



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL BIOFERTILIZANTE
FERTIBACTER CON DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN EN EL
CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* l), VARIEDAD BOTIOLA
SIEMBRA Y TRASPLANTE CAMPUS SALACHE UTC 2024.”**

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

Autor:
Lutuala Tigasi Wilmer Efrain

Tutor:
Jiménez Jácome Cristian Santiago

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Lutuala Tigasi Wilmer Efrain, con cédula de ciudadanía No. 0504228594, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACION DEL EFECTO DEL BIOFERTILIZANTE FERTIBACTER CON DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L), VARIEDAD BOTIOLA SIEMBRA Y TRASPLANTE CAMPUS SALACHE UTC 2024.”**, siendo el Ingeniero Mg. Cristian Santiago Jiménez Jácome, 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, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 13 de agosto del 2024



Wilmer Efrain Lutuala Tigasi
C.C: 0504228594
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 **LUTUALA TIGASI WILMER EFRAIN**, identificado con cédula de ciudadanía **0504228594** de estado civil casado, 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 Agronomía titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL BIOFERTILIZANTE FERTIBACTER CON DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE LECHUGA (Lactuca sativa l), VARIEDAD BOTIOLA SIEMBRA Y TRASPLANTE CAMPUS SALACHE UTC 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: Octubre 2020 – Marzo 2021)

Finalización de la carrera: Abril – Agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg.

Tema: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL BIOFERTILIZANTE FERTIBACTER CON DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE LECHUGA (Lactuca sativa l), VARIEDAD BOTIOLA SIEMBRA Y TRASPLANTE CAMPUS SALACHE UTC 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 13 días del mes de agosto del 2024.



Wilmer Efrain Lutuala Tigasi
EL CEDENTE

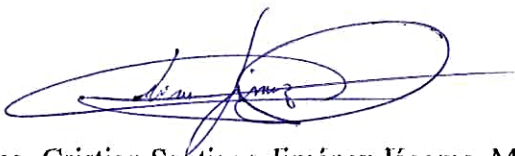
Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL BIOFERTILIZANTE FERTIBACTER CON DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L), VARIEDAD BOTIOLA SIEMBRA Y TRASPLANTE CAMPUS SALACHE UTC 2024”, de Lutuala Tigasi Wilmer 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, 13 de agosto del 2024



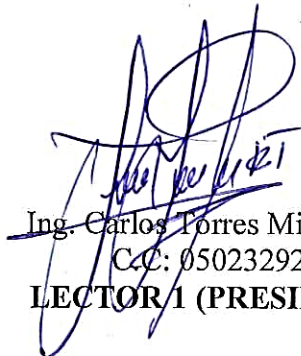
Ing. Cristian Santiago Jiménez Jácome, Mg.
C.C: 0501946263
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

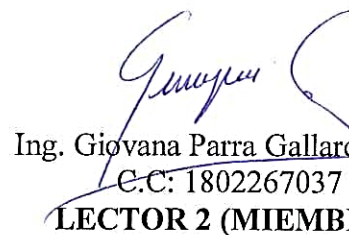
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Lutuala Tigasi Wilmer Efrain, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL BIOFERTILIZANTE FERTIBACTER CON DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L), VARIEDAD BOTIOLA SIEMBRA Y TRASPLANTE CAMPUS SALACHE UTC 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, 13 de agosto del 2024



Ing. Carlos Torres Miño, Ph.D.
C.C: 0502329238
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Giovana Parra Gallardo, Mg.
C.C: 1802267037
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Guido Yauli Chicaiza, Mg.
CC: 0501604409
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi agradecimiento a los profesores de la Universidad de Cotopaxi que me brindaron sus conocimientos en mi formación académica.

A mi tutor Ing. Mg. Santiago Jiménez gracias por creer en mí y brindarme su apoyo moral y profesional cuando más lo necesitaba. Las largas horas dedicadas a investigar, editar y dirigir esta investigación nunca serán olvidadas.

Mis más sinceros agradecimientos al tribunal revisor: Ing. Ph.D Carlos Torres Miño, Ing. Mg. Geovana Parra Gallardo y al Ing. Mg. Guido Yauli Chicaiza por el tiempo empleado para la revisión, orientación, sugerencias, recomendaciones y paciencia el cual ha sido fundamental para la mejora del documento.

Wilmer Efrain Lutuala Tigasi

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres, Silvia y Francisco, quienes, con su amor incondicional y constante apoyo, han estado a mi lado en cada etapa y desafío de mi carrera universitaria. Sus consejos y sabiduría han sido fundamentales para guiar mi camino. A mis hermanos, Jhon y Jessica, les agradezco sus palabras de aliento y su apoyo lleno de afecto y solidaridad, que han sido pilares esenciales en mi formación profesional. También quiero expresar mi gratitud a mi esposa Johana, por ser mi amiga y compañera, siempre con su bondad y cariño. Esta dedicación es un reconocimiento a su esfuerzo continuo y su apoyo incondicional, que ha sido crucial para la persona en la que me he convertido. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de alguna manera, han contribuido a mi desarrollo profesional, con gran aprecio y respeto.

Wilmer Efrain Lutuala Tigasi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL BIOFERTILIZANTE FERTIBACTER CON DIFERENTES DOSIS DE APLICACIÓN EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L), VARIEDAD BOTIOLA SIEMBRA Y TRASPLANTE CAMPUS SALACHE UTC 2024”.

Autor:
Lutuala Tigasi Wilmer Efrain

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi- Campus CEASA con el objetivo de evaluar la efectividad del biofertilizante fertibacter a base (*Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*) a cuatro dosis y dos frecuencias en la producción de plántulas de lechuga y su respuesta en campo, esto, permitió analizar y comparar las variables evaluadas; se prepararon como tratamientos 8 soluciones de fertibacter, solución al 0% 0ml en 1 litro de agua, 2% con 2 ml en 1 litro de agua, 4% con 4ml en 1 litro de agua una solución al 6% con 6ml en 1 litro de agua, con dos frecuencia de aplicación la primera cada 7 días y la segunda cada 15 días con la finalidad de comparar los rendimientos en porcentaje de germinación, altura cotiledón, altura de la planta, número de hojas, longitud de la raíz, volumen de la raíz y grado de clorosis en la producción de plantula y en campo altura de la planta, porcentaje de formación de la cabeza, grado de madurez, peso y diámetro ecuatorial. Se aplicó un diseño experimental de bloques divididos (DBD). Para cada uno de los tratamientos se utilizó un volumen de agua de 250 ml de agua; la variable 1, porcentaje de germinación (PG), la variable 2 altura cotiledón (AC), la variable 3 altura de la planta (AP), la variable 4 número de hojas (NH), la variable 5 longitud de la raíz (LR), la variable 6 volumen de la raíz (VR), la variable 7 grado de clorosis (GC), la variable 8 altura de planta (AP), la variable 9 porcentaje de formación de la cabeza (DC), la variable 11 grado de madurez (GM), la variable 12 peso del repollo (PR) y la variable 13 diámetro ecuatorial (DE), se realizaron pruebas de significación para el factor A frecuencias, factor B dosis e interacción de los dos factores donde hubo diferencia significativa se realizó la prueba de Tukey; En el análisis de las variables, se determinó que la frecuencia de aplicación óptima es cada 7 días tanto para la producción de plántulas como para el rendimiento en campo. En cuanto a las dosis, la dosis 4 (6 ml en 1 litro de agua) demostró un mejor rendimiento en la producción de plántulas con una media de germinación del 97,71%, una altura de planta de 7,18 cm, un número de hojas de 6,68, una longitud de la raíz de 8,09 cm, un volumen de la raíz de 5,09 cm³ y un grado de clorosis del 67,22%. En el campo, esta misma dosis también resultó ser la más efectiva, con una formación de cabezas del 53,88%, un grado de madurez de 2,43, un peso de la lechuga de 519,88 gramos y un diámetro ecuatorial de 15,95 cm. Además, la dosis 3 (4 ml en 1 litro de agua) también mostró un buen rendimiento. Entre los tratamientos evaluados, los más destacados en las distintas variables fueron T4, T8, T3 y T2.

Palabras clave: *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, producción de plantula, cultivo de lechuga, fertibacter.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “EVALUATION OF THE EFFECT OF FERTIBACTER BIOFERTILIZER AT DIFFERENT APPLICATION DOSE LETTUCE (*Lactuca sativa* L), BOTIOLA VARIETY SOWING AND TRANSPLANTING CAMPUS SALACHE UTC 2024”

Author:
Lutuala Tigasi Wilmer Efrain

ABSTRACT

This research was carried out at the Technical University of Cotopaxi- CEASA Campus with the objective of evaluating the effectiveness of the fertibacter biofertilizer based (*Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens*) at four doses and two frequencies in the production of lettuce seedlings and its response in the field, this allowed the analysis and comparison of the variables evaluated; Eight fertibacter solutions were prepared as treatments, 0% solution 0ml in 1 liter of water, 2% with 2 ml in 1 liter of water, 4% with 4ml in 1 liter of water and 6% solution with 6ml in 1 liter of water, with two application frequencies, the first every 7 days and the second every 15 days in order to compare the yields in germination percentage, cotyledon height, plant height, number of leaves, root length, root volume and degree of chlorosis in the production of seedlings and in the field, plant height, percentage of head formation, degree of maturity, weight and equatorial diameter. A split block experimental design (DBD) was applied. A water volume of 250 ml of water was used for each of the treatments; variable 1, germination percentage (PG), variable 2 cotyledon height (AC), variable 3 plant height (AP), variable 4 number of leaves (NH), variable 5 root length (LR), variable 6 root volume (VR), variable 7 degree of chlorosis (GC), variable 8 plant height (AP), variable 9 head formation percentage (DC), variable 11 degree of maturity (GM), variable 11 cabbage weight (W), variable 12 cabbage weight (W), variable 12 cabbage weight (W), variable 13 head formation percentage (DC), variable 14 head weight (W), variable 14 head weight (W), variable 15 head weight (W), variable 9 head formation percentage (DC), variable 11 degree of maturity (GM), variable 12 cabbage weight (PR) and variable 13 equatorial diameter (ED), significance tests were performed for factor A frequencies, factor B dose and interaction of the two factors where there was a significant difference, the Tukey test was performed; In the analysis of the variables, it was determined that the optimum application frequency is every 7 days for both seedling production and field yield. In terms of doses, dose 4 (6 ml in 1 liter of water) showed better performance in seedling production with an average germination rate of 97.71%, a plant height of 7.18 cm, a number of leaves of 6.68, a root length of 8.09 cm, a root volume of 5.09 cm³ and a degree of chlorosis of 67.22%. In the field, this same dose also proved to be the most effective, with a head formation of 53.88%, a maturity grade of 2.43, a lettuce weight of 519.88 grams and an equatorial diameter of 15.95 cm. In addition, dose 3 (4 ml in 1 liter of water) also showed good performance. Among the treatments evaluated, the most outstanding in the different variables were T4, T8, T3 and T2.

Key words: *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, seedling production, lettuce crop, fertibacter.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR 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.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURA	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	1
2 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
2.1 beneficiarios directos.....	3
2.2 beneficiarios indirectos.....	3
3 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	3
4 OBJETIVOS:.....	4
4.1 General.....	4
4.2 Específicos.....	5
5 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
6 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
6.1 Este Generalidades de hortalizas	7

6.2	Generalidades del cultivo de lechuga	8
6.2.1	Origen de cultivo de lechuga	8
6.2.2	Descripción de la lechuga	8
6.2.3	Clasificación taxonómica	8
6.2.4	Descripción botánica	9
6.2.5	Requerimientos del cultivo	9
6.3	Manejo agronómico	10
6.3.1	Pilonera	10
6.3.2	Definición de plántula o pilón	10
6.3.3	Sustrato	10
6.3.4	Bandeja	11
6.3.5	Desinfección	11
6.3.6	Siembra	11
6.3.7	Cámara de germinación	11
6.3.8	Bancas o camas de geminación	12
6.3.9	Riego	12
6.3.10	Fertilización	13
6.3.11	Fertibacter	13
6.3.12	Función del biofertilizante fertibacter	13
6.4	Bacillus Subtilis	14
6.5	Pseudomonas Fluorescens	14
6.6	Aplicación del biofertilizante fertibacter	14
6.7	Preparación de terreno	15
6.8	Trasplante	15
6.9	Rascadillo	16
6.10	Plagas y enfermedades	16
6.10.1	Plaga	16

6.10.2	Enfermedades	18
7	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	19
7.1	Hipótesis afirmativa.....	19
7.2	Hipótesis nula	19
8	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	19
8.1	Ubicación del área del estudio.....	19
8.1.1	Coordenadas del lugar del estudio.....	20
8.2	Tipo de investigación.....	20
8.2.1	Experimental.....	20
8.2.2	Cuali-cuantitativa.....	21
8.3	Modalidad básica de la investigación.....	21
8.3.1	Campo.....	21
8.3.2	Bibliografía y documental	21
8.4	Técnicas e instrumentos para recolección de datos	21
8.4.1	Observación en campo.....	21
8.4.2	Registro de datos	21
8.4.3	Análisis de datos.....	22
8.4.4	Método de evaluación.....	22
8.5	Especificaciones del campo experimental.....	22
8.5.1	Diseño experimental	22
8.5.2	Factores en estudio	22
8.5.3	Tratamientos	23
8.5.4	Distribución de la parcela experimental y neta	23
8.5.5	Diseño de ensayo en campo.....	24
8.6	Operacionalización de variables	25
8.7	Pilonera.....	26
8.7.1	Porcentaje de germinación.....	26

8.7.2	Altura de la planta cotiledón.....	27
8.7.3	Altura de toda la planta.....	27
8.7.4	Numero de hojas.....	27
8.7.5	Longitud de la raíz.....	27
8.7.6	Volumen de la raíz.....	28
8.7.7	Escala de clorosis.....	28
8.8	Campo.....	29
8.8.1	Altura de la planta.....	29
8.8.2	Porcentaje de formación de la cabeza.....	29
8.8.3	Grado de madurez.....	29
8.8.4	Peso de la lechuga.....	31
8.8.5	Diámetro ecuatorial	31
9	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	31
9.1	Indicadores agronómicos y morfológicas.....	31
9.1.1	Porcentaje de germinación.....	31
9.1.2	Altura cotiledón	33
9.1.3	Altura de la planta.....	38
9.1.4	Numero hojas.....	44
9.1.5	Longitud de la raíz.....	49
9.1.6	Volumen de la raíz.....	52
9.1.7	Clorosis.....	56
9.1.8	Altura de la planta en campo	57
9.1.9	Porcentaje de formación de la cabeza.....	60
9.1.10	Grado de madurez.....	63
9.1.11	Peso de la lechuga.....	67
9.1.12	Diámetro ecuatorial	71
10	IMPACTOS.....	75

10.1	Impacto técnico.....	75
10.1.1	Impacto social.....	75
10.1.2	Impacto ambiental	75
11	PRESUPUESTO.....	75
12	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
13	BIBLIOGRAFÍA	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Objetivos, actividades, resultados de la actividad (técnicas e instrumentos).....	5
Tabla 2 Clasificación taxonómica del cultivo de lechuga:	8
Tabla 3 Coordenadas del lugar del estudio.....	20
Tabla 4 Esquema de ADEVA.....	22
Tabla 5 Tratamientos y códigos.....	23
Tabla 6 Variables dependientes e independientes	25
Tabla 7 Escala de clorosis.....	28
Tabla 8 escala de grado de madurez	30
Tabla 9 ANOVA para la variable porcentaje de germinación (PG) a los 3 y 7 días	31
Tabla 10 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable porcentaje de germinación (PG) a los 3 y 7 días.....	32
Tabla 11 ANOVA para la variable altura cotiledón (AC) a los 7 y 14 días	33
Tabla 12 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable altura cotiledón (AC) a los 7 y 14 días	34
Tabla 13 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable altura cotiledón (AC) a los 7 y 14 días.....	35
Tabla 14 Prueba Tukey para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable altura cotiledón a los 7 y 14 días	36
Tabla 15 ANOVA para la variable altura de la planta (AP) 14, 21 Y 28 días	38
Tabla 16 ANOVA para la variable altura de la planta (AP) 35, 42 y 49 días	38
Tabla 17 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable altura de la planta (AP) a los 14, 21 y 28 días.....	39
Tabla 18 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable altura de la planta (AP) a los 35, 42 y 49 días.....	39
Tabla 19 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 14, 21 y 28 días.	40
Tabla 20 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 35, 42 y 49 días.	40
Tabla 21 Prueba Tukey al 5% para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 14 y 28 días	42
Tabla 22 Prueba Tukey al 5% para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 35, 42 y 49 días	42

Tabla 23 ANOVA para la variable número de hojas (NH) a los 21, 28 y 35 días	44
Tabla 24 ANOVA para la variable número de hojas (NH) a los 42 y 49 días	44
Tabla 25 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable número de hojas (NH) a los 21, 28 y 35 días.....	45
Tabla 26 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable número (NH) de hojas a los 42 y 49 días.....	45
Tabla 27 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable número de hojas (NH) a los 21, 28 y 35 días.	46
Tabla 28 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable número de hojas (NH) a los 42 y 49 días.....	46
Tabla 29 Prueba Tukey para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable número de hojas (NH) a los 21, 28, 35 y 42 días.....	47
Tabla 30 ANOVA para la variable Longitud de la raíz (LR) a los 50 días	49
Tabla 31 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable longitud de la raíz (LG) a los 50 días	49
Tabla 32 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable longitud de la raíz (LG) a los 50 días	50
Tabla 33 Prueba Tukey para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable longitud de la raíz (LG) 50 días.....	51
Tabla 34 ANOVA para la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días	52
Tabla 35 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días	53
Tabla 36 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días	54
Tabla 37 Prueba Tukey para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días	54
Tabla 38 ANOVA para la variable grado de clorosis (GC) a los 50 días.....	56
Tabla 39 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable grado de clorosis (GC) a los 50 días	56
Tabla 40 ANOVA para la variable altura de la planta a los 15, 30 y 45 días.....	57
Tabla 41 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable altura de la planta a los 15, 30 y 45 días	58

Tabla 42 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 15, 30 y 45 días.....	59
Tabla 43 ANOVA para la variable porcentaje de formación de la cabeza a los 45 días.....	60
Tabla 44 Prueba Tukey al 5% para el Factor A (Frecuencias) en la variable porcentaje de formación a la cabeza a los 45 días	61
Tabla 45 Prueba Tukey al 5 % para el Factor B (Dosis) en la variable porcentaje de formación a la cabeza a los 45 días.....	61
Tabla 46 Prueba Tukey al 5 % para la interacción A (Frecuencias) * (Dosis) en la variable porcentaje de formación a la cabeza a los 45 días.....	62
Tabla 47 ANOVA en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días.....	63
Tabla 48 Prueba Tukey al 5% para el Factor A (Frecuencia) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días	64
Tabla 49 Prueba Tukey al 5% para el Factor B (Dosis) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días	65
Tabla 50 Prueba Tukey al 5% para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días	66
Tabla 51 ANOVA para la variable Peso de repollo (PR) a los 66 días	67
Tabla 52 Prueba Tukey al 5% para A (Frecuencia) en la variable peso de la lechuga (66) a los 66 días.....	67
Tabla 53 Prueba Tukey al 5% para Factor B(Dosis) en la variable peso del repollo (PR) a los 66 días.....	68
Tabla 54 Prueba Tukey al 5% para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable peso del repollo (PR) a los 66 días.....	70
Tabla 55 ANOVA para la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días.	71
Tabla 56 Prueba Tukey al 5% para el Factor A (Frecuencias) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días	72
Tabla 57 Prueba Tukey al 5% para el Factor B (Dosis) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días	72
Tabla 58 Prueba Tukey al 5% para A (Frecuencia) * B (Dosis) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días.....	73
Tabla 59 Presupuesto del proyecto.....	75

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Ubicación del ensayo	20
Figura 2 Diseño de ensayo en pilonera.....	23
Figura 3 diseño de ensayo en campo.....	24
Figura 4 Diseño por tratamiento en el campo	24
Figura 5 grado de madurez de la lechuga.....	30
Figura 6 Medias para Factor B (Dosis) en la variable porcentaje de germinación (PG) a los 3 Y 7 días.....	32
Figura 7 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable altura cotiledón (AC) a los 7 y 14 días.....	34
Figura 8 Medias para Factor B (Dosis) en la variable altura cotiledón (AC) a los 7 días.....	35
Figura 9 Medias para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable altura cotiledón a los 7 y 14 días.....	37
Figura 10 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable altura de la planta (AP) a los 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días.....	39
Figura 11 Medias para Factor B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días.....	41
Figura 12 Medias para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días.....	43
Figura 13 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable número de hojas (NH) a los 21, 28, 35, 42 y 49 días.....	45
Figura 14 Medias para Factor B (Dosis) en la variable número de hojas (NH) a los 21, 28, 35, 42 y 49 días.....	47
Figura 15 Medias para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable número de hojas a los 21, 28, 35, 42 y 49 días.....	48
Figura 16 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable longitud de la raíz (LG) a los 50 días.....	49
Figura 17 Medias para Prueba Factor B (Dosis) en la variable longitud de la raíz (LG) a los 50 días.....	50
Figura 18 Medias para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable longitud de la raíz a los 50 días.....	51
Figura 19 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable longitud de la raíz (LG) a los 50 días.....	53

Figura 20 Media para Factor B (Dosis) en la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días.	54
Figura 21 Medias para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días.....	55
Figura 22 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable grado de clorosis (GC) a los 3 días	56
Figura 23 Media para Factor A (Frecuencias) en la variable altura de la planta a los 15, 30 y 45 días.....	58
Figura 24 Media para Factor B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 15, 30 y 45 días.....	59
Figura 25 Medias para el Factor A (Frecuencias) en la variable porcentaje de formación a la cabeza a los 45 días	61
Figura 26 Media para Factor B (Dosis) en la variable porcentaje de la formación de la cabeza	62
Figura 27 Media para la interacción A (Frecuencias) * (Dosis) en la variable porcentaje de formación a la cabeza a los 45 días.	63
Figura 28 Media para el Factor A (Frecuencia) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días.....	64
Figura 29 Media para el Factor B (dosis) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días	65
Figura 30 Media para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días.....	66
Figura 31 Media para A (Frecuencia) en la variable peso del lechuga (PR) a los 66 días.....	68
Figura 32 Media para el Factor B (Dosis) en la variable peso del repollo (PR) a los 66 días	68
Figura 33 Media para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable peso del repollo (PR) a los 66 días.....	70
Figura 34 Media para el Factor A (Frecuencia) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días.....	72
Figura 35 Media para el Factor B (Dosis) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días	72
Figura 36 Media para A (Frecuencia) * B (Dosis) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días.....	74

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Evaluación del efecto del biofertilizante fertibacter con diferentes dosis de aplicación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L), variedad botiola siembra y trasplante Campus Salache UTC 2024”.

