0%. El segundo tratamiento con mejores resultados fue la frecuencia de aplicación cada 15 días con una dosis de 2 cc/l (T6) en altura de planta con 9,91 cm de promedio y 38,87 cm en diámetro ecuatorial.

## 12.2. Recomendaciones

- En el cultivo de lechuga de repollo se recomienda utilizar el biofertilizante enriquecido con microorganismos a una dosis de 6 cc/l y siendo aplicado cada 15 (T8) días porque ayuda al desarrollo y crecimiento del repollo de lechuga, también es importante que para futuras investigaciones se tome en cuenta el control de la humedad y la temperatura del suelo, así como un análisis microbiológico del suelo.

## 13. BIBLIOGRAFÍA

- Beltrán, M. E., & Bernal, A. A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. *Revista Mutis*, 12(1). <https://doi.org/10.21789/22561498.1771>
- Bernau, C., & Matsushita-Tseng, K. (2019). PRODUCCIÓN ORGÁNICA Y SUSTENTABLE DE PLÁNTULAS: una guía para agricultores principiantes de cultivos especializados. *Centro de Agroecología y Sistemas Alimentarios Sostenibles*, 13. <https://agroecology.ucsc.edu/about/publications/guías-de-agricultor/pdf-enespanol/plantulas.pdf>
- Blake, C., Christensen, M. N., & Kovacs, A. T. (2021). Molecular aspects of plant growth promotion and protection by bacillus subtilis. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 34(1), 15–25. <https://doi.org/10.1094/MPMI-08-20-0225-CR/ASSET/IMAGES/LARGE/MPMI-08-20-0225-CRF2-1608308485950.JPEG>
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T. W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J.

- W., & Brussaard, L. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105–125. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2018.01.030>
- Calero H., A., Quintero R., E., Pérez D., Y., Olivera V., D., Peña C., K., Castro L., I., & Jiménez H., J. (2019). Evaluación de microorganismos eficientes en la producción de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(1), 67–78. <https://doi.org/10.22267/rcia.193601.99>
- Canseco, D., Villegas, Y., Castañeda, E., Carrillo, J., Robles, C., & Santiago, G. (2020). Respuesta de *Coffea arabica* L. a la aplicación de abonos orgánicos y biofertilizantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1285–1298. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2612>
- Caroca, R., Zapata, N., & Vargas, M. (2016). Efecto de la temperatura sobre la germinación de cuatro genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.). *Revista Agro-Ciencia*, 2(32), 94–101. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0719-38902016000200002](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-38902016000200002)
- Carpena-Artes, O., Moreno, J. J., Lucena, J. J., & Carpena-Ruiz, R. O. (1995). Response to iron chlorosis of different hydroponically grown Citrus varieties. *Iron Nutrition in Soils and Plants*, 165(2), 147–151. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-0503-3\\_21](https://doi.org/10.1007/978-94-011-0503-3_21)
- Castellanos S., D. E., Rincón M., J. M., & Arguello A., H. (2015). Evaluación del efecto de un biofertilizante ligado a un soporte orgánico mineral en un cultivo de lechuga en la Sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 72. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3747>
- Cerna-Yamali, T., Salinas-Aranda, E., & Soriano-Bernilla, B. (2018). Sinergism between *Azotobacter chroococcum* and *Bradyrhizobium yuanmingense* in the growth of *Lactuca sativa* “lettuce.” *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 519–526. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.07>
- Chapman, S. (2018). *Biodegradable Plastics for Agriculture*. Europe Investing in Rural Areas. <https://businesswales.gov.wales/farmingconnect/news-and-events/technicalarticles/biodegradable-plastics-agriculture>
- Chávez-Díaz, I. F., Zelaya Molina, L. X., Cruz Cárdenas, C. I., Rojas Anaya, E., Ruíz Ramírez, S., & De los Santos Villalobos, S. (2020). Consideraciones sobre el uso de biofertilizantes como alternativa agro- biotecnológica sostenible para la seguridad alimentaria en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1423–1436. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2492>