Fecha de inicio:

Febrero 2024

Fecha de finalización:

Agosto 2024

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agronómica.

Equipo de Trabajo:

Responsable del Proyecto: Wilmer Efrain Lutuala Tigasi

Tutor: Ing. Mg. Cristian Santiago Jiménez Jácome

Lector 1: Ing. Torres Miño Carlos Javier, Ph.D.

Lector 2: Ing. Parra Gallardo Giovana Paulina Mg.

Lector 3: Ing. Yauli Chicaiza Guido Euclides Mg.

Coordinador del Proyecto:

Nombre: Wilmer Efrain Lutuala Tigasi

Teléfonos: 0967866150

Correo electrónico: wilmer.lutuala8594@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

Agricultura, Silvicultura y Pesca - Producción Agropecuaria

Línea de investigación:

Procesos tecnológicos bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria

Sub líneas de investigación:

Tecnología para la agricultura

Línea de vinculación de la carrera:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad biotecnología y gestión para el desarrollo humano y social.

1 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) es de gran importancia a nivel mundial y local, y para muchos ecuatorianos la lechuga es un alimento básico y una parte importante de su dieta diaria (Giménez et al., 2020). Siendo así Ecuador un productor significativo en la región. En el país, se cultivan aproximadamente 1,145 hectáreas de lechuga, con una productividad media de 7,928 kg por hectárea (Chavez & Betsy, 2017). Sin embargo, el uso indiscriminado de fertilizantes químicos ha generado preocupaciones sobre la sostenibilidad agrícola y la salud ambiental. Se estima que alrededor del 60% de los agricultores ecuatorianos utilizan fertilizantes químicos sin considerar sus efectos a largo plazo (INEC, 2022). Este uso excesivo ha llevado a la degradación del suelo, la contaminación de aguas y la acumulación de nitratos en los cultivos, lo que representa un riesgo para la salud humana (Velasco et al., 2016).

El uso de biofertilizantes en la agricultura presenta como una alternativa dado que tiene dos ventajas principales una ecológica y otra económica son más baratos de producir que los fertilizantes químicos y eso permite que su precio sea más bajo que el de los fertilizantes químicos y por tanto se reducen los costos de producción, además, no solo puede aumentar la productividad agrícola, sino que también puede contribuir a la producción de alimentos más seguros y saludables. Al reducir el uso de fertilizantes químicos, esto origina que se reduzca la cantidad de nitrógeno que se pierde y por lo tanto la contaminación (Esperanza et al., 2013). Los biofertilizantes son microorganismos biológicos o vivos que se encuentran en las plantas y que promueven el crecimiento al aumentar el suministro o la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas. También ayuda a mejorar la salud del suelo a pesar de las condiciones ambientales estresantes (Moreno et al., 2018)

Según Ponce et al., (2019) La correcta aplicación de nutrientes es fundamental para conseguir un rendimiento óptimo y asegurar la calidad del producto final. En esta necesidad, han surgido los biofertilizantes como una opción relevante para mitigar la escasez y el uso excesivo de fertilizantes químicos.

Por esta razón este estudio se enfocó en la aplicación de un biofertilizante llamado fertibacter, cuyo componente activo incluye *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*, bacterias que se encuentran en la rizosfera y que tienen la capacidad de estimular el crecimiento vegetal en cultivos agrónomicamente relevantes. En el caso específico de este estudio, se investigó su efectividad en el cultivo de hortaliza como la lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad botiola, basándose en estudios previas sobre este cultivo, el propósito es brindar información confiable sobre el comportamiento de cultivo de la lechuga, que permita informar a los agricultores sobre las características de estas plantas que se adaptan a las condiciones del Campus Salache y por ende a campos similares

2 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

2.1 beneficiarios directos

Los beneficiarios directos son los investigadores de la Universidad Técnica De Cotopaxi

2.2 beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos de la investigación son docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) y estudiantes de la carrera de Agronomía (434) en la enseñanza formativa y los agricultores hortícolas de la provincia y del país ya que mediante la información obtenida servirá como una herramienta que pueden aprovechar para alcanzar la producción deseada y mejorando su actividad económica.

de beneficiarios directos e indirectos por género.

3 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es considerada la cuarta planta más importante a nivel global, debido al crecimiento en su producción y consumo. China lidera como el principal productor con el 77% de la producción mundial, seguido por EE. UU., India, España e Italia (FAO, 2014). En el año 2021, la producción mundial de lechugas alcanzó aproximadamente 27.7 millones de toneladas (Orús, 2024). En Ecuador, se cultivan 1,145 hectáreas de lechuga con una productividad media de 7,928 kg por

hectárea, y la provincia de Cotopaxi contribuye con 481 hectáreas de este cultivo (Chavez & Betsy, 2017)

En la agricultura el uso excesivo de fertilizantes químicos ha generado preocupaciones significativas sobre la sostenibilidad y la salud ambiental. A nivel global, la dependencia de fertilizantes sintéticos ha contribuido a la degradación de los suelos, la contaminación de cuerpos de agua, además los pesticidas pueden causar efectos negativos en la salud humana y contribuir a la disminución de la biodiversidad al afectar a insectos y otros organismos útiles (Mohedano, 2024). Conforme ha aumentado la intensidad del uso de la tierra, los países han incrementado significativamente la aplicación de pesticidas sintéticos, fertilizantes y otros productos. A nivel mundial, las tierras agrícolas reciben aproximadamente 115 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados minerales cada año. Cerca del 20% de estos nutrientes de nitrógeno se acumulan en los suelos y la biomasa, mientras que el 35% termina en los océanos y el entorno. (ComunicarSe, 2018)

En el Ecuador, el uso de fertilizantes químicos ha sido una práctica común en la agricultura, especialmente en cultivos de alto valor como la lechuga (*Lactuca sativa* L.). Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2022) menciona que Ecuador se ha documentado que el 60% de los agricultores utilizan fertilizantes químicos de manera indiscriminada, lo que no solo afecta la calidad del suelo, sino que también tiene repercusiones en la salud de los consumidores. En la actualidad, el suelo se encuentra severamente afectado debido a la sobreexplotación y a prácticas agrícolas deficientes. Esto ha ocasionado problemas como la erosión y la disminución de su fertilidad, afectando directamente la productividad agrícola (Wang et al., 2019).

4 OBJETIVOS:

4.1 General

- Evaluar la efectividad del biofertilizante fertibacter a cuatro dosis y dos frecuencias en la producción de plántulas de lechuga y su respuesta en campo.

4.2 Específicos

- Determinar la mejor dosis y frecuencia de fertibacter en la pilonera para la producción de plántulas
- Determinar la mejor dosis y frecuencia de fertibacter en la producción de lechuga en campo

5 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1 *Objetivos, actividades, resultados de la actividad (técnicas e instrumentos).*

OBJETIVO	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Determinar la mejor dosis y frecuencia de fertibacter en la pilonera para la producción de plántulas	Implementación del ensayo: Un DBD con ocho tratamientos y seis repeticiones	parcela bruta: 2328,75 cm ²	Un diseño experimental bien planificado y llevado a cabo de manera correcta facilita la realización del análisis estadístico y la comprensión de los resultados obtenidos.
		área total: 11,853 m ² área neta: 11,78m ² total 48 unidades experimentales	
	Implementación de la variedad (botiola) en lechuga en la pilonera.	<ul style="list-style-type: none"> • Desinfección de bandejas • Secado de bandejas • Preparación del sustrato con 20 litros de agua en • Llenado de bandeja sin compactar • Hacer huecos 0,5 cm de profundidad • Siembra de semilla en cada alveolo • Tapado con el mismo sustrato • Aplicación de fertibacter con 	<ul style="list-style-type: none"> - Bitácora. - Cuadros estadísticos - Fotografías. - Libro de campo con datos estadísticos

		<p>diferentes dosis a cada tratamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etiquetar por tratamiento • Ubicar en cámara de germinación 	
	Riego de las plántulas en la pilonera	- Riego 2 L promedio en cada bandeja una vez al día en la mañana o tarde	- Fotografía, anexos
	Aplicación del fertibacter	- Aplicación dependiendo de frecuencia y tratamiento	- Bitácora. - Cuadros estadísticos - Fotografías. - Libro de campo con datos estadísticos
	Toma de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de germinación - Altura de la planta cotiledón - Altura de la planta - Numero de hojas - Longitud de la raíz - Volumen de la raíz - Grado de clorosis 	<ul style="list-style-type: none"> - Bitácora. - Cuadros estadísticos - Fotografías. - Libro de campo con datos estadísticos
Determinar la mejor dosis y frecuencia de fertibacter en la producción	Implementación de la variedad (botiola) en lechuga en campo.	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación del terreno • Implementación de diseño en campo • Selección de plántula por cada tratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Bitácora. - Cuadros estadísticos - Fotografías. - Libro de campo con datos estadísticos

de lechuga en campo		<ul style="list-style-type: none"> • Trasplante del cultivo de lechuga • Riego • Labores culturales 	
	Aplicación de fertibacter	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación dependiendo de frecuencia y tratamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - Bitácora. - Cuadros estadísticos - Fotografías. - Libro de campo con datos estadísticos
	Registro de datos	<ul style="list-style-type: none"> - Altura de la planta - Días a la cabeza - Días al repollo - Diámetro ecuatorial - Grado de madurez - Peso 	<ul style="list-style-type: none"> - Bitácora. - Cuadros estadísticos - Fotografías. - Libro de campo con datos estadísticos

6 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

6.1 Este Generalidades de hortalizas

Ladrón de Guevara et al. (2005) menciona que las hortalizas son plantas herbáceas comestibles que se cultivan en huertos debido a su riqueza nutricional. Estas hortalizas pueden consumirse frescas, crudas o cocidas, y son fundamentales para una alimentación adecuada y, por lo tanto, para la salud de las personas.

Ecuador se destaca por su amplia variedad de hortalizas, altamente demandadas en el mercado. Entre las más populares se encuentran “acelga, ajo, apio, brócoli, cebolla blanca, cebollín, coles (repollo, de milán y morada), coliflor, culantro, espinaca,

lechugas (ceda, italiana y repollo), pepino, perejil, rábano, remolacha y zanahoria, por mencionar solo algunas” (Mejía, 2014).

6.2 Generalidades del cultivo de lechuga

6.2.1 Origen de cultivo de lechuga

“El centro de origen de la lechuga probablemente está entre Asia Menor y la cuenca del Mediterráneo” (Vavilov & Filimonovich, 1992). Pero la transición a su forma comestible probablemente tuvo lugar en el área del Mediterráneo oriental, quizás en Egipto, posiblemente en la región del Tigris-Eufrates (Ryder, 1999). Desde el antiguo Egipto, la lechuga cultivada y apta para el consumo se difundió hacia Grecia, Roma y a través de toda la región Mediterránea. Cristóbal Colón la introdujo en el Nuevo Mundo durante su segundo viaje, y se documenta su presencia en la isla Isabela en 1494 (Ryder, 1999). La lechuga emprendió un viaje de 400 años de transformación. Durante este período, se desarrollaron una gran variedad de tipos y formas de lechuga, adaptándose a diferentes climas y preferencias culinarias. Hoy en día, la lechuga se cultiva en prácticamente todo el mundo, convirtiéndose en un ingrediente fundamental en la gastronomía global.

6.2.2 Descripción de la lechuga

En Ecuador, aproximadamente 1.145 hectáreas se destinan al cultivo de lechuga, con una producción media de 7.928 kg por hectárea. Los principales lugares de cultivo incluyen la provincia de Tungurahua, específicamente en Izamba, Cunchibamba, Samanga y Píllaro; en Azuay, en la zona de San Joaquín; en Chimborazo, en la región de Chambo; y en Pichincha, en las áreas de Puembo y Machachi, que son las más destacadas para este cultivo (Chavez & Betsy, 2017).

6.2.3 Clasificación taxonómica

Tabla 2 *Clasificación taxonómica del cultivo de lechuga:*

Reino: Vegetal
División: Spermatophyta
Clase: Dicotiledónea

Orden: Sinandrales

Familia: Compositaceae

Género: Lactucae

Especie: Sativa

Nombre científico: Lactuca sativa L.

Nombre vulgar: Lechuga

Fuentes: (Mallar, 1978)

6.2.4 Descripción botánica

La lechuga es una planta herbácea que puede vivir anual o bianualmente, autógena y perteneciente a la familia Asterácea. Posee una raíz principal corta con ramificaciones laterales que crecen cerca de la superficie del suelo, típicamente en los primeros 30 centímetros de profundidad. Durante su etapa comercial, los tallos son muy cortos, pero en la fase reproductiva pueden alcanzar entre 1 y 1.20 metros de altura. Las hojas basales forman rosetas, inicialmente extendidas, aunque en algunas variedades como las romanas permanecen así durante todo su desarrollo, mientras que en otras variedades se agrupan más tarde. El borde de las hojas puede ser liso, ondulado o dentado-crenado, con colores que van desde el verde claro hasta el verde oscuro, e incluso tonos rojizos o púrpuras, dependiendo de la variedad. Las flores se agrupan en inflorescencias compuestas, reunidas en pequeños capítulos amarillentos que están formados por 10 a 20 floretes, rodeados por brácteas imbricadas (Beltrán, 2022).

6.2.5 Requerimientos del cultivo

INIA & Innova Chile Corfo (2017) menciona que, para generar una buena producción del cultivo de lechuga, hay que tener en cuenta algunos parámetros:

Fotoperíodo: este es un cultivo que necesita días nuestros del sol natural.

Temperatura: su temperatura adecuada es de 14-18 grados centígrados diurna y 5-8 °C (nocturna)

Textura: se desarrolla de mejor manera en suelos franca, con alto contenido de materia orgánica.

Salinidad: Valor tolerada de conductividad eléctrica 1,3 ds/m

pH: su pH optimo es 6,6 y máximo tolerado es 7,3

Drenaje: es importante contar con un buen drenaje para evitar ciertas enfermedades.

Altitud: se da a una altura desde los 1800 hasta 3000 m.s.n.m.

Precipitaciones: la lechuga es cultivo que necesita una precipitación de 900 a 1200 mm y requiere un alto contenido de humedad (Quintero, 1997).

6.3 Manejo agronómico

6.3.1 Pilonera

La producción de plántulas, almácigos o pilones comenzó como respuesta a la necesidad de reducir el tiempo de producción en el campo. Por ejemplo, producir tomates tomaría aproximadamente 45 días más si los agricultores cultivaran sus propias plantas desde cero. Por otro lado el aprovechamiento de la semilla es mucho más eficiente cuando se utilizan técnicas de maquila en la siembra de semillas (FUNDEA, 2019).

6.3.2 Definición de plántula o pilón

Se conoce como plántula a la fase inicial de una planta, que abarca desde la germinación hasta la formación de las primeras hojas verdaderas. Es factible identificar las plántulas de las malas hierbas al menos hasta el nivel de género (Perlata & Royuela, 2018).

6.3.3 Sustrato

Uno de los medios más empleados globalmente para cultivar plántulas es la turba de musgo, gracias a sus propiedades físicas, químicas y biológicas que favorecen una germinación y crecimiento óptimos de las plántulas (Fernández et al., 2006). Según Valimex S.L (2014), describe que Klasmann-Deilmann GmbH presenta el sustrato K t s1, elaborado con turba rubia de Sphagnum de la más alta calidad y listo para usar en el cultivo de plantas ornamentales en contenedor. Este sustrato ofrece una amplia gama de estructuras, a las que se pueden añadir diversos aditivos (arcilla, perlita, etc.) y fertilizantes, para crear el entorno perfecto para cada tipo de cultivo, en la pilonera se utilizó al 602,12 gramo para llenar el sustrato en cada bandeja y para el tapado 112,03 gramos en total del sustrato se utiliza 714,15 gr.

6.3.4 Bandeja

Guerra & Romero (2022) menciona las bandejas de germinación, también conocidas como semilleros, son recipientes divididos en cavidades o alvéolos, distribuidos en filas y columnas. Estas bandejas se utilizan para iniciar el crecimiento de semillas, proporcionándoles un ambiente controlado y favorable para su germinación y desarrollo inicial. Para la investigación se utilizaron bandejas polietileno o curcho de 338 alveolos

6.3.5 Desinfección

Las bandejas usadas deben ser desinfectados para evitar propagación de algún tipo de enfermedad

“Para la desinfección con cloro el producto más conveniente es el hipoclorito de calcio al 65% que es el cloro granulado que se usa normalmente para potabilizar 12 agua. Se recomienda usar una concentración de cloro de 200 ppm (equivalente a 62 gramos de hipoclorito de calcio al 65% / barril de 200 litros”.(Montenegro, 2015) una vez desinfectados se dejó secar las bandejas durante una hora en el sol.

6.3.6 Siembra

La profundidad a la que se siembran las semillas es un factor determinante para su correcta germinación. En general, se recomienda enterrarlas a una profundidad equivalente a dos o tres veces su diámetro. Para cubrirlas, se puede utilizar el mismo sustrato empleado en la bandeja de germinación o perlita, un material inerte que ayuda a mantener la humedad. Es importante marcar cada bandeja con un palo de helado o similar, indicando el nombre de la especie y variedad sembrada (Millanao, 2022). La siembra se realizó una vez que el sustrato este que se encuentre en capacidad de campo se llena las bandejas, luego si hizo huecos a una profundidad de 0,5 cm, se colocó una semilla en cada alveolo, luego si realizó un tapado con el mismo sustrato.

6.3.7 Cámara de germinación

Lardizabal (2007) menciona que una vez que las bandejas están sembradas, cubiertas y regadas, para controlar la humedad del sustrato y uniformizar la temperatura y

acelerar el proceso de germinación, se recomienda colocar las bandejas en una cámara de germinación. Esta cámara puede variar desde una bolsa plástica grande donde pueden caber entre 5 y 10 bandejas, hasta un cuarto especializado con control preciso de humedad y temperatura. El propósito de utilizar estas cámaras de germinación es mantener la humedad en el sustrato al limitar el movimiento del aire, lo que ayuda a evitar la pérdida de humedad. Esto, a su vez, previene que el sustrato se enfríe por evaporación, permitiendo así mantener temperaturas de germinación más cercanas a las ideales.

6.3.8 Bancas o camas de germinación

Las bancas de germinación son elementos esenciales para el cultivo de plántulas, ya que proporcionan un soporte adecuado y facilitan el manejo de las bandejas. Un aspecto crucial es la aireación, que permite el drenaje del agua y la circulación de aire por debajo de las bandejas. Esto evita que las raíces se salgan por la parte inferior, dificultando el trasplante y causando daños a las plántulas, las bancas pueden ser de madera rolliza o metálicas movibles, y la elección depende del presupuesto y el manejo del vivero (Lardizabal, 2007).

6.3.9 Riego

Saber cuándo y cuánto regar es clave cuando se producen plántulas saludables. Regar con demasiada frecuencia puede ocasionar pérdidas debido al mal del talluelo (damping off) y/o el retraso en el crecimiento de las plántulas debido a la falta de oxígeno disponible en el sustrato. Por otro lado, no proporcionar agua constantemente durante la germinación puede conducir a resultados deficientes de germinación. Además, no regar lo suficiente una vez que las semillas hayan germinado, puede limitar el crecimiento posterior de las plántulas si estas no pueden acceder al agua y a los nutrientes necesarios que proporcionan un desarrollo saludable. Proporcionar el agua adecuada, el equipo adecuado y la gestión ambiental adecuada en todo momento garantizará el crecimiento y desarrollo de las plantas (Bernau & Matsushita-Tseng, 2019).

6.3.10 Fertilización

Lardizabal (2007) menciona que la fertilización representa un desafío crítico para lograr plántulas de calidad, ya que frecuentemente se tiende a abusar de los fertilizantes, aplicándolos en exceso y de manera desequilibrada. Un vivero, al igual que una planta en campo abierto, requiere un equilibrio adecuado de nutrientes. Los elementos esenciales que deben estar balanceados incluyen el nitrógeno (N), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), en proporciones como N: K, K:Ca y Ca:Mg. Además, es crucial mantener un nivel adecuado de fósforo (P) y considerar otros elementos que pueden estar presentes en el agua y en los fertilizantes. Es fundamental no solo el equilibrio de estos nutrientes, sino también la cantidad adecuada de fertilizante aplicado, ya que un exceso puede resultar en un sistema radicular débil y pequeño, así como en el crecimiento de plantas alargadas, delgadas y con tallos suculentos, características no deseables para el trasplante en los cultivos.

6.3.11 Fertibacter

El biofertilizante Fertibacter- Maíz, contiene bacterias (microorganismos del suelo) del género; Microorganismos (*Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*) 109 UFC/ml Melaza 2%, las cuales tienen la capacidad de promover el crecimiento de los cultivos, estimulando el desarrollo radicular, aumentando significativamente la superficie de la absorción de los nutrientes que se encuentran en el suelo. Esta bacteria también tiene la habilidad de tomar nitrógeno atmosférico y transformarlo en nutriente aprovechable por las raíces de las plantas de maíz (Agropecuarias Estación INIAP -Instituto nacional autónomo de investigaciones, 2024).

6.3.12 Función del biofertilizante fertibacter

Este biofertilizante contiene ingredientes activos que incluyen cepas pertenecientes a los géneros *Azospirillum* y *Pseudomonas*, las cuales tienen la capacidad de generar fitohormonas como auxinas, citoquininas y giberelinas, Auxinas: Estimulan el crecimiento y desarrollo de las raíces, Citoquininas: Estimulan procesos de división celular Giberelinas: Intervienen en los procesos de germinación (INIAP INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARAS, 2020).

6.4 Bacillus Subtilis

Bacillus spp. comprende varias especies como *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis* y *B. thuringiensis*, entre otras. Recientemente, este grupo de bacterias ha despertado un creciente interés en la agricultura debido principalmente a los beneficios que aportan a los cultivos, son cruciales en la agricultura los microorganismos más destacados, dado que han demostrado ser eficaces en estimular el crecimiento y fortalecer la resistencia de las plantas frente a diversos tipos de estrés. Actúan como agentes de control biológico mediante la producción de sustancias como antibióticos, fitoalexinas y moléculas bioactivas como la micosubtilina, especialmente reconocida por sus propiedades antifúngicas y antibacterianas. Estos microorganismos son conocidos como bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB, por sus siglas en inglés), ya que favorecen el desarrollo del sistema radicular al inducir la producción de fitohormonas como las auxinas. Además, desempeñan un papel clave en el ciclo de la materia orgánica al solubilizar nutrientes y son capaces de resistir condiciones ambientales adversas mediante la formación de endosporas (Edafile, 2023).

6.5 Pseudomonas Fluorescens

Pseudomonas fluorescens es una especie bacteriana Gramnegativa con forma de bacilo, ampliamente distribuida y que no forma esporas. Sus dimensiones típicas oscilan entre 0.5-1.0 x 1.5-5 μm , y son móviles gracias a sus múltiples flagelos polares. Esta bacteria exhibe un metabolismo estrictamente aerobio y una nutrición quimiorganotrofa que no depende de factores de crecimiento externos. Almacena gránulos de polihidroxialcanatos como reserva de material celular. Una característica distintiva es su capacidad para producir compuestos fluorescentes, de donde deriva su nombre. Por ejemplo, sintetiza pioverdina, un pigmento soluble en agua que muestra fluorescencia bajo luz ultravioleta, cuya producción se estimula en condiciones de limitación de hierro en el medio. Para un óptimo crecimiento, *Pseudomonas fluorescens* suele requerir temperaturas entre 25 y 30°C y un pH neutro (Krieg et al., 2008).

6.6 Aplicación del biofertilizante fertibacter

Para aplicación del biofertilizante fertibacter se determinó la dosis a través de la disolución Al 0% con 0 ml, 2% a 2 ml, 4% a 4 ml y 6% a 6 ml, para seleccionar la

dosificación se realizó un aforo con una bomba de fumigar en 30 segundos cuantos litros de agua se aplica en las bandejas con sustrato los resultados fue 250ml que quedaba ni tan húmedo ni tan seco en cada bandeja de 338 alveolos y con ello se procedió a aplicar para cada dosis y se utilizó una bomba de fumigar de 20L con 250 ml agua para cada uno de tratamientos con dosis diferentes.

El biofertilizante Fertibacter se aplicó a las plántulas de frecuencia 1 cada siete días específicos: a los 1, 7, 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días después de la siembra, las aplicaciones se realizaron con diferentes dosis: 0 ml, 2 ml, 4 ml y 6 ml por cada tratamiento.

Para frecuencia 2 se aplicaron cada 15 días en específico: a los 1, 15, 30 y 45 días después de la siembra con diferentes dosis 0ml, 2 ml, 4ml, y 6ml.

6.7 Preparación de terreno

Rivera (2014) menciona que la preparación del suelo antes de la siembra es una de las prácticas agrícolas que requiere especial atención y cuidado por parte del agricultor. Un adecuado preparado del suelo promoverá un crecimiento óptimo y desarrollo del sistema de raíces del repollo. Este desarrollo permitirá que las raíces se expandan en un mayor volumen de suelo, facilitando la extracción eficiente de agua y nutrientes necesarios para alcanzar la producción esperada. Además, la preparación del suelo contribuye a la eliminación de residuos vegetales, mejora la aireación del suelo, promueve la descomposición de la materia orgánica y favorece el control de plagas y enfermedades del suelo. Dado el costo elevado de combustible, maquinaria y equipos de labranza, es crucial que el agricultor utilice estos recursos limitados de manera eficiente.

Se preparo el terreno pasando arado y rastrado, luego se implemento el diseño experimental en el campo cada cama cada unidad experimental 1,5m² en total 72m² en las 48 unidades experimentales.

6.8 Trasplante

El trasplante va unido a la plantación y juntos conducen a la instalación de las plántulas en el suelo definitivo para el cultivo. El trasplante consiste en cambiar la plántula de un lugar a otro y la plantación en colocarla en el suelo de cultivo, cuando está tenga

suficiente desarrollo por lo general de 3 a 5 hojas verdaderas, preferiblemente es sembrar en horas de la tarde, con menos sol o en días nublados (Fundacion Hogares Juveniles Campesinos, 2002). Lo primero que se realizo es seleccionar 15 plántulas de cada unidad experimental correspondiente a cada tratamiento, luego se realizo el trasplante a una densidad de 25cm entre hilera y 25cm entre planta.

6.9 Rascadillo

Se trata de una práctica que implica la remoción del suelo, el manejo adecuado de las malezas y la ventilación del suelo. Esta tarea se realiza cada 30 o 35 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzan una altura de 10 a 15 cm. Puede llevarse a cabo manualmente con un azadón o mecánicamente con un tiller. (Oyarzún et al., 2002)

6.10 Plagas y enfermedades

6.10.1 Plaga

Maroto (1989) cita las plagas que más comúnmente atacan al cultivo de lechuga:

- 6.10.1.1 **Trips (*Thrips tabaci*)**. son insectos cuya forma alargada alcanza unos 1,5 mm en su etapa adulta. Aunque el daño directo de sus picaduras es notable, su impacto principal radica en la transmisión del virus del Bronceado del Tomate (TSWV) a las plantas. Este virus induce necrosis foliares extensas, que eventualmente llevan a la muerte de las plantas afectada
- 6.10.1.2 **Minadores (*Liriomyza trifolii* y *Liriomyza huidobrensis*)**. crean túneles en las hojas, y una infestación severa puede debilitar considerablemente la planta. Es recomendable aplicar un tratamiento al detectar las primeras galerías.
- 6.10.1.3 **Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)**. Este insecto debilita la planta al alimentarse de los jugos fotosintéticos, provocando un deterioro general en su salud.
- 6.10.1.4 **Pulgones (*Myzus persicae*, *Narsonovia ribisnigri*)**. Los pulgones son una plaga frecuente en el cultivo de lechugas, especialmente cerca de la cosecha. Un ataque severo en plantas jóvenes puede arruinar el cultivo y, además, transmiten virus.
- 6.10.1.5 **Gusano de alambre (*Agriotes lineatus*)**. Estos gusanos, que habitan en el suelo, dañan gravemente las raíces y pueden ser portadores de enfermedades fúngicas del suelo. Se recomienda tratar el suelo antes de sembrar.
- 6.10.1.6 **Gusano gris (*Agrotis segetum*)**. Esta oruga corta el cuello de las plantas jóvenes, dejándolas caídas. Para encontrarlas, es útil escarbar alrededor de la base de las plantas.
- 6.10.1.7 **Mosca del cuello (*Phorbia platura*)**. Las larvas de esta mosca afectan la lechuga, disminuyendo su valor comercial. Para combatir este problema, se utilizan microorganismos efectivos (EM).

6.10.1.8 **Caracoles y babosas.** Estos animales dañan las hojas, perjudicando la cosecha. Los gorriones, que se alimentan de semillas, pueden atacar los semilleros. Para proteger las bandejas de semillas, cúbre las con una malla hasta que germinen. Los pájaros también pueden dañar los plantones.

6.10.2 Enfermedades

6.10.2.1 **Antracnosis (*Marssonina panattoniana*).** Esta enfermedad comienza con pequeñas lesiones que aumentan de tamaño, formando manchas angulares y circulares de color rojo oscuro, de hasta 4 cm de diámetro. La prevención incluye la desinfección del suelo y las semillas.

6.10.2.2 **Botritis o moho gris (*Botrytis cinerea*).** Los primeros síntomas se observan en las hojas viejas con manchas húmedas que se tornan amarillas y luego se cubren de moho gris, produciendo muchas esporas. En ambientes húmedos, el moho puede cubrir toda la planta, mientras que, en condiciones secas, se puede desarrollar una putrefacción de color pardo o negro.

6.10.2.3 **Mildiu veloso (*Bremia lactucae*).** Se manifiesta en las hojas con manchas de aproximadamente un centímetro, y un micelio veloso en el envés. Las manchas se fusionan y se oscurecen. Los ataques suelen ser más graves en otoño y primavera, cuando hay humedad prolongada, y el hongo se propaga por el viento.

6.10.2.4 **Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*).** Esta enfermedad del suelo afecta principalmente a las plantas en contacto con el suelo, especialmente en la zona del cuello. Causa un marchitamiento lento, comenzando por las hojas viejas, y produce un micelio algodonoso en el tallo que asciende por el mismo.

6.10.2.5 **Septoriosis (*Septoria lactucae*).** Esta enfermedad causa manchas en las hojas inferiores.

6.10.2.6 **Virus del Mosaico de la Lechuga (LMV)** Este virus es una de las principales virosis que afecta a la lechuga, provocando daños significativos. Se transmite a través de semillas y pulgones, causando moteados y mosaicos verdosos que se intensifican con el crecimiento de la planta, llevando a una clorosis generalizada. No tiene cura.

6.10.2.7 **Virus del Bronceado del Tomate (TSWV)**. Las infecciones por este virus se caracterizan por manchas foliares que comienzan cloróticas y se vuelven necróticas e irregulares, a veces cubriendo casi toda la planta. La planta se vuelve enana y se marchita rápidamente

7 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

7.1 Hipótesis afirmativa

- La aplicación de fertibacter a distintas dosis y frecuencias si incide en el proceso de producción de plántulas y en campo en el cultivo de lechuga

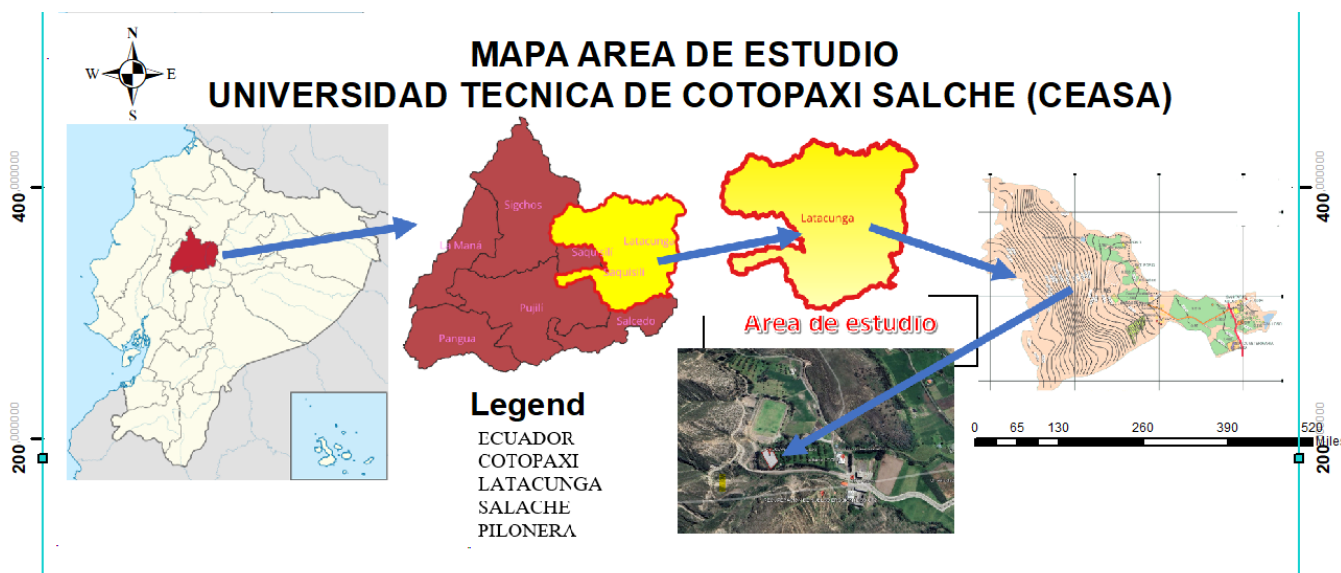
7.2 Hipótesis nula

- La aplicación de fertibacter a distintas dosis y frecuencias no incide en el proceso de producción de plántulas y en campo en el cultivo de lechuga

8 METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

8.1 Ubicación del área del estudio

La investigación se desarrollará en la pilonera de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Figura 1 Ubicación del ensayo

8.1.1 Coordenadas del lugar del estudio

Tabla 3 Coordenadas del lugar del estudio

Coordenada S	0°59'56.07"S
Coordenadas W	78°37'32.43"O
Elevación	2750 m.s.n.m.

Tabla elaborada por: Wilmer Lutuala

8.2 Tipo de investigación

8.2.1 Experimental

Una investigación experimental implica que el investigador manipula y controla una o más variables independientes, mientras observa la variable dependiente para detectar cambios simultáneos (Agudelo et al., 2008).

Esta investigación se trabajó con una variable independiente y diferentes dosis, lo que mediante este tipo de investigación nos permitirá visualizar el comportamiento agronómico, bajo las condiciones agronómicas que nos ofrece el campus Salache.

8.2.2 Cualitativa

Los datos recopilados serán cualitativos, ya que describen los eventos y condiciones del entorno natural, así como cuantitativos, pues toda la información registrada en el libro de campo será en forma de datos numéricos. Para el análisis estadístico, se utilizará la versión estudiantil de Infostat (Jaramillo & Ramírez, 2006).

8.3 Modalidad básica de la investigación

8.3.1 Campo

La investigación de campo contribuye a fortalecer la conexión entre la teoría y la práctica. La recolección de datos se realizará exclusivamente en el sitio donde se estableció el experimento (Jansen, 2013).

8.3.2 Bibliografía y documental

La materia bibliográfica y documental son relacionados ya que ayudaran como base para el marco teórico y resultados obtenidos

8.4 Técnicas e instrumentos para recolección de datos

8.4.1 Observación en campo

La observación, como técnica de investigación utilizando fuentes primarias, requiere una planificación previa para estudiar un objeto o una comunidad mediante trabajo de campo. Este enfoque nos permitió interactuar directamente con el ensayo en estudio para recolectar datos sobre cada tratamiento (Jansen, 2013).

8.4.2 Registro de datos

Se llevará a cabo mediante el libro de campo donde se anotará los diferentes datos para obtener el resultado final.

8.4.3 Análisis de datos

Para el análisis estadístico del presente estudio se empleó el software de aplicación estadística INFOSTAT 2022, con la aplicación de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad estadística

8.4.4 Método de evaluación

8.5 Especificaciones del campo experimental

8.5.1 Diseño experimental

se trabajó con un diseño de bloques divididos por franjas (DBD) obteniendo 8 tratamientos con 6 repeticiones

Tabla 4 Esquema de ADEVA

Fuentes de variación	Grado de libertad	
Bloque R	R -1	5
Factor A	a-1	1
Error (a) R*A	(r-1) (a-1)	5
Factor b	b-1	3
Error (b) R*B	(r-1) (b-1)	15
AB	(a-1) (b-1)	3
Error (e), R*A**B	(r-1) (a-1)(b-1)	(5)(3)(1) =15 35
Total		47

8.5.2 Factores en estudio

8.5.2.1 Factor A

2 niveles

1. Frecuencia 1 cada 7 días
2. Frecuencia 2 cada 15 días

8.5.2.2 Factor B

4 niveles

1. Dosis 1 0% 0cc/L

2. Dosis 2 2% 2cc/L
3. Dosis 3 4% 4cc/L
4. Dosis 4 6% 6cc/L

8.5.3 Tratamientos

Tabla 5 *Tratamientos y códigos*

Tratamientos	códigos	Descripción
T1	F1-D1	frecuencia 1- dosis 0 ml/l
T2	F1-D2	frecuencia 1- dosis 2 ml/l
T3	F1-D3	frecuencia 1- dosis 4 ml/l
T4	F1-D4	frecuencia 1- dosis 6 ml/l
T5	F2-D1	frecuencia 2- dosis 0ml/l
T6	F2-D2	frecuencia 2- dosis 2ml/l
T7	F2-D3	frecuencia 2- dosis 4ml/l
T8	F2-D4	frecuencia 2- dosis 6ml/l

8.5.4 Distribución de la parcela experimental y neta

Parcela neta: 2328,75 cm²

Figura 2 *Diseño de ensayo en pilonera*

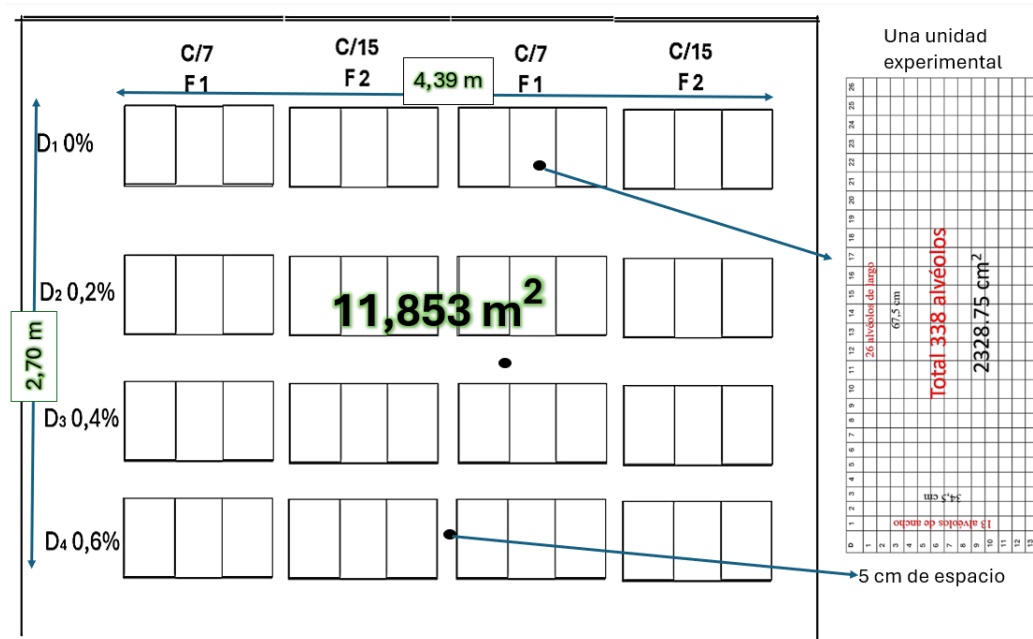


Gráfico elaborado por: Wilmer Lutuala

Campo

Parcela neta 1,5 m²

Figura 3 diseño de ensayo en campo

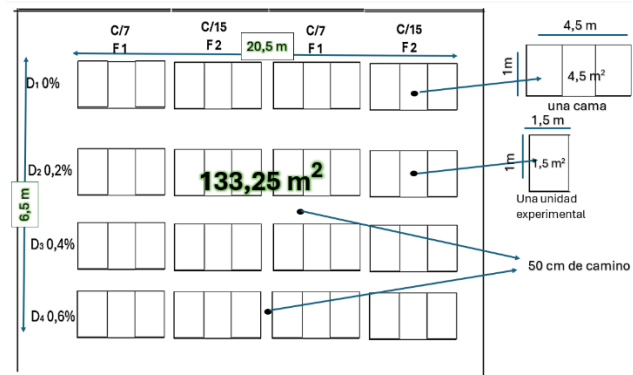
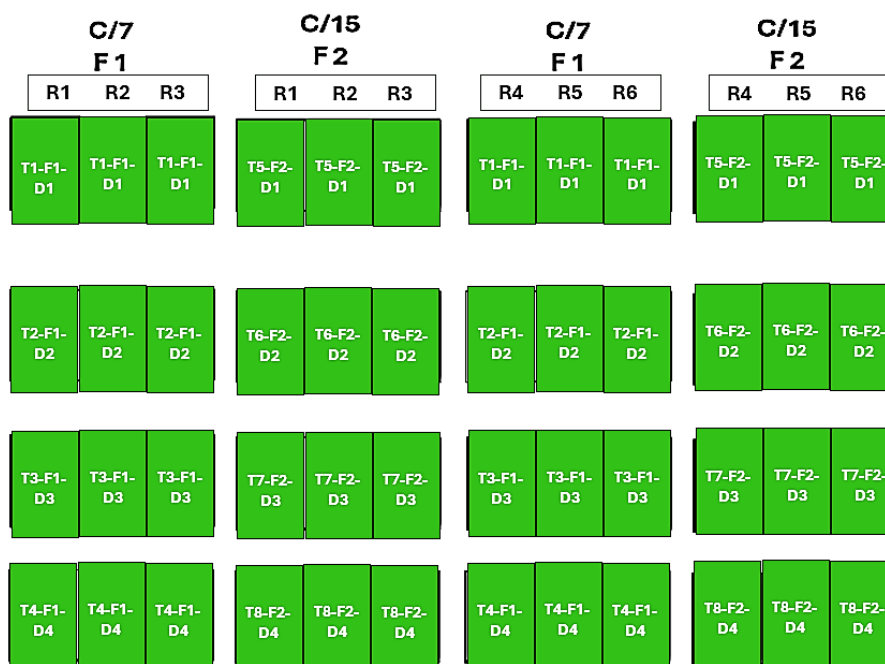


Gráfico elaborado por: Wilmer Lutuala

8.5.5 Diseño de ensayo en campo

	Pilonera	Campo
Total, unidad experimental	48	48
Parcela bruta	0,23 m ²	1,5 m ²
Área total	11,86 m ²	133,25 m ²
Área neta	1,178 m ²	72 m ²

Figura 4 Diseño por tratamiento en el campo



Elaborado por: Wilmer Lutuala

8.6 Operacionalización de variables

Tabla 6 Variables dependientes e independientes

VARIABLES	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Índices (unidad y medidas)	Técnicas	Instrumentos
VARIABLE DEPENDIENTES	Pilonera					
	Descripción de la forma y estructura de las variables a evaluar.	Comportamiento agronómico de lechuga	Germinación	(%)	Cálculo de Porcentaje	Observación y registro de datos en libro de campo
			Altura cotiledón	(cm)	Medición directa	Regla y libro de campo
			Altura de la planta	(cm)	Medición directa	Regla y libro de campo
			Numero hojas	(#)	Observación y conteo	Observación directa y libro de campo
Longitud de la raíz			(m)	Medición directa	Cinta métrica y libro de campo	

			Volumen de la raíz	(ml)	Medición directa	Probeta con numera en ml y libro de campo	
			clorosis	Escala (1-5)	Observación	Observación directa y libro de campo	
	Campo						
				Altura de la planta	cm	Medición directa	Metro y libro de campo
				Porcentaje de formación de la cabeza	(%)	Observación y conteo	Observación directa y libro de campo
				Peso del repollo	(gr)	Medición directa	Báscula
				Grado de madurez	Escala de 1 al 5	Observación	Escala de Madurez y libro de campo
				Diámetro ecuatorial	(cm)	Medición directa	Cinta métrica y libro de campo
	Pilonera y campo						
	VARIABLE INDEPENDIENTE	Se refiere a la aplicación de biofertilizante fertibacter en las plantas	Fertibacter	dosis	(ml/l)	Aplicación directa	Bomba de fumigar
Frecuencia				días (7) y (15)	Aplicación cada frecuencia	Registro de fecha	

Las variables para evaluar son:

8.7 Pilonera

8.7.1 Porcentaje de germinación

Para determinar el porcentaje de germinación, se tomaron muestras a los 4 y 7 días después de la siembra, cuando las plántulas contaban con hojas cotiledones desplegadas. Para realizar el cálculo, se empleó la siguiente metodología:

$$\text{Porcentaje de germinación} = \frac{\text{plantulas con hojas cotiledonales totalmente desplegadas} \times 100}{\text{número de semillas sembradas}}$$

Fuente. (Fernández et al., 2006)

En la cual se realizó el coteo de todas las plantas germinadas a los 3 días como también a los 7 días de cada unidad experimental.