- Choudhary, M., Kumari, A., & Choudhary, S. (2021). Effect of Mulching on Vegetable Production: A Review. *Agricultural Reviews*, 43(Of), 296–303. <https://doi.org/10.18805/ag.r-2231>
- Dervash, M. A., Bhat, R. A., Shafiq, S., & Singh, D. V. (2020). Fresh Water Pollution Dynamics and Remediation. *Fresh Water Pollution Dynamics and Remediation*, 183–196. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8277-2>
- Espinoza, M. (2021). *Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal con Potencial Biofertilizante en el Cultivo de Chile Habanero*. Colegio de Postgraduados.
- FAO. (2024). *FAOSTAT*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- García-Zertuche, M. F., Sandoval-Rangel, A., Robledo-Torres, V., Benavides-Mendoza, A., Robledo-Olivo, A., & Cabrera-de la Fuente, M. (2021). Rentabilidad y rendimiento agronómico de lechuga acuapónica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 26, 119–130. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i26.2942>
- González-León, Y., Ortega-Bernal, J., Anducho-Reyes, M. A., & Mercado-Flores, Y. (2022). *Bacillus subtilis* y *Trichoderma*: Características generales y su aplicación en la agricultura. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 25, 1–14. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.520>
- González, I., Rodríguez, M., Delgado, B., & Schmidt, H. (2021). Biochar and its contribution to plant nutrition , growth and defense. *Revista de Protección Vegetal*, 35(January), 1–17. <http://200.14.50.70/index.php/RPV/article/view/1090/1616%0Ahttp://200.14.50.70/index.php/RPV/article/view/1090/1626%0Ahttp://200.14.50.70/index.php/RPV/article/view/1090/1636%0Ahttp://200.14.50.70/index.php/RPV/article/view/1090>
- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO: Revista Científica de La Investigación y El Conocimiento*, 4(3), 163–173. [https://doi.org/0.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/0.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Guo, F., Chen, Q., Liang, Q., Zhang, M., Chen, W., Chen, H., Yun, Y., Zhong, Q., & Chen, W. (2021). Antimicrobial Activity and Proposed Action Mechanism of Linalool Against *Pseudomonas fluorescens*. *Frontiers in Microbiology*, 12, 562094. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2021.562094/BIBTEX>
- Hamid, G., Ahmad, R., Aneesul, M., & Rehman, K. (2021). *Microbiota and Biofertilizers* (G. Dar, R. Bhat, M. Mehmood, & K. Hakeem (eds.); Vol. 2). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4_5)

- Hernández-Terrón, J. J., Gutiérrez Rodríguez, F., Serrato Cuevas, R., González Huerta, A., & Rodríguez, E. G. (2021). Manejo nutricional integrado: herramienta clave para la agricultura sostenible. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 885–897. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2290>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta Edic). McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A.
- Jaramillo, J., Aguilar, P., Espitia, E., Tamayo, P., Argüello, O., & Arroyave, M. (2014). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño*. Corpoica. [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/Ver\\_documento\\_13758.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13758/Ver_documento_13758.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Kader, M. A., Senge, M., Mojid, M. A., & Ito, K. (2017). Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil and Tillage Research*, 168, 155–166. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>
- Kahli, H., Béven, L., Grauby-Heywang, C., Debez, N., Gammoudi, I., Moroté, F., Sbartai, H., & Cohen-Bouhacina, T. (2022). Impact of Growth Conditions on *Pseudomonas fluorescens* Morphology Characterized by Atomic Force Microscopy. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(17), 9579. <https://doi.org/10.3390/IJMS23179579/S1>
- Karmegham, N., Vellasamy, S., Natesan, B., Sharma, M. P., Al Farraj, D. A., & Elshikh, M. S. (2020). Characterization of antifungal metabolite phenazine from rice rhizosphere fluorescent pseudomonads (FPs) and their effect on sheath blight of rice. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3313–3326. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2020.10.007>
- Kim, M. J., Moon, Y., Tou, J. C., Mou, B., & Waterland, N. L. (2016). Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 19–34. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2016.03.004>
- Kour, D., Rana, K. L., Yadav, A. N., Yadav, N., Kumar, M., Kumar, V., Vyas, P., Dhaliwal, H. S., & Saxena, A. K. (2020). Microbial biofertilizers: Bioresources and eco-friendly technologies for agricultural and environmental sustainability. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101487. <https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2019.101487>
- Lardizabal, R. (2014). *Manual de producción de lechuga* (U.- FHIA (ed.); Primera Ed, Vol. 1).
- López, M., & Frezza, D. (2022). *Lechuga* (1ra. Edici). Ediciones INTA. [https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Kirschbaum/publication/364305743\\_Lechuga\\_Fichas\\_tecnicas\\_regionales\\_Tucuman/links/6344b0702752e45ef6a9a038/Lechuga-Fichas-tecnicas-regionales-Tucuman.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Kirschbaum/publication/364305743_Lechuga_Fichas_tecnicas_regionales_Tucuman/links/6344b0702752e45ef6a9a038/Lechuga-Fichas-tecnicas-regionales-Tucuman.pdf)