8.7.2 Altura de la planta cotiledón

La altura de la planta cotiledón es la medida que va desde el suelo hasta la punta de la primera hoja verdadera, los cotiledones son las primeras hojas que emergen durante la germinación de las semillas en las plantas con flores (fanerógamas), constituyendo la primera hoja del embrión (Sánchez, 2021).

Se midió la altura de las plántulas con cotiledones a los 7 y 14 días después de la siembra utilizando una regla tomando en cuenta como muestreo 50 plántulas de cada unidad experimental por tratamiento.

8.7.3 Altura de toda la planta

La altura se define como la medida desde el cuello de la raíz hasta la punta del brote terminal, generalmente expresada en milímetros o centímetros. (Landis et al., 1990). Se tomó la medida de esta variable a los 14, 21, 28, 35 y 49 días después de la siembra, seleccionando 50 plantas de cada unidad experimental correspondiente a cada tratamiento. La medición se realizó desde la base de la planta hasta la parte más alta, utilizando una regla, y los resultados se registraron en centímetros.

8.7.4 Numero de hojas

Se registraron los datos del número de hojas para cada unidad experimental del cultivo de lechuga correspondiente a cada tratamiento, utilizando 50 plántulas. Se llevó a cabo un conteo directo de las hojas y se calculó el promedio correspondiente.

8.7.5 Longitud de la raíz

Se seleccionaron aleatoriamente 15 plántulas de cada unidad experimental correspondiente a cada tratamiento, las cuales fueron lavadas con agua cuidadosamente para eliminar el sustrato. Posteriormente, se midió la longitud de la raíz con una cinta métrica desde el cuello principal de la raíz hasta el extremo final.

8.7.6 Volumen de la raíz

Para determinar el volumen de las raíces, se seleccionaron 15 plantas de cada unidad experimental correspondiente a cada tratamiento siguiendo la metodología descrita por Guerrero (2016) menciona que se puede utilizar el método de desplazamiento de líquido con los siguientes pasos: Llenar una probeta graduada hasta una marca inicial con agua, asegurándose de que la medición esté en el nivel más bajo del menisco. Luego, sujeta un objeto pequeño con un hilo y sumérgelo en la probeta. Después de esto, vuelve a medir el volumen del agua; este será el volumen final. Para obtener el volumen del objeto sumergido, resta el volumen inicial del volumen final obtenido.

8.7.7 Escala de clorosis

La forma más rápida de diagnosticar una deficiencia de hierro en las plantas es mediante la observación de síntomas visibles. Se caracteriza por la aparición de clorosis intervenal notable, similar a la deficiencia de magnesio. Sin embargo, la deficiencia de hierro se manifiesta primero en las hojas más jóvenes. La clorosis intervenal a veces es seguida por la clorosis de las venas, lo que resulta en que toda la hoja adquiera un tono amarillo. En casos graves, las hojas jóvenes pueden volverse blancas y presentar lesiones necróticas (Salisbury et al., 1998)

Se selecciono 15 plántulas de cada unidad experimental correspondiente a cada tratamiento en la cual se dio una escala de según el la tabla 7 y saco un promedio en porcentaje.

Se empleó la escala de clorosis visual desarrollada por Carpena-Artes et al. (1995), la cual asigna valores del 1 al 5 según el siguiente cuadro:

Tabla 7 *Escala de clorosis*

Características	Grado de clorosis
Planta verde	1
Planta ligeramente clorótica. Incipiente clorosis intervenal.	2
Planta clorótica. Típica clorosis intervenal.	3
Planta muy clorótica. Hojas con zonas amarillas. Incipiente caída de hojas.	4
Planta extremadamente clorótica. Todas	5

las hojas amarillas y severa caída del follaje	
---	--

Fuente (Hernandez, 1998)

8.8 Campo

8.8.1 Altura de la planta

La altura se define como la medida desde el cuello de la raíz hasta la punta del brote terminal, generalmente expresada en milímetros o centímetros.(Landis et al., 1990). Se tomó la medida de esta variable a los 15, 30 y 45 días después del trasplante, seleccionando 10 plantas de cada unidad experimental correspondiente a cada tratamiento. La medición se realizó desde la base de la planta hasta la parte más alta, utilizando una regla, y los resultados se registraron en centímetros.

8.8.2 Porcentaje de formación de la cabeza

La formación de cabeza o corazón es un término intercambiable en el desarrollo de la lechuga (Bensink, 1971)., A los 45 días después del trasplante, se contabilizaron las lechugas que habían comenzado a formar cabeza de las 15 plantas que estaban sembradas en cada unidad experimental correspondiente a cada tratamiento. Posteriormente, se calculó el porcentaje de lechugas que habían desarrollado cabeza en relación con el total de plantas.

8.8.3 Grado de madurez

La madurez de la lechuga se mide por el grado de compactación de la cabeza de la lechuga. Las cabezas se consideran duras y, por lo tanto, están listas para la cosecha cuando se requiere una fuerza moderada para triturarlas (sin que sean demasiado duras) (FERVALLE, 2024).

Se seleccionó 5 plantas de lechuga cosechada para ver en qué grado de madurez según su compactación de la cabeza de la lechuga, se encuentra cada unidad experimental dando una escala según la gráfica 5 para después sacar un porcentaje de grado de madurez.

Se utilizó una escala del 1 al 5 para evaluar el grado de madurez, conforme a la gráfica 6 presentada por el (Cantwell & Suslow, 2014).

Figura 5 grado de madurez de la lechuga



Fuente: (Cantwell & Suslow, 2014)

Tabla 8 escala de grado de madurez

GRADO	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA	CARACTERÍSTICAS VISUALES	TEXTURA
1	Inmadura	Color interno verde intenso. Hojas internas aún separadas.	Suaves, separadas
2	Maduración temprana	Color interno comenzando a cambiar a un tono más claro, posiblemente con algunas vetas	Suaves a ligeramente firmes, empezando a compactarse

		amarillas. Hojas internas empezando a compactarse.	
3	Madurez óptima	Color interno predominantemente amarillo claro. Hojas internas bien compactadas y apretadas. Textura crujiente y sabor dulce.	Firmes y compactas
4	Madurez avanzada	Color interno amarillo intenso o ligeramente marrón. Hojas internas pueden comenzar a mostrar signos de separación o marchitez.	Firmes, pero menos compactas
5	Sobre madura	Color interno marrón oscuro. Hojas internas separadas y marchitas. Textura blanda y sabor amargo.	Blandas y separadas

8.8.4 Peso de la lechuga

Al final del ensayo, se pesaron 5 plantas de lechuga de cada unidad experimental correspondiente a cada tratamiento quitándose aproximadamente 7 a 10 hojas sueltas o dañadas, para eso se utilizó una balanza en gramos.

8.8.5 Diámetro ecuatorial

Según Gómez, (Gómez, 2020) menciona que para medir el diámetro o la longitud circular de un objeto, envuelva la cinta métrica alrededor del objeto sin superponerlo. Luego se toma una lectura cuando la cinta llega al inicio, Para calcular el diámetro ecuatorial de la lechuga, se aplicará la siguiente fórmula: $D = \frac{C}{\pi}$, en la cual se tomo 5 plantas de cada unidad experimental la cual nos da en una unidad de cm.

9 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

9.1 Indicadores agronómicos y morfológicas

9.1.1 Porcentaje de germinación

Los datos fueron tomados a los 3 días después de la siembra (primera lectura) y a los 7 días (segunda lectura) cuando las hojas cotiledones estaban totalmente desplegadas.

Tabla 9 ANOVA para la variable porcentaje de germinación (PG) a los 3 y 7 días

F.V.	gl	CM	p-valor	Gl	CM	p-valor
		3 días			7 días	

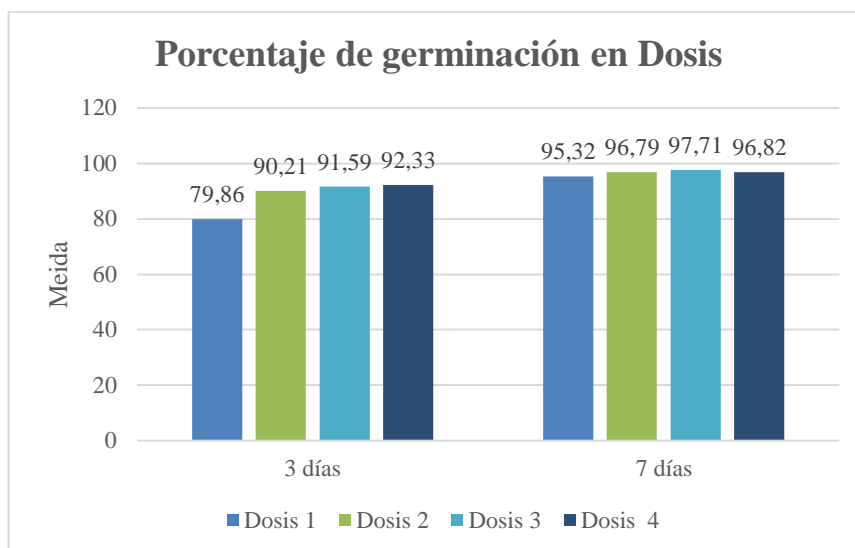
repetición	5	5,35	0,3324	n.s	5	2,45	0,3401	n.s
frecuencia	1	1,87	0,5228	n.s	1	1,87	0,35	n.s
dosis	3	407,54	<0,0001	***	3	11,79	0,0028	**
frecuencia*dosis	3	9,07	0,1283	ns	3	0,01	0,9992	n.s
Error	35	4,48			35			
Total	47				47			
promedio	88,5				96,66			
CV (%)	2,39				1,49			

En el análisis de varianza (ANOVA) mostrado en la tabla 9, tanto a los 3 días como a los 7 días después de la siembra, no se observa significancia estadística en la fuente de variación repetición ni en el factor A (frecuencia). Sin embargo, el factor B (dosis) muestra una alta significancia estadística, con un p-valor menor a 0,0001 a los 3 días y un p-valor de 0,0028 a los 7 días, lo que indica que la dosis si incide en la variable porcentaje de germinación. Por otro lado, la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) no presenta diferencias significativas. Además, el coeficiente de variación (CV) es de 2,39 a los 3 días y de 1,49 a los 7 días, lo cual es considerado aceptable para este tipo de investigación.

Tabla 10 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable porcentaje de germinación (PG) a los 3 y 7 días

Dosis	Medias	Rango	Dosis	Medias	Rango
3 días			7 días		
4	92,33	A	3	97,71	A
3	91,59	A	4	96,82	A -B
2	90,21	A	2	96,79	A -B
1	79,86	B	1	95,32	B
promedio	88,4975			96,66	

Figura 6 Medias para Factor B (Dosis) en la variable porcentaje de germinación (PG) a los 3 Y 7 días.



En la prueba de Tukey al 5% en la tabla 10 para la variable porcentaje de germinación en el factor B (Dosis) se puede observar que a los 3 días se formaron 2 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A dosis 4 (6ml en 1 litro de agua) con una media de 92,33 porcentaje de germinación, seguido tenemos dosis 3 (4ml en 1 litro de agua), dosis 2 (2ml en 1 litro de agua) y por último la dosis 1 (0ml en un litro de agua) en un rango B con una media de 79,86 % germinación. Sin embargo, a los 7 días se formaron 3 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A dosis 3 (4ml en 1 litro de agua) con una media de 97,71 porcentaje de germinación, seguido tenemos dosis 4 (6ml en 1 litro de agua), dosis 2 (2ml en 1 litro de agua) en un rango de A-B y por último la dosis 1 (0ml en un litro de agua) en un rango B con una media de 95,32 % germinación.

9.1.2 Altura cotiledón

Los datos fueron tomados a los 7 días después de la siembra (primera lectura) y a los 14 días (segunda lectura) ya que después de los 14 días la altura cotiledón no mostraba casi ninguna diferencia de crecimiento.

Tabla 11 ANOVA para la variable altura cotiledón (AC) a los 7 y 14 días

F.V.	G1	CM	p-valor		G1	CM	p-valor	
7 días				14 días				
repetición	5	3,60E-03	0,5466	ns	5	1,90E-03	0,68	ns

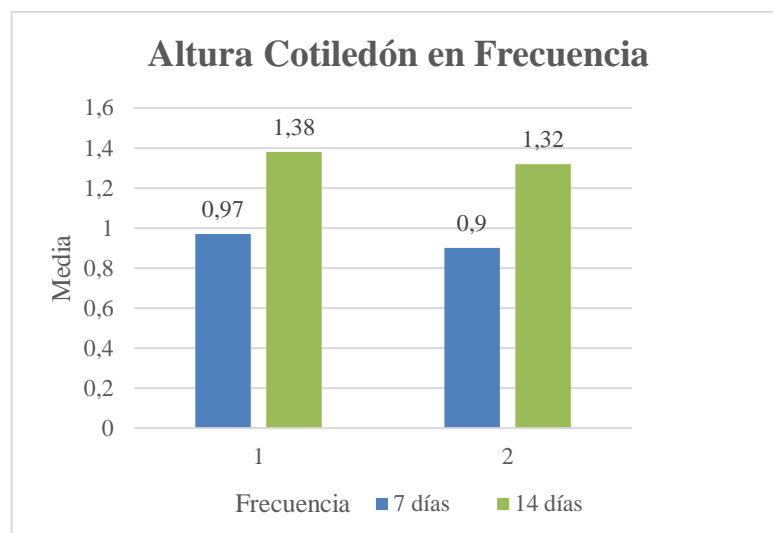
frecuencia	1	0,05	0,0013	**	1	0,04	0,0007	**
dosis	3	0,28	<0,0001	***	3	0,32	<0,0001	***
frecuencia*dosis	3	0,01	0,0376	*	3	0,01	0,0063	**
Error	35	4,50E-03			35	3,10E-03		
Total	47				47			
CV (%)	7,12				4,13			
promedio	0,94				1,35			

En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 11, tanto a los 7 días como a los 14 días después de la siembra, no se detecta significancia estadística en la fuente de variación repetición. No obstante, se observa significancia estadística en el factor A (frecuencia) y una alta significancia en el factor B (dosis), con p-valores inferiores a 0,0001 tanto a los 7 días como a los 14 días. Esto sugiere que al menos uno de los niveles del factor B se incide en la variable de altura del cotiledón. Además, la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) también muestra significancia estadística. El coeficiente de variación (CV) es de 7,12 a los 7 días y de 4,13 a los 14 días, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

Tabla 12 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable altura cotiledón (AC) a los 7 y 14 días

	Frecuencia	Medias	Rango	Medias	Rango
1		0,97	A	1,38	A
2		0,9	B	1,32	B
promedio		0,94		1,35	

Figura 7 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable altura cotiledón (AC) a los 7 y 14 días

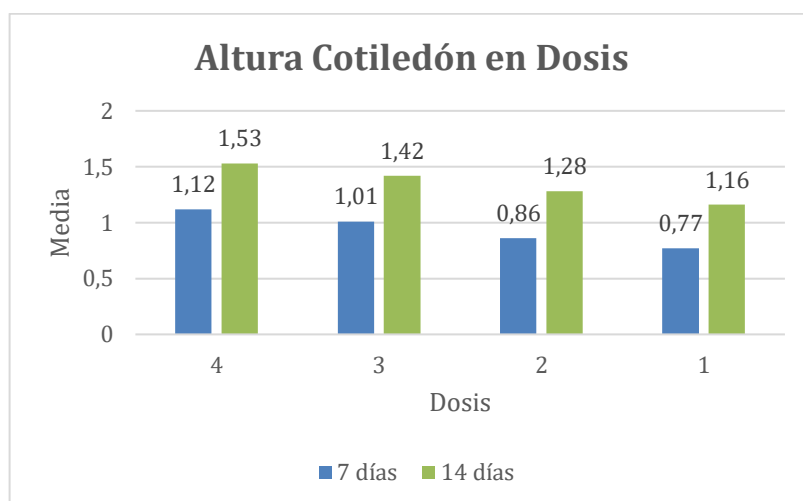


En la prueba de Tukey al 5% mostrada en la tabla 12, para la variable altura del cotiledón a los 7 días, se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor A (frecuencia). En el primer rango (A), la frecuencia 1 muestra una media de 0,97 cm en altura del cotiledón, mientras que en el segundo rango (B), la frecuencia 2 presenta una media de 0,90 cm. Sin embargo, a los 14 días, se observan dos rangos de significancia estadística. En el primer rango (A), la frecuencia 1 tiene una media de 1,38 cm en altura del cotiledón, mientras que la frecuencia 2 se ubica en el rango B, con una media de 1,32 cm de altura.

Tabla 13 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable altura cotiledón (AC) a los 7 y 14 días

Dosis	Medias	Rango	Medias	Rango
	7 días		14 días	
4	1,12	A	1,53	A
3	1,01	B	1,42	B
2	0,86	C	1,28	C
1	0,77	D	1,16	D
promedio	0,94		1,3475	

Figura 8 Medias para Factor B (Dosis) en la variable altura cotiledón (AC) a los 7 días



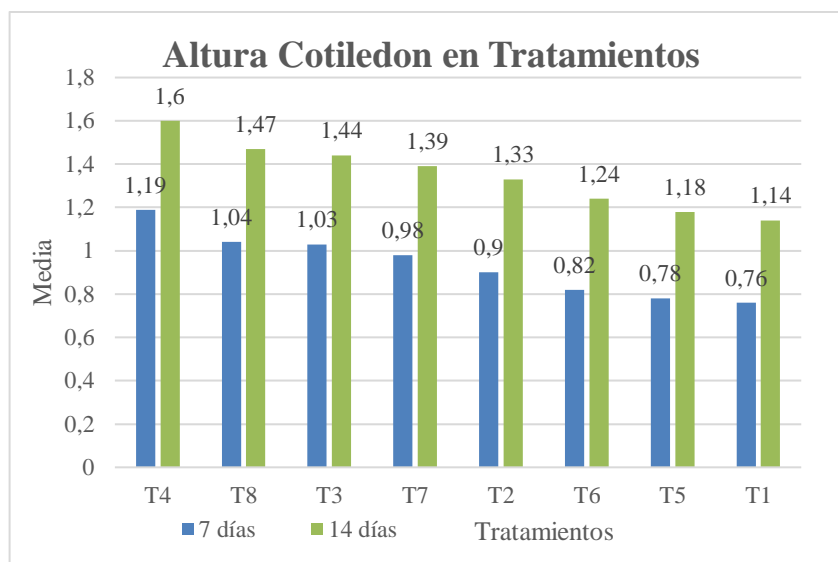
En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 13, para la variable altura del cotiledón a los 7 días, se identifican cuatro rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por litro de agua) muestra una media de 1,12 cm de altura del cotiledón. En el segundo rango (B) se encuentra la dosis 3 (4 ml por litro de agua), seguida por la dosis 2 (2 ml por litro de agua) en el rango C, y finalmente la dosis 1 (0 ml por litro de agua) en el rango D, con una media de 0,77 cm. Sin embargo, a los 14 días, también se observan cuatro rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por litro de agua) tiene una media de 1,53 cm de altura del cotiledón. La dosis 3 (4 ml por litro de agua) ocupa el rango B, seguida por la dosis 2 (2 ml por litro de agua) en el rango C, y la dosis 1 (0 ml por litro de agua) en el rango D, con una media de 1,16 cm de altura del cotiledón.

Tabla 14 Prueba Tukey para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable altura cotiledón a los 7 y 14 días

Tratamiento	Frecuencia	Dosis	Medias	Rango	Tratamiento	Medias	Rango
T4	1	4	1,19	A	T4	1,6	A
T8	2	4	1,04	B	T8	1,47	B
T3	1	3	1,03	B	T3	1,44	B
T7	2	3	0,98	B-C	T7	1,39	B-C
T2	1	2	0,9	C-D	T2	1,33	C-D
T6	2	2	0,82	D-E	T6	1,24	D-E

T5	2	1	0,78	D-E	T5	1,18	E
T1	1	1	0,76	E	T1	1,14	E
Promedio			0,94			1,35	

Figura 9 Medias para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable altura cotiledón a los 7 y 14 días



En la tabla 14 de la prueba de Tukey al 5% para la interacción A*B (frecuencia*dosis) se puede observar que para la variable altura cotiledón se formaron 6 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A Tratamiento 4 F1D4 (frecuencia 1 dosis4) con una media de 1,19 cm de altura cotiledón, seguido el tratamiento 8 F2D4 (frecuencia 2 dosis4) en el rango B, tratamiento 3 F1D3 (frecuencia1 dosis3), el tratamiento 7 F2D3 (frecuencia 2 dosis 3) en el rango B-C, tratamiento 2 F1D2 (frecuencia 1 dosis 2) en el rango C-D, tratamiento 6 F2D2 (frecuencia 2 dosis 2) en el rango D-E y por último el tratamiento 5 F2D1 (frecuencia 2 dosis 1), tratamiento 1 F1D1 (frecuencia 1 dosis 1) en el rango de E con una media de 0,76 cm altura cotiledón. Sin embargo a los 14 días se formaron de igual manera 6 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A Tratamiento 4 F1D4 (frecuencia 1 dosis4) con una media de 1,6 cm de altura cotiledón, seguido el tratamiento 8 F2D4 (frecuencia 2 dosis4) en el rango B, tratamiento 3 F1D3 (frecuencia1 dosis3), el tratamiento 7 F2D3 (frecuencia 2 dosis 3) en el rango B-C,

tratamiento 2 F1D2 (frecuencia 1 dosis 2) en el rango C-D, tratamiento 6 F2D2 (frecuencia 2 dosis 2) en el rango D-E y por último el tratamiento 5 F2D1 (frecuencia 2 dosis 1), tratamiento 1 F1D1 (frecuencia 1 dosis 1) en el rango de E con una media de 1,14 cm altura cotiledón.

9.1.3 Altura de la planta

Tabla 15 ANOVA para la variable altura de la planta (AP) 14, 21 Y 28 días

F.V.	GL	14 días			21 días			28 días				
		CM	P-VALOR		GL	CM	P-VALOR	GL	CM	P-VALOR		
repetición	5	0,01	0,5602	n.s	5	0,01	0,6884	n.s	5	0,04	0,4217	n.s
frecuencia	1	0,92	<0,0001	***	1	0,82	<0,0001	***	1	2,15	<0,0001	***
dosis	3	0,47	<0,0001	***	3	0,56	<0,0001	***	3	1,99	<0,0001	***
frecuencia*dosis	3	0,08	0,0025	**	3	0,06	0,06	n.s	3	0,18	0,0041	**
Error	35	0,01			35	0,02			35	0,03		
Total	47				47				47			
Promedio		3,41				4,1				4,92		
CV %		3,46				3,56				3,78		

Tabla 16 ANOVA para la variable altura de la planta (AP) 35, 42 y 49 días

F.V.	GL	35 días			42 días			49 días				
		CM	P-VALOR		GL	CM	P-VALOR	GL	CM	P-VALOR		
repetición	5	0,02	0,6808	n.s	5	0,05	0,2629	n.s	5	0,02	0,5187	n.s
frecuencia	1	1,99	<0,0001	***	1	1,85	<0,0001	***	1	1,23	<0,0001	***
dosis	3	2,05	<0,0001	***	3	1,74	<0,0001	***	3	5,87	<0,0001	***
frecuencia*dosis	3	0,16	0,0056	**	3	0,16	0,0077	**	3	0,27	<0,0001	***
Error	35	0,03			35	0,03			35	0,02		
Total	47				47				47			
Promedio		5,33				5,855				6,46		
CV %		3,35				3,13				2,43		

En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 15 y 16, tanto a los 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días después de la siembra, no se detecta significancia estadística en la fuente de variación repetición. No obstante, se observa una alta significancia estadística

en el factor A (frecuencia) y una alta significancia en el factor B (dosis), con p-valores inferiores a 0,0001 durante cada toma de datos. Esto nos indica que al menos uno de los niveles del factor B se incide en la variable de altura de la planta. Además, la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) también muestra significancia estadística a los 14, 28, 35, 42 y 49 días, El coeficiente de variación (CV%) es de 3,41 a los 7 días, 3,56 a los 14 días, 3,78 a los 28 días, 5,53 a los 35 días, 5,85 a los 42 días y 6,46 a los 49 días, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

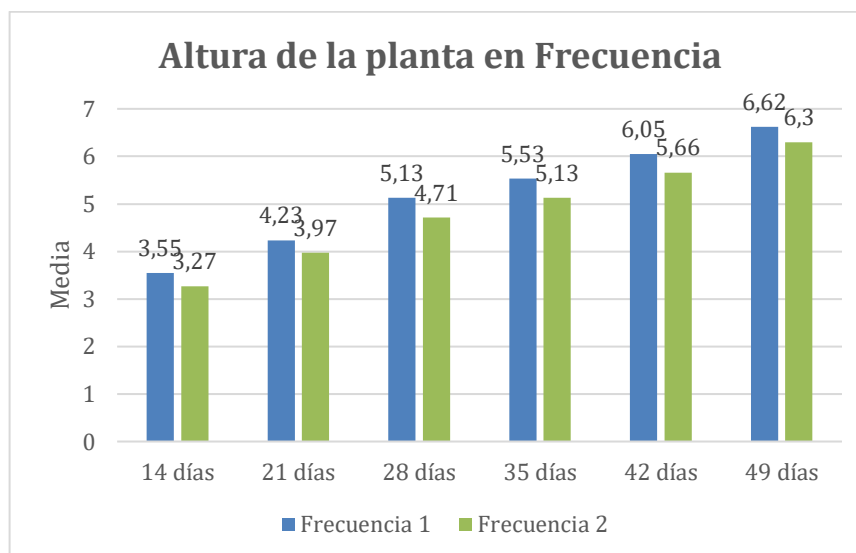
Tabla 17 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable altura de la planta (AP) a los 14, 21 y 28 días

Frecuencia	Medias Rango		Frecuencia	Medias Rango		Frecuencia	Medias Rango	
	14 días			21 días			28 días	
1	3,55	A	1	4,23	A	1	5,13	A
2	3,27	B	2	3,97	B	2	4,71	B
Promedio	3,41			4,1			4,92	

Tabla 18 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable altura de la planta (AP) a los 35, 42 y 49 días

Frecuencia	Medias Rango		Frecuencia	Medias Rango		Frecuencia	Medias Rango	
	35 días			42 días			49 días	
1	5,53	A	1	6,05	A	1	6,62	A
2	5,13	B	2	5,66	B	2	6,3	B
Promedio	5,33			5,855			6,46	

Figura 10 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable altura de la planta (AP) a los 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días



En la prueba de Tukey al 5% mostrada en la tabla 17 y 18, para la variable altura de la planta en los días 14, 21, 28, 35, 42 y 49, se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor A (frecuencia). En el primer rango (A), la frecuencia 1 muestra una media de 3,55 cm a los 14 días, 4,23 cm a los 21 días, 5,13 cm a los 28 días, 5,53 cm a los 35 días, 6,05 cm a los 42 días y 6,62 cm a los 49 días en altura de la planta, mientras que en el segundo rango (B), la frecuencia 2 presenta una media de 3,27 cm a los 14 días, 3,97 cm a los 21 días, 4,71 cm a los 28 días, 5,13 cm a los 35 días, 5,66 cm a los 42 días y 6,3 a los 49 días.

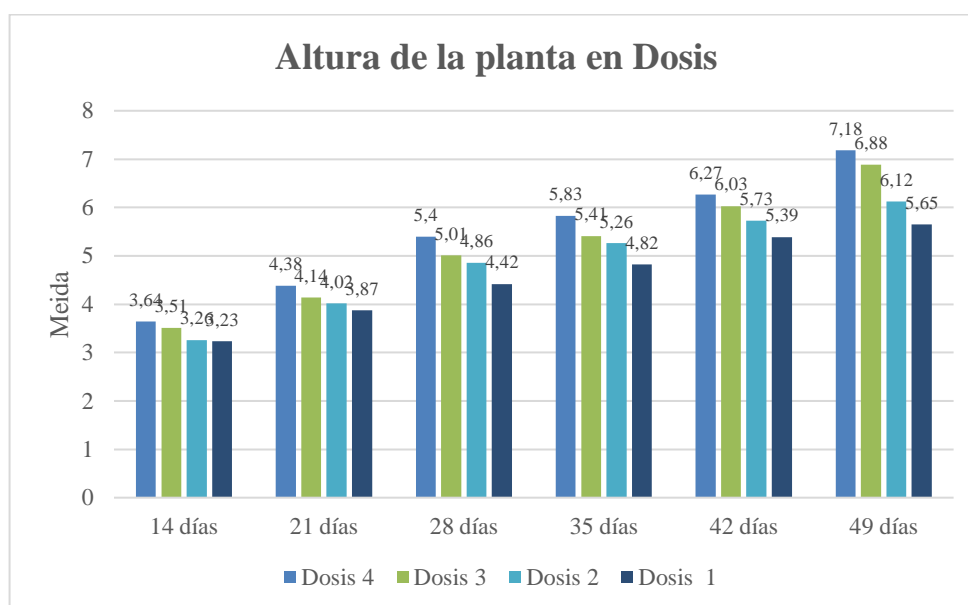
Tabla 19 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 14, 21 y 28 días.

Dosis	Medias	Rango	Dosis	Medias	Rango	Dosis	Medias	Rango
	14 días			21 días			28 días	
4	3,64	A	4	4,38	A	4	5,4	A
3	3,51	B	3	4,14	B	3	5,01	B
1	3,26	C	2	4,02	B-C	2	4,86	B
2	3,23	C	1	3,87	C	1	4,42	C
Promedio	3,41			4,1025			4,9225	

Tabla 20 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 35, 42 y 49 días.

Dosis	Medias	Rango	Dosis	Medias	Rango	Dosis	Medias	Rango
35 días			42 días			49 días		
4	5,83	A	4	6,27	A	4	7,18	A
3	5,41	B	3	6,03	B	3	6,88	B
2	5,26	B	2	5,73	C	2	6,12	C
1	4,82	C	1	5,39	D	1	5,65	D
Promedio	5,33			5,855			6,4575	

Figura 11 Medias para Factor B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días



En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 19 y 20, para la variable altura de la planta en los días 14, 21, 28, 35, 42 y 49, se identifican cuatro rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por 1 litro de agua) muestra una media de 3,64 cm a los 14 días, 4,38 cm a los 21 días, 5,4 cm a los 28 días, 5,83 cm a los 35 días, 6,27 a los 42 días y 7,18 a los 49 días, de altura de la planta. En el segundo rango (B) se encuentra la dosis 3 (4 ml por 1 litro de agua) los seis días evaluados, seguida por la dosis 2 (2 ml por 1 litro de agua) en el rango B, B-C y C, y finalmente la dosis 1 (0 ml por litro de agua) en el rango C y D, con una media

de 3,23cm a los 14 días 3,87 cm a los 21 días, 4,42 cm a los 28 días, 4,82 cm a los 35 días, 5,39 cm, los 42 días y 5, 65 cm a los 49 días.

La dosis 4 tiene el efecto más positivo en el crecimiento de la planta en comparación con las dosis 1, 2 y 3, en los seis días evaluados. La dosis 3 tiene un efecto intermedio, siendo menos efectiva que la dosis 4 pero superior a las dosis 1 y 2. La dosis 2 y la dosis 1 muestran resultados menores, con la dosis 1 generalmente en el rango más bajo en los días 35, 42 y 49.

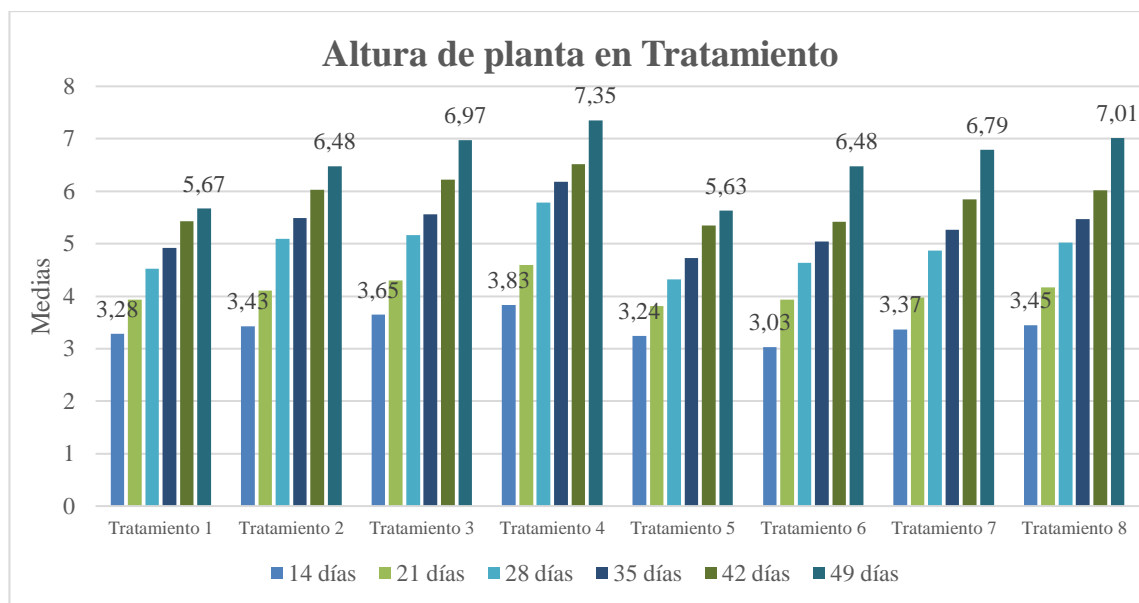
Tabla 21 Prueba Tukey al 5% para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 14 y 28 días

Tratamientos	frecuencia	dosis	14 días		28 días		
			Medias	Rango	Medias	Rango	
T4	1	4	3,83	A	T4	5,78	A
T3	1	3	3,65	A	T3	5,16	B
T8	2	4	3,45	B-C	T2	5,09	B
T2	1	2	3,43	C	T8	5,02	B
T7	2	3	3,37	C	T7	4,87	B-C
T1	1	1	3,28	C	T6	4,64	C-D
T5	2	1	3,24	C-D	T1	4,52	D
T6	2	2	3,03	D	T5	4,32	D
Promedio			3,41			4,925	

Tabla 22 Prueba Tukey al 5% para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 35, 42 y 49 días

Tratamientos	35 días		Tratamientos	42 días		Tratamientos	49 días	
	Medias	Rango		Medias	Rango		Medias	Rango
T4	6,18	A	T4	6,52	A	T4	7,35	A
T3	5,56	B	T3	6,22	A	T8	7,01	B
T2	5,49	B	T2	6,03	B-C	T3	6,97	B
T8	5,47	B	T8	6,02	B-C	T7	6,79	B
T7	5,27	B-C	T7	5,85	C	T2	6,48	C
T6	5,04	C-D	T1	5,43	D	T6	5,75	D
T1	4,92	D	T6	5,42	D	T1	5,67	D
T5	4,73	D	T5	5,35	D	T5	5,63	D
Promedio	5,3			5,8			6,5	

Figura 12 Medias para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 14, 21, 28, 35, 42 y 49 días



En la tabla 21 y 22 de la prueba de Tukey al 5% para la interacción A*B (frecuencia*dosis) se puede observar que para la variable altura de la planta se formaron 5 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A Tratamiento 4 F1D4 (frecuencia 1 dosis 4) en los días 14, 21, 28, 35, 42, 49, con una media en cm 3,83cm, 4,6 cm, 5,78 cm, 6,18 cm, 6,52 cm y 7,35 cm en altura de la planta, seguido el tratamiento 3 F1D3 (frecuencia 1 dosis 3) en el rango A y B, tratamiento 8 F2D4 (frecuencia 2 dosis 4) en el rango entre B y B-C, tratamiento 2 F1D2 (frecuencia 1 dosis 2) en el rango B, B-C y C, el tratamiento 7 F2D3 (frecuencia 2 dosis 3) en el rango B, D-C y C, tratamiento 6 F2D2 (frecuencia 2 dosis 2) en el rango C-D y D, tratamiento 1 F1D1 (frecuencia 1 dosis 1) en el rango de C y D y por último el tratamiento 5 F2D1 (frecuencia 2 dosis 1) en el rango C- D y D, con una media de 3,24cm a los 14 días, 3,81, cm a los 21 días, 4,32 cm a los 28 días, 5,35 a los 42 días y 5, 63 cm a los 49 días.

Lo que indica que el tratamiento T4 es consistentemente el más efectivo para el crecimiento de la planta en todos los días evaluados, mostrando las medias más altas y manteniéndose en el rango A en cada medición. Tratamiento T3 y Tratamiento T8 también muestran buenos resultados, aunque su rendimiento es generalmente inferior al de T4. Ambos tratamientos tienen un desempeño relativamente alto, especialmente

en los días más avanzados. Tratamiento T2 y Tratamiento T7 muestran un rendimiento intermedio, con resultados que varían dependiendo del día, tratamientos T6, T1 y T5 tienden a tener los valores más bajos, especialmente en los días posteriores, reflejando menos efectividad en comparación con los tratamientos superiores, el crecimiento de la planta aumenta de manera general a lo largo del tiempo, con los promedios subiendo de 3,41 cm en el día 14 a 6,5 cm en el día 49, reflejando un crecimiento sostenido y progresivo.

9.1.4 Numero hojas

Tabla 23 ANOVA para la variable número de hojas (NH) a los 21, 28 y 35 días

F.V.	GL	21 días			GL	28 días			GL	35 días		
		CM	P-VALOR			CM	P-VALOR			CM	P-VALOR	
repetición	5	0,01	0,7561	n.s	5	0,02	0,3646	n.s	5	0,02	0,577	n.s
frecuencia	1	0,27	<0,0001	***	1	0,45	<0,0001	***	1	0,29	0,001	**
dosis	3	0,36	<0,0001	***	3	1,39	<0,0001	***	3	1,56	<0,0001	***
frecuencia*dosis	3	0,06	0,0021	**	3	0,1	0,0019	**	3	0,19	0,0003	**
Error	35	1,00E-02			35	0,02			35	0,02		
Total	47				47				47			
CV%	4,33				4,17				3,61			

Tabla 24 ANOVA para la variable número de hojas (NH) a los 42 y 49 días

F.V.	GL	42 días			GL	49 días		
		CM	P-VALOR			CM	P-VALOR	
repetición	5	0,02	0,413	n.s	5	0,13	0,290	n.s
frecuencia	1	0,32	0,0001	**	1	0,91	0,0051	**
dosis	3	1	<0,0001	***	3	0,97	0,0001	***
frecuencia*dosis	3	0,06	0,025	*	3	0,2	0,1443	n.s
Error	35	0,02			35	0,1		
Total	47				47			
CV %	2,52				5,08			

En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 23 y 24, en los días 21, 28, 35, 42 y 49 en la variable número de hojas, no se detecta significancia estadística en la

fuente de variación repetición. No obstante, se observa una alta significancia estadística en el factor A (frecuencia) y una alta significancia en el factor B (dosis). Esto nos indica que al menos uno de los niveles del factor B se incide en la variable número de hojas, la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) también muestra significancia estadística, además el coeficiente de variación (CV%) es de 4,33% a los 21 días, 4,17% a los 28 días, 3,16 a los 35 días, 2,52% los 42 días y 5,08% a los 49 días, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

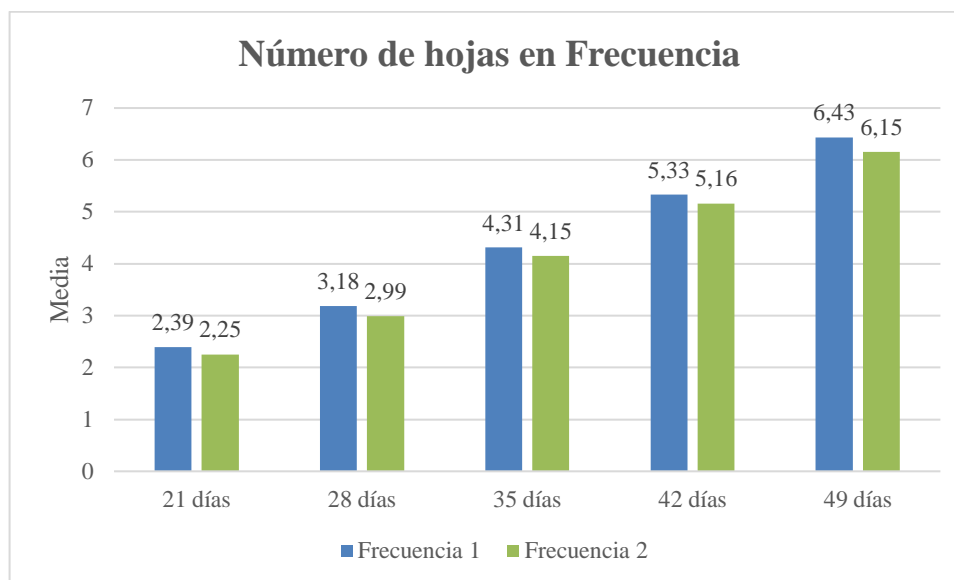
Tabla 25 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable número de hojas (NH) a los 21, 28 y 35 días.