- Luna-Fletes, J. A., Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, Á., Chan-Cupul, W., Luna-Esquivel, G., García-Paredes, J. D., Aguilar-Benítez, G., Palemón-Alberto, F., Mancilla-Villa, O. R., Luna-Fletes, J. A., Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, Á., Chan-Cupul, W., Luna-Esquivel, G., García-Paredes, J. D., Aguilar-Benítez, G., Palemón-Alberto, F., & Mancilla-Villa, O. R. (2023). Biofertilizantes y sustratos orgánico-minerales en el cultivo de chile habanero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *46*(2), 137–146. <https://doi.org/10.35196/RFM.2023.2.137>
- Mehmood, N., Saeed, M., Zafarullah, S., Hyder, S., Rizvi, Z. F., Gondal, A. S., Jamil, N., Iqbal, R., Ali, B., Ercisli, S., & Kupe, M. (2023). Multifaceted Impacts of Plant-Beneficial *Pseudomonas* spp. in Managing Various Plant Diseases and Crop Yield Improvement. *ACS Omega*, *8*(25), 22296–22315. <https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.3C00870>/ASSET/IMAGES/LARGE/AO3C00870\_0003.JPG
- Mohammed, A. F., Oloyede, A. R., & Odeseye, A. O. (2020). Biological control of bacterial wilt of tomato caused by *Ralstonia solanacearum* using *Pseudomonas* species isolated from the rhizosphere of tomato plants. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, *53*(1–2), 1–16. <https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1715756>
- Mohite, B. (2013). Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effect on plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *13*(3), 638–649. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162013005000051>
- Morel López, E., Pistilli, R. E., Barrios Valiente, E., Caballero Casuriaga, O., Servin, A., Dasilva, M. O., Lugo, W., & Huerta, Á. (2021). Eficacia de biofertilizantes en la producción de variedades de fréjol. *Idesia (Arica)*, *39*(3), 13–19. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292021000300013>
- Moreno-Salazar, R., Sánchez-García, I., Chan-Cupul, W., Ruiz-Sánchez, E., HernándezOrtega, H. A., Pineda-Lucatero, J., & Figueroa-Chávez, D. (2020). Plant growth, foliar nutritional content and fruit yield of *Capsicum chinense* biofertilized with *Purpureocillium lilacinum* under greenhouse conditions. *Scientia Horticulturae*, *261*, 108950. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2019.108950>
- Noumedem, J. A. K., Djeussi, D. E., Hritcu, L., Mihasan, M., & Kuete, V. (2017). *Lactuca sativa*. In V. Kuete (Ed.), *Medicinal Spices and Vegetables from Africa* (pp. 437–449). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809286-6/00020-0>
- Pérez-Peralta, P. J., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A., Delgadillo-Martínez, J., HernándezMelchor, D. J., & Cortés-Pérez, S. (2024). Potential of bacteria associated with

- meliponini bees on the growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 40(2), 283–300. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS40-24LSPC60024>
- Pincay, A., Zambrano, J., Sangoquiza, Ca., Subía, J., & Park, C. (2023). *Guía para la aplicación de un biofertilizante en el cultivo de maíz de la Sierra ecuatoriana*.
- Quintana, L., & Hermida, J. (2019). El método hermenéutico y la investigación en Ciencias Sociales. *Aportes Al Derecho*, 3(3), 1–16. <http://revistajuridica.uflo.edu.ar/index.php/RevistaJuridica/article/view/20>
- Rentería Soria, P., Simental Rentería, F., & Portillo Báez, A. C. (2018). Evaluación de dosis de biofertilizante y sanialgas en la producción de maíz (*Zea mays* L.) forrajero en la Comarca Lagunera. *Ingeniería y Región*, 20, 25–31. <https://doi.org/10.25054/22161325.1932>
- Rodríguez, A., & Pérez, A. (2017). Vista de Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista EAN*, 82, 175–195. <https://doi.org/https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Rodríguez, A., Pérez, J., & Alipio, O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 82, 1–26. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=20652069006>
- Saavedra, G., Corradini, F., Antúnez, A., Felmer, S., Estay, P., & Sepúlveda, P. (2017). Manual de producción de Lechuga. In *Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias Boletín*. file:///E:/DOC PARA TESIS/INIA\_Libro\_0051.pdf
- Sakata. (2024). *Sakata Seed Sudamerica - Hortalizas*. <https://www.sakata.com.br/es/hortalizas/hojas/lechuga/crespa-morada/Carmim>
- Sánchez, M. (2023). *Evaluación de Diferentes Tipos de Abonos y Acolchado Plástico en el Crecimiento de Plantas de Chile Chiltepín (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*)*.
- SIPA. (2024). Cifras Agroproductivas. In *Sistema de Información Pública Agropecuaria*. <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Vlahova, V. (2020). Specifics of the Application of Biofertilisers in the Agro-Ecosystem. *New Knowledge Journal of Science*, 4598(9–3), 89–103.
- Yáñez, C., Clavijo, F., & Cool, A. (2015). *Biofertilizante Biofertilizante - Maíz* (pp. 1–6). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>

- Yang, F., Wang, X., Jiang, H., Yao, Q., Liang, S., Chen, W., Shi, G., Tian, B., Hegazy, A., & Ding, S. (2024). Mechanism of a novel *Bacillus subtilis* JNF2 in suppressing *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerium* and enhancing cucumber growth. *Frontiers in Microbiology*, *15*, 1459906. <https://doi.org/10.3389/FMICB.2024.1459906/BIBTEX>
- Zea, P., Pierre, L., Lucero, G., Larriva, W., & Chica, E. J. (2020). Desarrollo y rendimiento de calabacín y lechuga cultivados sobre acolchados vivos en Cuenca, Ecuador. *Siembra*, *7*(1), 043–049. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1811>
- Zribi, W., Faci, J. M., & Aragües, R. (2021). Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. *ITEA Informacion Tecnica Economica Agraria*, *107*(2), 148–162.