Frecuencia	Medias	Rango	Frecuencia	Medias	Rango	Frecuencia	Medias	Rango
21 días			28 días			35 días		
1	2,39	A	1	3,18	A	1	4,31	A
2	2,25	B	2	2,99	B	2	4,15	B
Promedio	2,32			3,085			4,23	

Tabla 26 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable número (NH) de hojas a los 42 y 49 días.

Frecuencia	Medias	Rango	Frecuencia	Medias	Rango
42 días			49 días		
1	5,33	A	1	6,43	A
2	5,16	B	2	6,15	B
Promedio	5,245			6,29	

Figura 13 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable número de hojas (NH) a los 21, 28, 35, 42 y 49 días



En la prueba de Tukey al 5% mostrada en la tabla 25 y 26, para la variable número de hojas en los días 21, 28, 35, 42 y 49, se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor A (frecuencia). En el primer rango (A), la frecuencia 1 muestra una media de 2,39 a los 21 días, 3,18 a los 28 días, 4,31 a los 35 días, 5,33 a los 42 cm días y 6,43 a los 49 días en número de hojas, mientras que en el segundo rango (B), la frecuencia 2 presenta una media de 2,25 a los 21 días, 2,99 a los 28 días, 4,15 a los 35 días, 5,16 a los 42 días y 6,15 a los 49 días en número de hojas.

Tabla 27 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable número de hojas (NH) a los 21, 28 y 35 días.

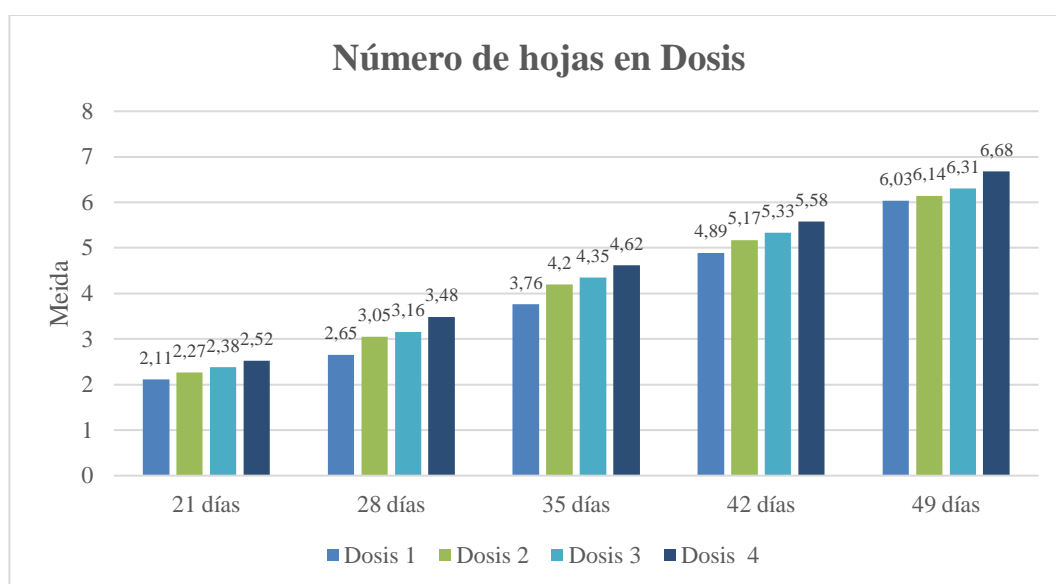
Dosis	Medias	Rango	Dosis	Medias	Rango	Dosis	Medias	Rango
21 días			28 días			35 días		
4	2,52	A	4	3,48	A	4	4,62	A
3	2,38	B	3	3,16	B	3	4,35	B
2	2,27	C	2	3,05	B	2	4,2	B
1	2,11	D	1	2,65	C	1	3,76	C
promedio	2,32			3,085			4,2325	

Tabla 28 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable número de hojas (NH) a los 42 y 49 días.

Dosis	Medias	Rango	Dosis	Medias	Rango
	42 días			49 días	

4	5,58	A	4	6,68	A
3	5,33	B	3	6,31	B
2	5,17	C	2	6,14	B
1	4,89	D	1	6,03	B
Promedio	5,2425			6,29	

Figura 14 Medias para Factor B (Dosis) en la variable número de hojas (NH) a los 21, 28, 35, 42 y 49 días



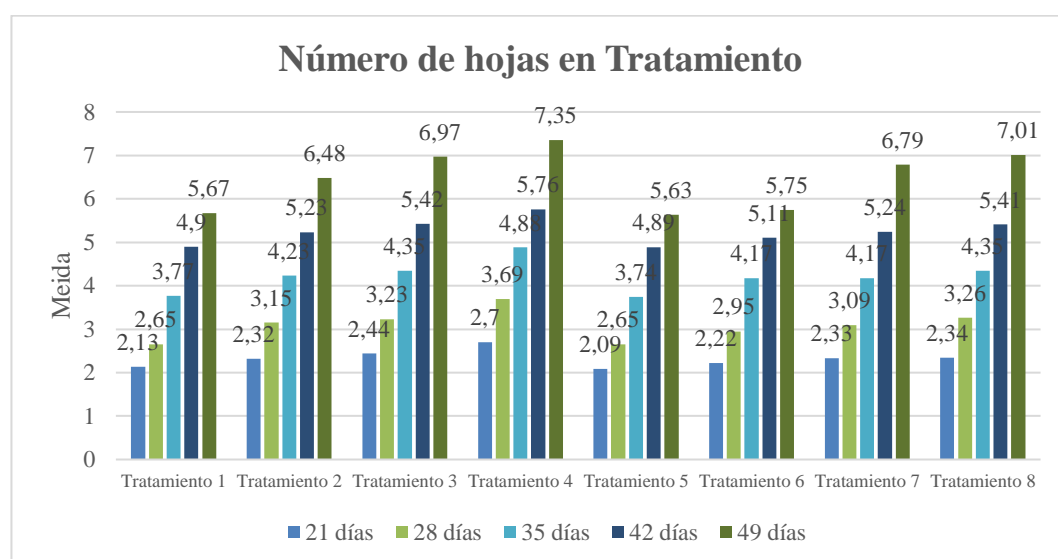
En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 27 y 28, para el número de hojas en los días 21, 28, 35, 42 y 49, se identifican cuatro rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por 1 litro de agua) muestra una media de 2,52 a los 21 días, 3,48 a los 28 días, 4,62 a los 35 días, 5,58 a los 42 días y 6,68 a los 49 días, de número de hojas. En el segundo rango (B) se encuentra la dosis 3 (4 ml por 1 litro de agua) los cinco días evaluadas, seguida por la dosis 2 (2 ml por 1 litro de agua) en el rango B y C y finalmente la dosis 1 (0 ml por litro de agua) en el rango C y D, con una media de 2,11 a los 21 días, 2,65 a los 28 días, 3,76 a los 35 días, 4,89 cm, los 42 días y 6,03 cm a los 49 días.

Tabla 29 Prueba Tukey para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable número de hojas (NH) a los 21, 28, 35 y 42 días

Tratamientos	frecuencia	dosis	Medias	Rango	Tratamientos	Medias	Rango	Tratamientos	Medias	Rango	Tratamientos	Medias	Rango
			21 días			28 días			35 días			42 días	

T4	1	4	2,7	A	T4	3,69	A	T4	4,88	A	T4	5,76	A
T3	1	3	2,44	B	T8	3,26	B	T3	4,35	B	T3	5,42	B
T8	2	4	2,34	B-C	T3	3,23	B	T8	4,35	B	T8	5,41	B
T7	2	3	2,33	B-C	T2	3,15	B-C	T7	4,35	B	T7	5,24	B-C
T2	1	2	2,32	B-C-D	T7	3,09	B-C	T2	4,23	B	T2	5,23	B-C
T6	2	2	2,22	C-D-E	T6	2,95	C	T6	4,17	B	T6	5,11	C-D
T1	1	1	2,13	D-E	T5	2,65	D	T1	3,77	C	T1	4,9	D
T5	2	1	2,09	E	T1	2,65	D	T5	3,74	C	T5	4,89	D
Promedio			2,32			3,08			4,23			5,25	

Figura 15 Medias para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable número de hojas a los 21, 28, 35, 42 y 49 días



En la tabla 29 de la prueba de Tukey al 5% para la interacción A*B (frecuencia*dosis) se puede observar que para la variable número de hojas se formaron 7 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A Tratamiento 4 F1D4 (frecuencia 1 dosis 4) en los días 21, 28, 35, 42, 49, con una media en cm 2,7, 3,69, 4,8, 5,76 y 7,35 número de hojas, seguido el tratamiento 3 F1D3 (frecuencia 1 dosis 3) en el rango B, el tratamiento 8 F2D4 (frecuencia 2 dosis 4) y tratamiento 7 F2D3 (frecuencia 2 dosis 3) en el rango B, B-C, el tratamiento 2 F1D2 (frecuencia 1 dosis 2) en el rango B, B-C y B-C-D, tratamiento 6 F2D2 (frecuencia 2 dosis 2) en el rango B, C-D y E,

tratamiento 1 F1D1 (frecuencia 1 dosis 1) en el rango de C, D y D-E por último el tratamiento 5 F2D1 (frecuencia 2 dosis 1) en el rango C, D y E, con una media de 2,13, a los 21 días, 2,63 a los 28 días, 3,7 a los 35 días, 4,9 a los 42 días y 5,67 a los 49 días.

9.1.5 Longitud de la raíz

Tabla 30 ANOVA para la variable Longitud de la raíz (LR) a los 50 días

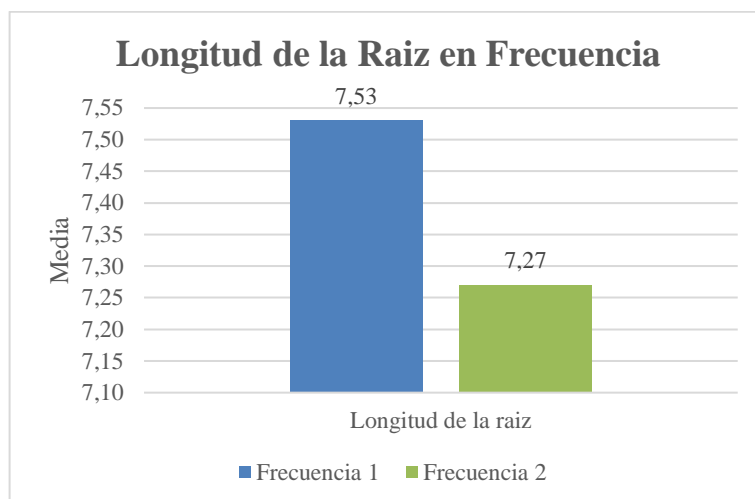
F.V.	GL	CM	P-VALOR	
repetición	5	0,07	0,9308	n.s
frecuencia	1	1,36	0,0301	*
dosis	3	2,2	0,0003	**
frecuencia*dosis	3	0,78	0,0476	*
Error	35	0,27		
Total	47			
CV %	6,87			

En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 30, a los 50 días en la variable longitud de la raíz, no se detecta significancia estadística en la fuente de variación repetición. No obstante, se observa una alta significancia estadística en el factor A (frecuencia) y una alta significancia en el factor B (dosis). Esto nos indica que al menos uno de los niveles del factor B se incide en la variable de altura de la planta, la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) también muestra significancia estadística, además el coeficiente de variación (CV%) es de 6,87, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

Tabla 31 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable longitud de la raíz (LG) a los 50 días

Frecuencia	Medias	Rango
1	7,53	A
2	7,27	B
Promedio	7,4	

Figura 16 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable longitud de la raíz (LG) a los 50 días

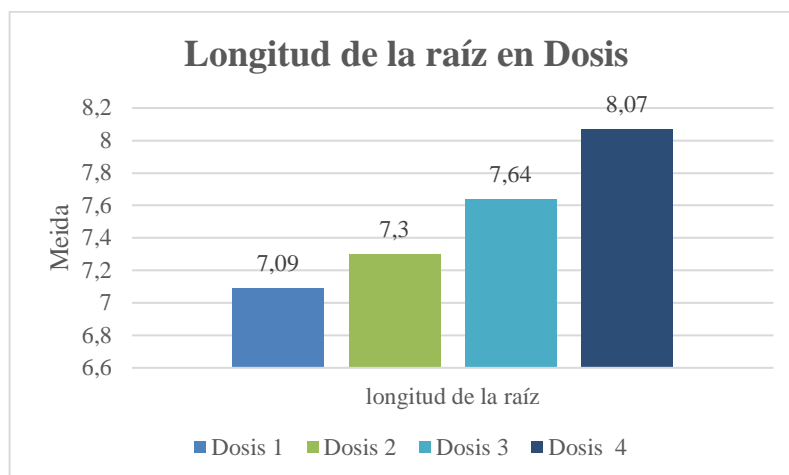


En la prueba de Tukey al 5% mostrada en la tabla 31, para el variable de longitud de la raíz a los 50 días, se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor A (frecuencia). En el primer rango (A), la frecuencia 1 muestra una media de 7,53 cm, mientras que en el segundo rango (B), la frecuencia 2 presenta una media de 7,27 cm a los 14 días.

Tabla 32 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable longitud de la raíz (LG) a los 50 días

Dosis	Medias	Rango
4	8,07	A
3	7,64	A -B
2	7,3	B
1	7,09	B
Promedio	7,53	

Figura 17 Medias para Prueba Factor B (Dosis) en la variable longitud de la raíz (LG) a los 50 días

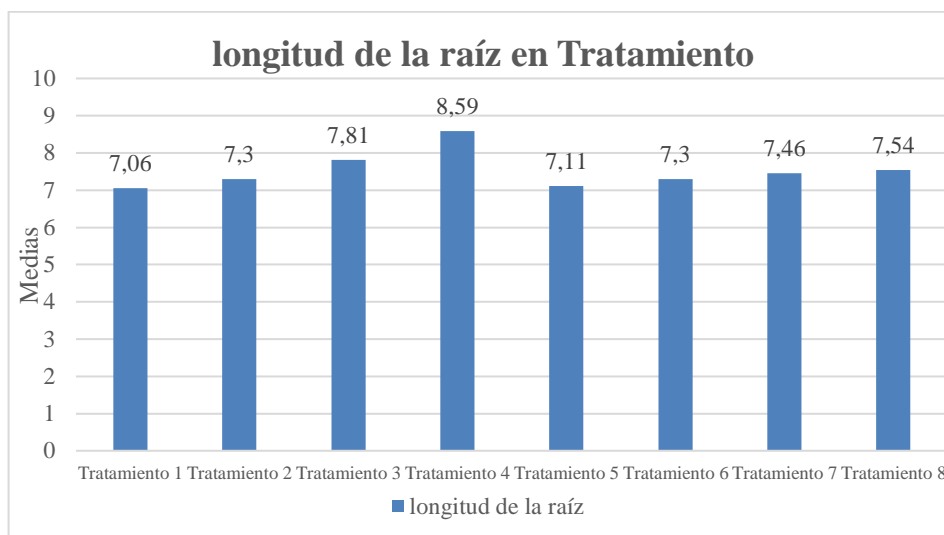


En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 32, para la variable longitud de la raíz a los 50 días, se identifican tres rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por 1 litro de agua) muestra una media de 8,07 cm, en el segundo rango A-B la dosis 3 (4 ml por 1 litro de agua), finalmente se encuentra la dosis 2 (2 ml por 1 litro de agua) y la dosis 1 (0 ml por litro de agua) en el rango B, con una media 7,3 y 7,09 cm.

Tabla 33 Prueba Tukey para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable longitud de la raíz (LG) 50 días

Tratamientos	Frecuencia	Dosis	Medias	Rango
T4	1	4	8,59	A
T3	1	3	7,81	A -B
T8	2	4	7,54	B
T7	2	3	7,46	B-C
T2	1	2	7,3	B-C
T6	2	2	7,3	B-C
T5	2	1	7,11	B-C
T1	1	1	7,06	B-C
Promedio			7,52	

Figura 18 Medias para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable longitud de la raíz a los 50 días



En la tabla 33 de la prueba de Tukey al 5% para la interacción A*B (frecuencia*dosis) se puede observar que para la variable volumen de la raíz se formaron 4 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A Tratamiento 4 F1D4 (frecuencia 1 dosis4) con una media de 8,59 cm, en el segundo rango A-B el tratamiento 3 F1D3 (frecuencia1 dosis3) con una media de 7,81 cm, seguido el tratamiento 8 F2D4 (frecuencia 2 dosis4) en el rango B y finalmente los tratamiento 7 F2D3 (frecuencia 2 dosis 3), 2 F1D2 (frecuencia 1 dosis 2), el tratamiento 6 F2D2 (frecuencia 2 dosis 2), el tratamiento 5 F2D1 (frecuencia 2 dosis 1), el tratamiento 1 F1D1 (frecuencia 1 dosis 1) se encuentran en un solo rango B-C donde la media más baja es el T1 con 7,06 cm.

9.1.6 Volumen de la raíz

Tabla 34 ANOVA para la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
repetición	0,14	5	0,03	0,28	0,922	n.s
frecuencia	2,3	1	2,3	23,34	<0,0001	***
dosis	9,87	3	3,29	33,42	<0,0001	***
frecuencia*dosis	1,22	3	0,41	4,12	0,013	*
Error	3,44	35	0,1			
Total	16,96	47				
CV %		6,92				

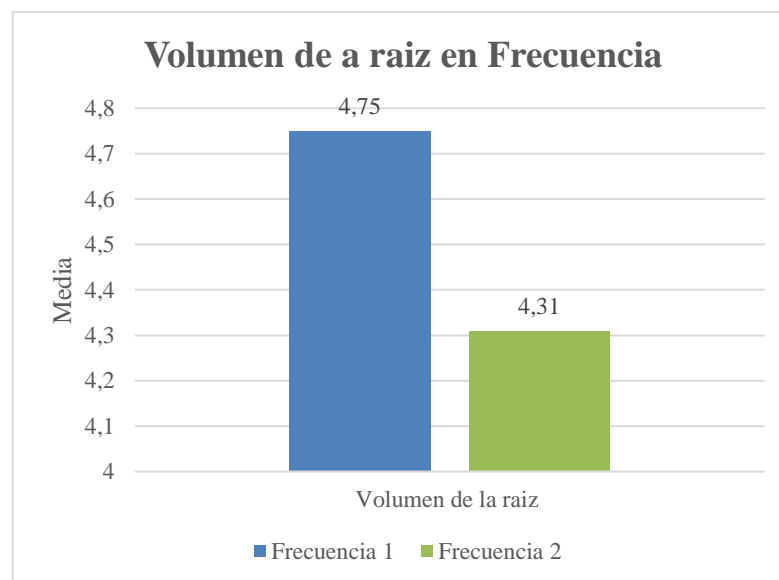
En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 34, a los 50 días en la variable volumen de la raíz, no se detecta significancia estadística en la fuente de

variación repetición. No obstante, se observa una alta significancia estadística en el factor A (frecuencia) y una alta significancia en el factor B (dosis), con p-valores inferiores a 0,0001. Esto nos indica que al menos uno de los niveles del factor B se incide en la variable de altura de la planta. Además, la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) también muestra significancia estadística, además el coeficiente de variación (CV%) es de 6,92, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

Tabla 35 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días

Frecuencia	Medias	Rango
1	4,75	A
2	4,31	B
Promedio	4,53	

Figura 19 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable longitud de la raíz (LG) a los 50 días

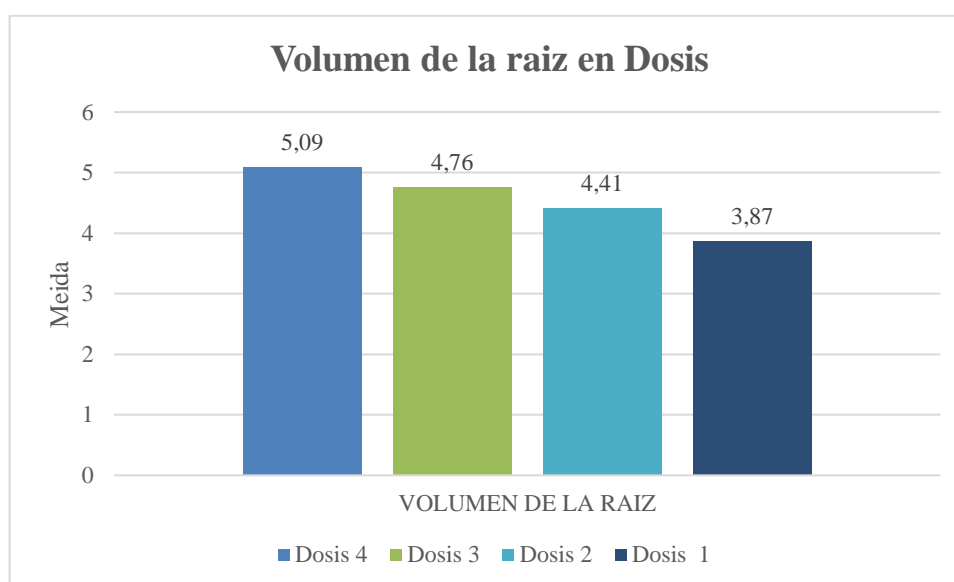


En la prueba de Tukey al 5% mostrada en la tabla 35, para el volumen de la raíz a los 50 días, se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor A (frecuencia). En el primer rango (A), la frecuencia 1 muestra una media de 4,75 cm³, mientras que en el segundo rango (B), la frecuencia 2 presenta una media de 4,31 cm³ a los 14 días.

Tabla 36 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días

Dosis	Medias	Rango
4	5,09	A
3	4,76	A
2	4,41	B
1	3,87	C
promedio	4,53	

Figura 20 Media para Factor B (Dosis) en la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días.



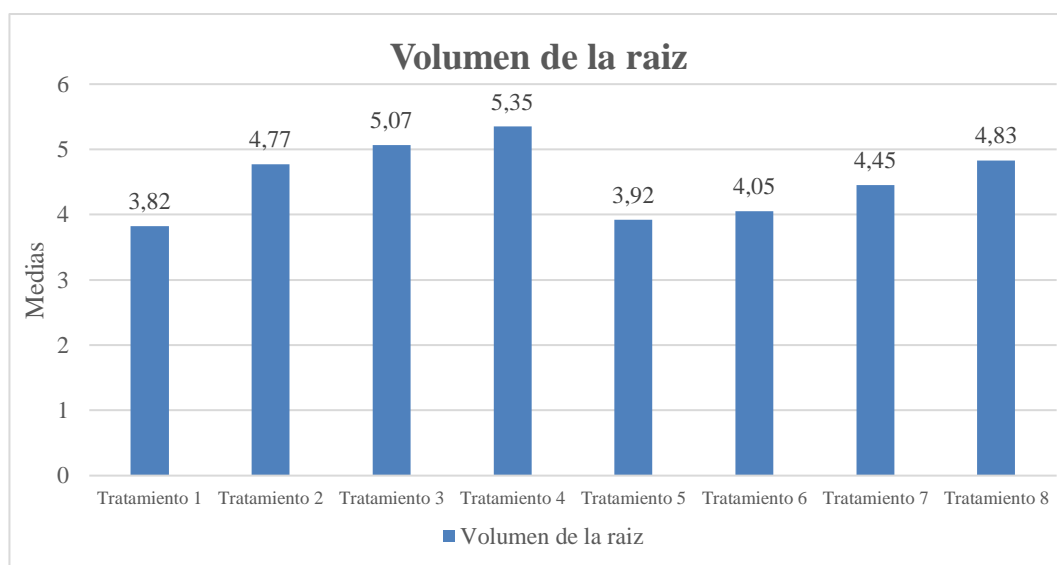
En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 36, para la variable volumen de la raíz a los 50 días, se identifican tres rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por 1 litro de agua) muestra una media de 5,09 cm³ y la dosis 3 (4 ml por 1 litro de agua) con una media de 4,76 cm³, En el segundo rango (B) se encuentra la dosis 2 (2 ml por 1 litro de agua) en el rango B y finalmente la dosis 1 (0 ml por litro de agua) en el rango C, con una media 3,87 cm³, lo que indica que dosis 4 y dosis 3 tienen el mejor rendimiento, ambas en el rango A, dosis 2 tiene un rendimiento intermedio, dosis 1 tiene el menor rendimiento.

Tabla 37 Prueba Tukey para la interacción factor A*B (frecuencia*dosis) en la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días

Tratamientos	frecuencia	dosis	Medias	Rango
--------------	------------	-------	--------	-------

T4	1	4	5,35	A
T3	1	3	5,07	A
T8	2	4	4,83	A-B
T2	1	2	4,77	A-B
T7	2	3	4,45	B
T6	2	2	4,05	C
T5	2	1	3,92	C-D
T1	1	1	3,82	C-D
Promedio			4,5	

Figura 21 Medias para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable volumen de la raíz (VR) a los 50 días



En la tabla 37 de la prueba de Tukey al 5% para la interacción A*B (frecuencia*dosis) se puede observar que para la variable volumen de la raíz se formaron 5 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A Tratamiento 4 F1D4 (frecuencia 1 dosis4) con una media de 5,35 cm³ y el tratamiento 3 F1D3 (frecuencia 1 dosis3) con una media de 5,07 cm³, seguido el tratamiento 8 F2D4 (frecuencia 2 dosis4) y el tratamiento 2 F1D2 (frecuencia 1 dosis 2) en el rango A-B, el tratamiento 7 F2D3 (frecuencia 2 dosis 3) en el rango B, el tratamiento 6 F2D2 (frecuencia 2 dosis 2) en el rango C y por último el tratamiento 5 F2D1 (frecuencia 2 dosis 1) y tratamiento 1 F1D1 (frecuencia 1 dosis 1) en el rango de C-D con una media de 3,82 cm³ volumen

de la raíz, lo que indica que el Tratamientos T4 y T3 tienen el mejor rendimiento y el Tratamientos T7, T6, T5, y T1 tienen rendimientos más bajos.

9.1.7 Clorosis

Tabla 38 ANOVA para la variable grado de clorosis (GC) a los 50 días

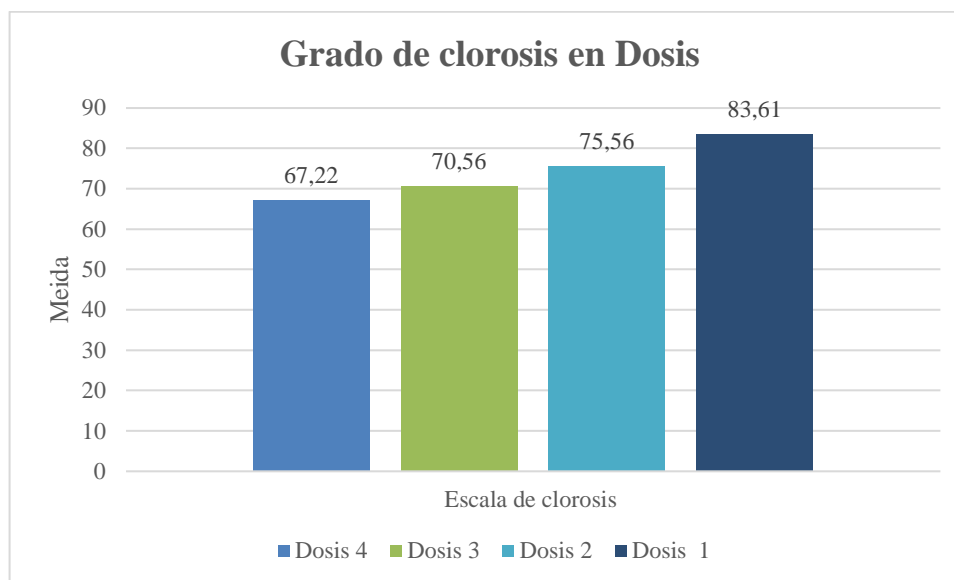
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
repetición	501,08	5	100,22	0,83	0,5381	n.s
frecuencia	352,03	1	352,03	2,91	0,0969	n.s
dosis	1828,7	3	609,57	5,04	0,0052	**
frecuencia*dosis	522,68	3	174,23	1,44	0,2476	n.s
Error	4233,55	35	120,96			
Total	7438,05	47				
CV %		14,81				

En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 38, a los 50 días en variable porcentaje de grado de clorosis de la planta, en la cual la mayoría de la planta se encuentra en alto porcentaje clorótica en la escala 3 por lo tanto, no se detecta significancia estadística en la fuente de variación repetición como también en el factor A (frecuencia), sin embargo si existe una alta significancia en el factor B (dosis), la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) no se muestra significancia estadística, además el coeficiente de variación (CV%) es de 14,81, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

Tabla 39 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable grado de clorosis (GC) a los 50 días

Dosis	Medias	Rango
1	83,61	A
3	75,56	A-B
2	70,56	B
4	67,22	B
Promedio	74,2	

Figura 22 Medias para Factor A (Frecuencia) en la variable grado de clorosis (GC) a los 3 días



En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 39, para la variable grado de clorosis en la planta a los 50 días, se identifican cuatro rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 1 (0 ml por litro de agua) con una media de 83,61 % de grado clorótica en la escala 3, seguido tenemos la dosis 2 (2 ml por litro de agua) en el rango A-B y finalmente la dosis 3 (4 ml por litro de agua) y la dosis 4 (6 ml por litro de agua) en el rango B con una media de 67,22 % de las plantas se encuentran clorótica en la escala 3 planta clorótica intervenal, lo que indica que la mayoría de las plantas se encuentra en la escala 3 y por tanto dosis 1 un porcentaje mayor grado de clorosis, siendo la más clorótica, la dosis 2 tiene un grado de clorosis considerable, la dosis 3 y la dosis 4 resulta en el menor grado de clorosis, siendo la menos clorótica.

9.1.8 Altura de la planta en campo

Tabla 40 ANOVA para la variable altura de la planta a los 15, 30 y 45 días

F.V.	GL	15 días			30 días			45 días				
		CM	P-VALOR	GL	CM	P-VALOR	GL	CM	P-VALOR			
repetición	5	0,47	0,277	n.s	5	2	0,18	n.s	5	4,14	0,064	n.s
frecuencia	1	2,8	0,01	**	1	20,7	0,0002	**	1	17,09	0,004	***
dosis	3	2,74	0,0004	**	3	13,15	<0,0001	***	3	30,02	<0,0001	***
frecuencia*dosis	3	0,08	0,872	n.s	3	1,98	0,201	n.s	3	4,38	0,08	n.s

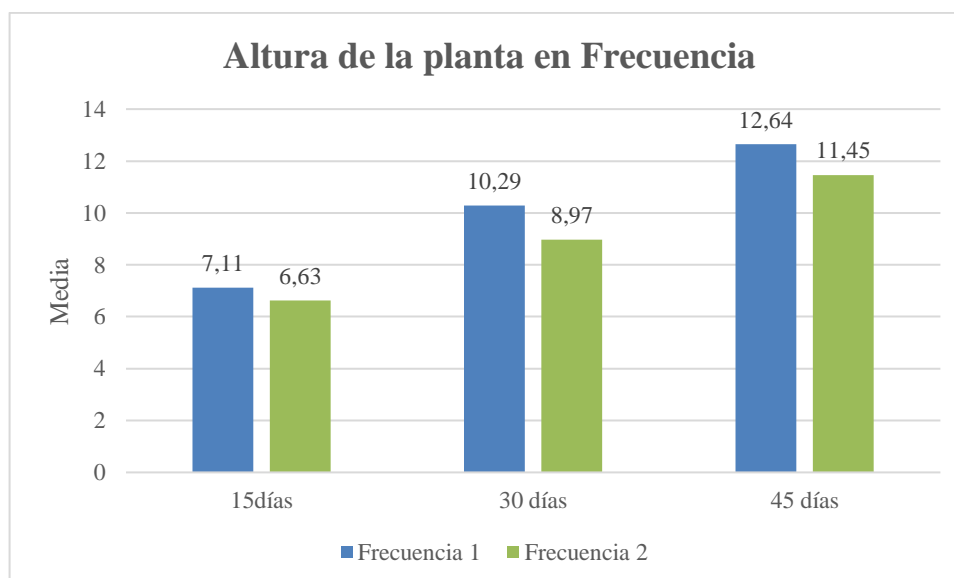
Error	35	0,35	35	1,22	35	1,79
Total	47		47		47	
CV %	8,65		11,46		11,1	

En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 40, tanto a los 14, 30 y 45 después del trasplante, no se detecta significancia estadística en la fuente de variación repetición. No obstante, se observa una alta significancia estadística en el factor A (frecuencia) y una alta significancia en el factor B (dosis), Esto nos indica que al menos uno de los niveles del factor B se incide en la variable de altura de la planta, la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) no muestra significancia estadística a los 15, 30, 45 días, El coeficiente de variación (CV%) es de 8,65 a los 15 días, 11,46 a los 15 días, 11,1 a los 45 días, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

Tabla 41 Prueba Tukey al 5 % para Factor A (Frecuencias) en la variable altura de la planta a los 15, 30 y 45 días

Frecuencia	Medias	Rango	Frecuencia	Medias	Rango	Frecuencia	Medias	Rango
15 días			30 días			45 días		
1	7,11	A	1	10,29	A	1	12,64	A
2	6,63	B	2	8,97	B	2	11,45	B
Promedio	6,87			9,63			12,05	

Figura 23 Media para Factor A (Frecuencias) en la variable altura de la planta a los 15, 30 y 45 días



En la prueba de Tukey al 5% mostrada en la tabla 41, para la variable altura de la planta en los días 14, 30 y 45 se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor A (frecuencia). En el primer rango (A), la frecuencia 1 muestra una media de 7,11 cm a los 15 días, 10,29 cm a los 30 días, 12,64 cm a los 45 días, en altura de la planta, mientras que en el segundo rango (B), la frecuencia 2 presenta una media de 6,63 cm a los 15 días, 8,97 cm a los 30 días, 11,45 cm a los 45 días

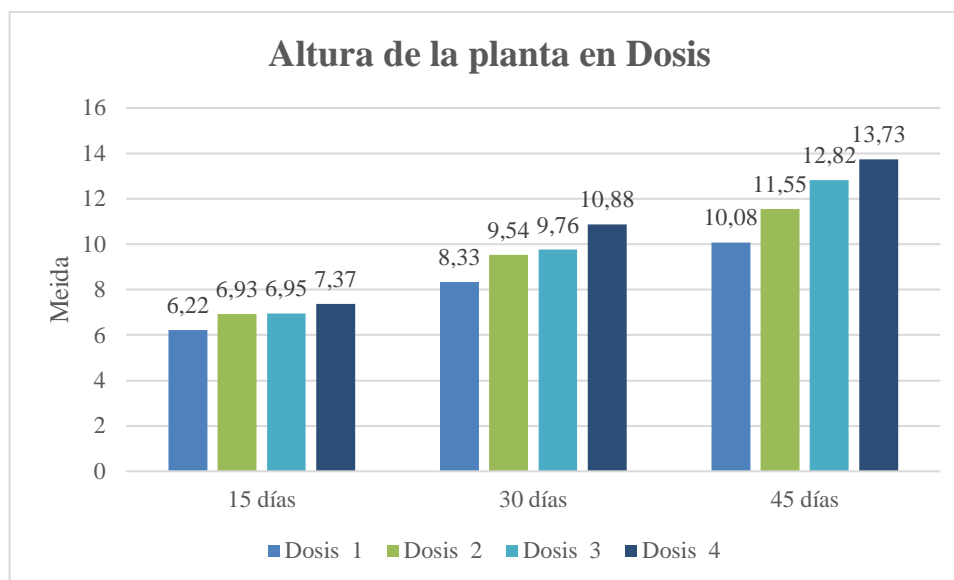
Según Salinas, (2013) reporta alturas de 8,54 cm a los 30 días y 16,72 cm a los 45 días para la variedad HM 4 (V4). Comparando estos resultados con los obtenidos en la prueba de Tukey: Altura a los 30 días: Las alturas promedio obtenidas en el rango A (10,29 cm) y el rango B (8,97 cm) son superiores al promedio reportado por Salinas (8,54 cm). Esto nos indica que, en el estudio actual, las plantas alcanzaron una mayor altura a los 30 días en comparación con la variedad HM 4 reportada por Salinas.

Altura a los 45 días: Las alturas promedio en el rango A (12,64 cm) y en el rango B (11,45 cm) son inferiores al promedio reportado por Salinas (16,72 cm). Esto indica que las plantas en el estudio actual no alcanzaron la altura máxima observada en la variedad HM 4 a los 45 días.

Tabla 42 Prueba Tukey al 5 % para Factor B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 15, 30 y 45 días.

Dosis	Medias	Rango	Dosis	Medias	Rango	Dosis	Medias	Rango
15 días			30 días			45 días		
4	7,37	A	4	10,88	A	4	13,73	A
3	6,95	A	3	9,76	A	3	12,82	A-B
2	6,93	A	2	9,54	B-C	2	11,55	B.C
1	6,22	B	1	8,33	C	1	10,08	C
promedio	6,87			9,63			12,05	

Figura 24 Media para Factor B (Dosis) en la variable altura de la planta (AP) a los 15, 30 y 45 días.



En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 42, para la variable altura de la planta en los días 15, 30 y 45, se identifican cuatro rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por 1 litro de agua) muestra una media de 7,37 cm a los 15 días, 10,88 cm a los 30 días, 13,73 cm a los 45 días, de altura de la planta. En el segundo rango (A, A-B) se encuentra la dosis 3 (4 ml por 1 litro de agua) los tres días evaluadas, seguida por la dosis 2 (2 ml por 1 litro de agua) en el rango A y B-C, y finalmente la dosis 1 (0 ml por litro de agua) en el rango B Y C, con una media de 6,63 cm a los 15 días, 8,97 cm a los 30 días, 11,45 cm a los 45 días.

9.1.9 Porcentaje de formación de la cabeza

Tabla 43 ANOVA para la variable porcentaje de formación de la cabeza a los 45 días

F.V.	gl	CM	p-valor	
repetición	5	33,8	0,6136	n.s
frecuencia	1	277,76	0,0203	*
dosis	3	361,64	0,0004	**
frecuencia*dosis	3	137,97	0,0468	*
Error	35	47,01		
Total	47			
CV %	14,27			

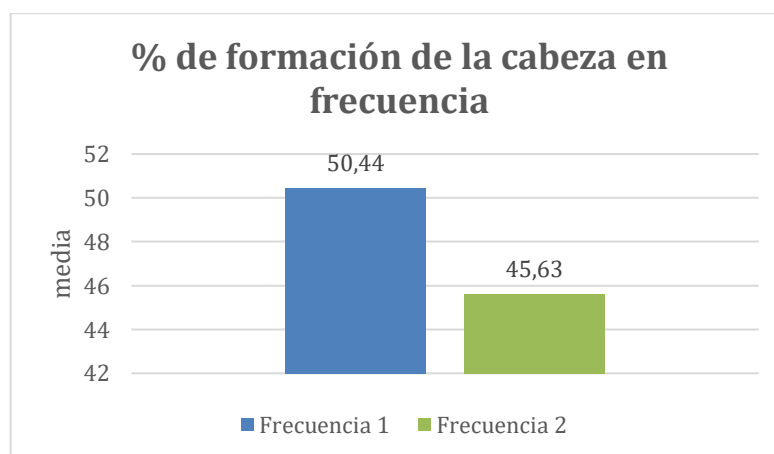
En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 43, a los 45 días en la variable porcentaje de repollados, no se detecta significancia estadística en la fuente de

variación repetición, sin embargo si existe una significancia estadística en el factor A (frecuencia), también una alta significancia en el factor B (dosis), con p-valores inferiores a 0,0001, la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) si se muestra significancia estadística, además el coeficiente de variación (CV%) es de 14,27, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

Tabla 44 Prueba Tukey al 5% para el Factor A (Frecuencias) en la variable porcentaje de formación a la cabeza a los 45 días

Frecuencia	Medias	Rango
1	50,44	A
2	45,63	B
Promedio	48	

Figura 25 Medias para el Factor A (Frecuencias) en la variable porcentaje de formación a la cabeza a los 45 días



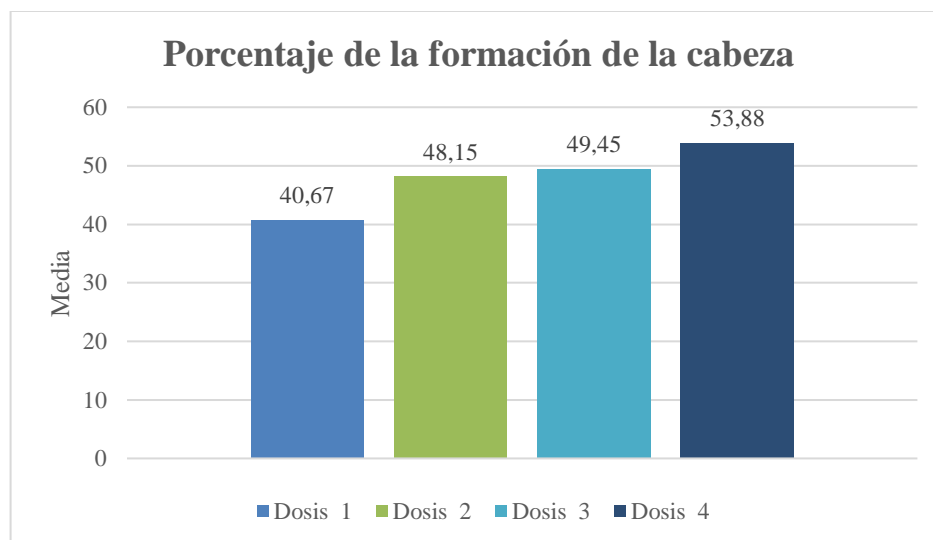
En la prueba de Tukey al 5% mostrada en la tabla 44, para la variable porcentaje de la formación de la cabeza a los 45 días, se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor A (frecuencia). En el primer rango (A), la frecuencia 1 muestra una media de 50,44%, mientras que en el segundo rango (B), la frecuencia 2 presenta una media de 45,63 % a los 45 días.

Tabla 45 Prueba Tukey al 5 % para el Factor B (Dosis) en la variable porcentaje de formación a la cabeza a los 45 días

Dosis	Medias	Rango
4	53,88	A

3	49,45	A
2	48,15	A -B
1	40,67	B
Promedio	48,04	

Figura 26 Media para Factor B (Dosis) en la variable porcentaje de la formación de la cabeza



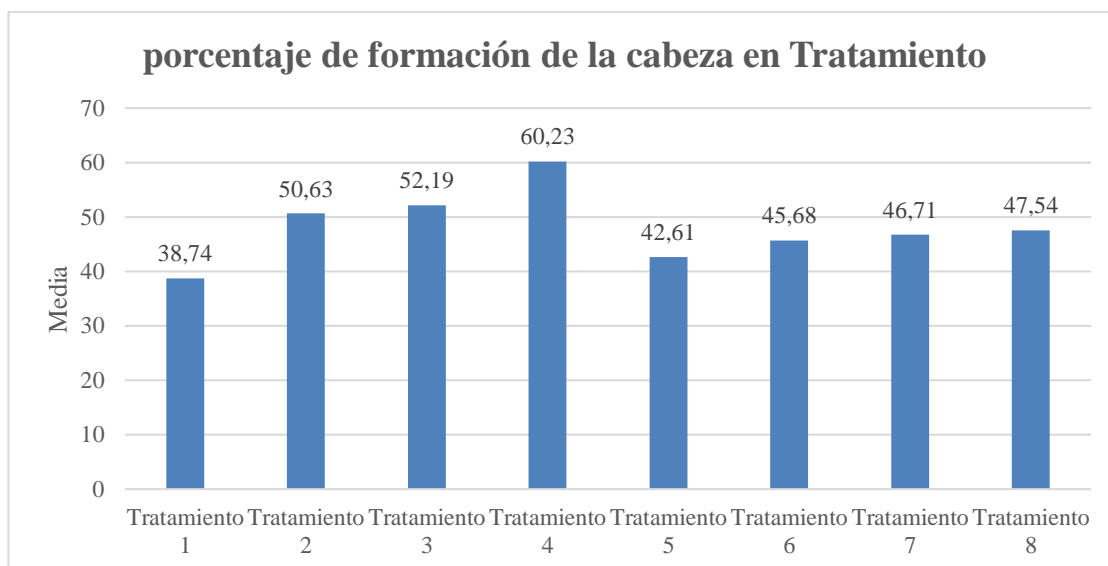
En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 45, para la variable porcentaje de la formación de la cabeza los 45 días, se identifican tres rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por 1 litro de agua) muestra una media de 53,88%, la dosis 3 (4 ml por 1 litro de agua) con una media de 49,45% en el mismo rango, la dosis 2 (2 ml por 1 litro de agua) en el rango A-B y finalmente la dosis 1 (0 ml por litro de agua) en el rango B, con una media 40,67 % siendo esta la más baja porcentaje.

Tabla 46 Prueba Tukey al 5 % para la interacción A (Frecuencias) * (Dosis) en la variable porcentaje de formación a la cabeza a los 45 días.

Tratamientos	frecuencia	dosis	Medias	Rango
T4	1	4	60,23	A
T3	1	3	52,19	A-B
T2	1	2	50,63	A-B-C
T8	2	4	47,54	A-B-C
T7	2	3	46,71	B-C
T6	2	2	45,68	B-C-
T5	2	1	42,61	B-C

T1	1	1	38,74	C
Promedio			48,04	

Figura 27 Media para la interacción A (Frecuencias) * (Dosis) en la variable porcentaje de formación a la cabeza a los 45 días.



En la tabla 46 de la prueba de Tukey al 5% para la interacción A*B (frecuencia*dosis) se puede observar que para la variable porcentaje de formación de la cabeza se formaron 6 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A Tratamiento 4 F1D4 (frecuencia 1 dosis4) con una media de 60,23%, el tratamiento 3 F1D3 (frecuencia1 dosis3) en el rango A-B, el tratamiento 2 F1D2 (frecuencia 1 dosis 2) y el tratamiento 8 F2D4 (frecuencia 2 dosis4) en el rango A-B-C, el tratamiento 7 F2D3 (frecuencia 2 dosis 3), el tratamiento 6 F2D2 (frecuencia 2 dosis 2), el tratamiento 5 F2D1 (frecuencia 2 dosis 1) en el rango B-C y tratamiento 1 F1D1 (frecuencia 1 dosis 1) en el rango de C con una media de 38,74 %.

9.1.10 Grado de madurez

Tabla 47 ANOVA en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días.

F.V.	gl	CM	p-valor	
		15días		
repetición	5	0,08	0,6015	n.s
frecuencia	1	4,53	<0,0001	***
dosis	3	1,29	<0,0001	***
frecuencia*dosis	3	0,87	0,0003	**

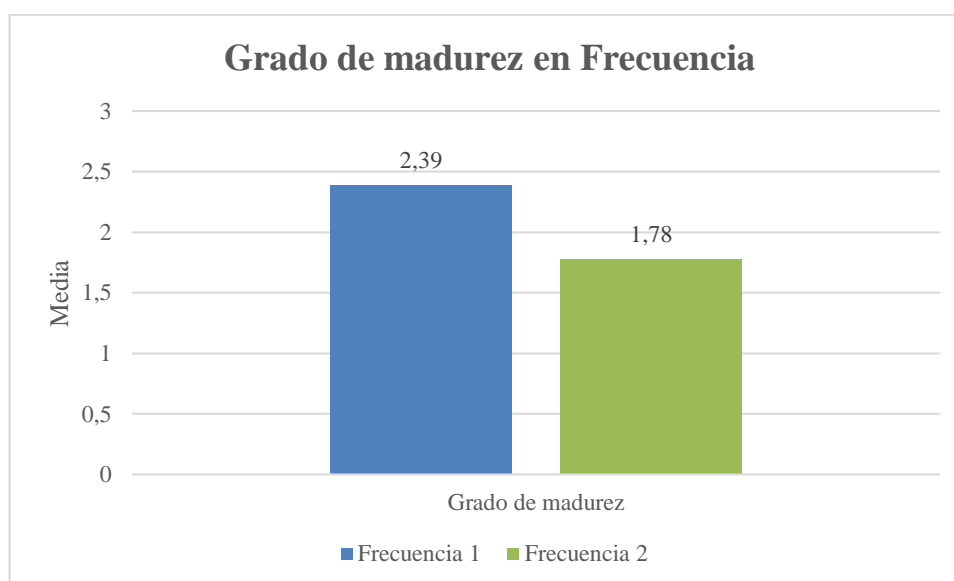
Error	35	0,11
Total	47	
CV%	15,66	

En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 47, a los 66 días el grado de madurez de la planta, no se detecta significancia estadística en la fuente de variación repetición, sin embargo si existe una alta significancia estadística en el factor A (frecuencia), también una alta significancia en el factor B (dosis), con p-valores inferiores a 0,0001, la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) no se muestra significancia estadística, además el coeficiente de variación (CV%) es de 15,66, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

Tabla 48 Prueba Tukey al 5% para el Factor A (Frecuencia) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días

Frecuencia	Medias	Rango
1	2,39	A
2	1,78	B
Promedio	2,09	

Figura 28 Media para el Factor A (Frecuencia) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días

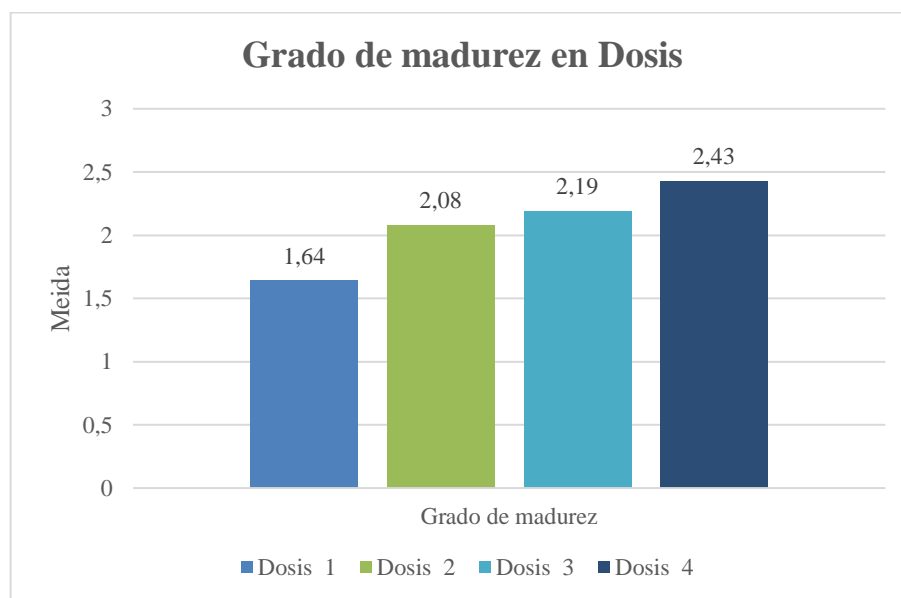


En la prueba de Tukey al 5% mostrada en la tabla 48, para la variable del grado de clorosis a los 66 días, se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor A (frecuencia). En el primer rango (A), la frecuencia 1 muestra una media de 2,39 grado de madurez, mientras que en el segundo rango (B), la frecuencia 2 presenta una media de 1,78 grado de madurez a los 66 días.

Tabla 49 Prueba Tukey al 5% para el Factor B (Dosis) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días

Dosis	Medias	Rango
4	2,43	A
3	2,19	A-B
2	2,08	B
1	1,64	B
promedio	2,09	

Figura 29 Media para el Factor B (dosis) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días



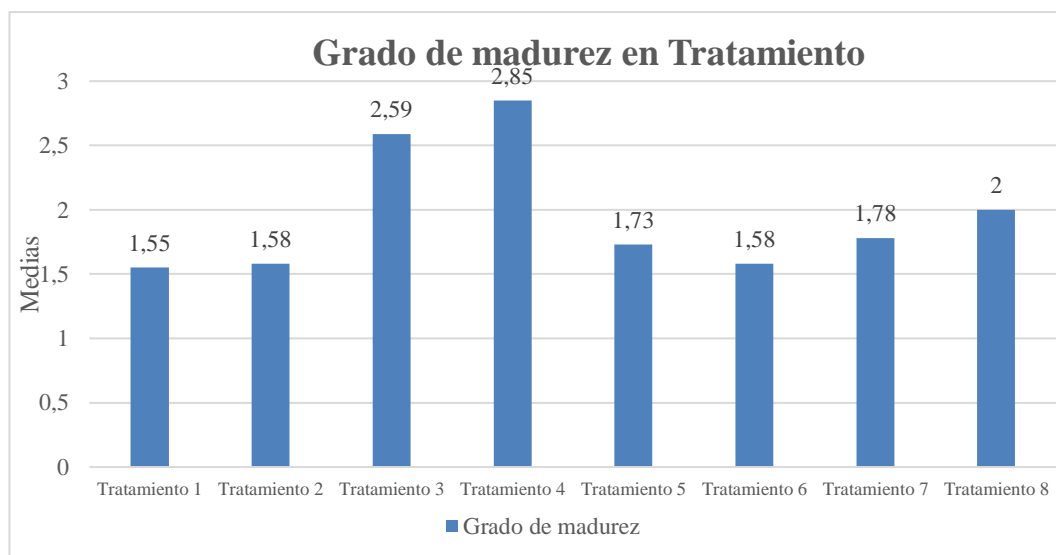
En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 49, para la variable grado de madurez a los 66 días, se identifican tres rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por 1 litro de agua) muestra una media de 2,43 de grado de madurez, la dosis 3 (4 ml por 1 litro de agua) con una media de 2,19 en el rango A-B, la dosis 2 (2 ml por 1 litro de agua) y la dosis 1 (0 ml por litro

de agua) en el rango B, con una media 1,64 grado de madurez, lo que indica que dosis 4 tiene mayor rendimiento y la dosis 3 está en un intermedio en cambio la dosis 2 y dosis 1 tiene el menor rendimiento.

Tabla 50 Prueba Tukey al 5% para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días

Tratamientos	frecuencia	dosis	Medias	Rango
T4	1	4	2,85	A
T3	1	3	2,59	A-B
T2	1	2	2,57	A -B
T8	2	4	2	B-C
T7	2	3	1,78	C
T5	2	1	1,73	C
T6	2	2	1,58	C
T1	1	1	1,55	C
Promedio			2,08	

Figura 30 Media para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable grado de madurez (GM) a los 66 días



En la tabla 50 de la prueba de Tukey al 5% para la interacción A*B (frecuencia*dosis) se puede observar que para la variable grado de madurez se formaron 4 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A Tratamiento 4 F1D4 (frecuencia 1 dosis4) con una media de 2,85, el tratamiento 3 F1D3 (frecuencia 1

dosis3) y el tratamiento 2 F1D2 (frecuencia 1 dosis 2) en el rango A-B, el tratamiento 8 F2D4 (frecuencia 2 dosis4) en el rango B-C, el tratamiento 7 F2D3 (frecuencia 2 dosis 3) y por último el tratamiento 6 F2D2 (frecuencia 2 dosis 2), el tratamiento 5 F2D1 (frecuencia 2 dosis 1) y tratamiento 1 F1D1 (frecuencia 1 dosis 1) en el rango de C con una media de 1,55 grado de madurez, lo que indica que el Tratamientos T4 mayor rendimiento, T3 y T2 está en intermedio y el Tratamientos T7, T6, T5, y T1 tienen rendimientos más bajos.

9.1.11 Peso de la lechuga

Tabla 51 ANOVA para la variable *Peso de repollo (PR)* a los 66 días

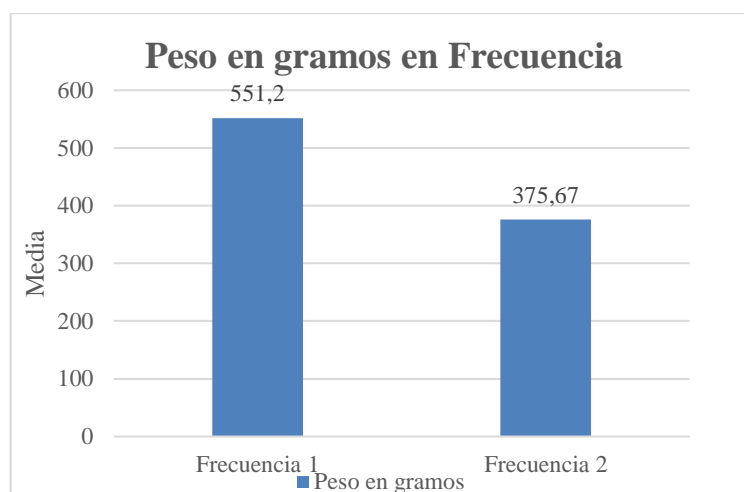
F.V.	gl	CM	p-valor	
repetición	5	741,7	0,9738	n.s
frecuencia	1	369708,31	<0,0001	***
dosis	3	57094,68	<0,0001	***
frecuencia*dosis	3	51920,51	<0,0001	***
Error	35	4497,24		
Total	47			
CV %	14,47			

En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 51, a los 66 días el grado de peso de repollo en (gramos) planta, no se detecta significancia estadística en la fuente de variación repetición, sin embargo si existe una alta significancia estadística en el factor A (frecuencia), también una alta significancia en el factor B (dosis), con p-valores inferiores a 0,0001, la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) si muestra significancia estadística, además el coeficiente de variación (CV%) es de 14,47, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

Tabla 52 Prueba Tukey al 5% para A (*Frecuencia*) en la variable *peso de la lechuga (66)* a los 66 días

Frecuencia	Medias	Rango
1	551,2	A
2	375,67	B
Promedio	463	

Figura 31 Media para A (Frecuencia) en la variable peso del lechuga (PR) a los 66 días

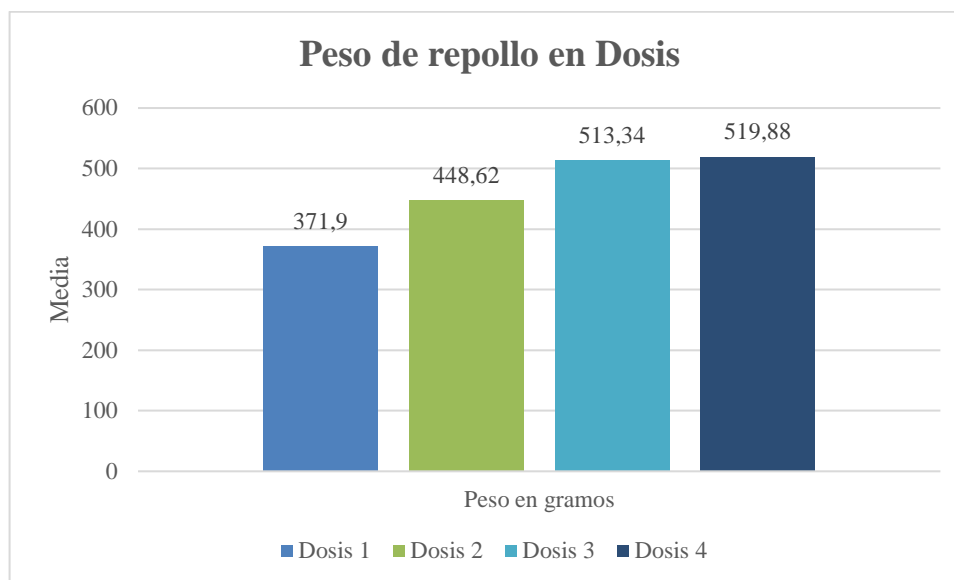


En la prueba de Tukey al 5% mostrada en la tabla 52, para la variable del peso de la lechuga a los 66 días, se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor A (frecuencia). En el primer rango (A), la frecuencia 1 muestra una media de 551,2 gramos, mientras que en el segundo rango (B), la frecuencia 2 presenta una media de 375,67 gramos a los 66 días.

Tabla 53 Prueba Tukey al 5% para Factor B(Dosis) en la variable peso del repollo (PR) a los 66 días

Dosis	Medias	Rango
4	519,88	A
3	513,34	A
2	448,62	A
1	371,9	B
promedio	463,44	

Figura 32 Media para el Factor B (Dosis) en la variable peso del repollo (PR) a los 66 días



En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 53, para la variable peso del repollo a los 66 días, se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por 1 litro de agua) muestra una media de 519,88 gramos, en el segundo rango se encuentran los siguientes tratamientos la dosis 3 (4 ml por 1 litro de agua) con una media de 513,4 gramos, la dosis 2 (2 ml por 1 litro de agua) con una media de 448,62 gramos y la dosis 1 (0 ml por litro de agua) con una media 371,9 gramos, lo que indica que dosis 4 tiene mayor rendimiento y la dosis 3, dosis 2 y dosis 1 se encuentran en el mismo rango pero si existe una significancia numérica en la cual la dosis 1 es la menor.

Según Salinas, (2013) comparando los datos que obtuvo en su investigación en cuanto al peso del repollo menciona que:

Dosis 4 vs. Variedades: La dosis 4 (519,88 g) supera el peso promedio reportado por Salinas para las mejores variedades (HM 1 con 307,98 g y HM 5 con 284,43 g). Esto sugiere que la dosis 4 es altamente efectiva y puede ser comparable o incluso superior a los tratamientos utilizados por Salinas en términos de rendimiento.

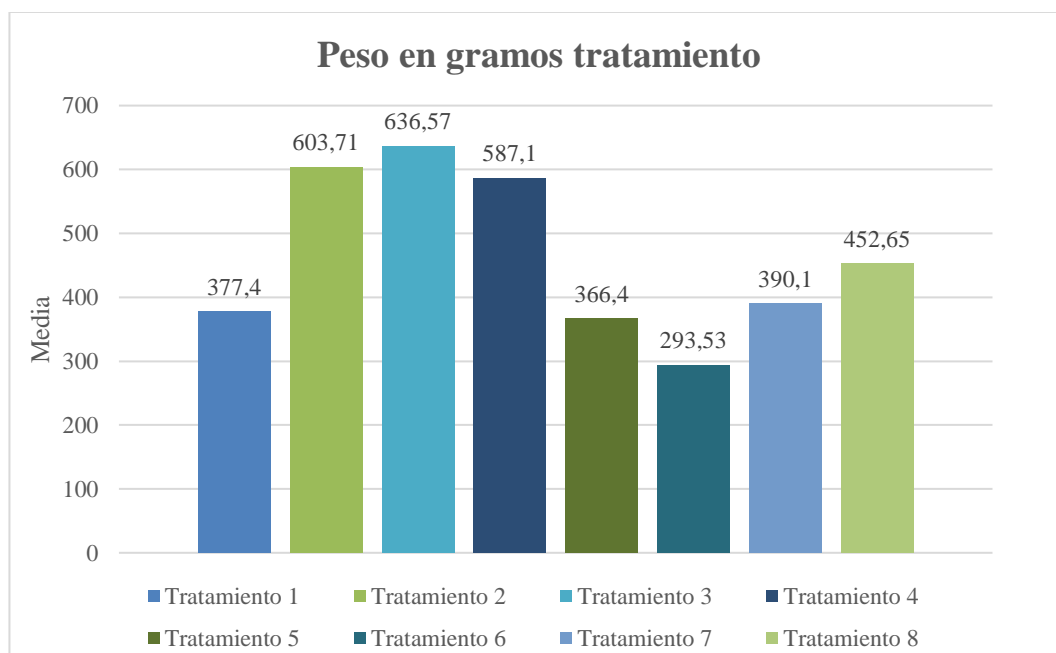
Dosis 2 y 3 vs. Variedades: Las dosis 2 y 3 tienen un rendimiento intermedio en comparación con las variedades reportadas por Salinas. La dosis 3 (513,4 g) y la dosis 2 (448,62 g) superan en peso promedio a todas las variedades menos productivas según Salinas, aunque no alcanzan el nivel de la dosis 4.

Dosis 1 vs. Variedades: La dosis 1 (371,9 g) es superior a las variedades con menor peso en el estudio de Salinas (HM 4 con 214,90 g). Esto indica que, aunque la dosis 1 tiene el menor rendimiento en el rango actual, sigue siendo más efectiva que las variedades de menor peso evaluadas por Salinas.

Tabla 54 Prueba Tukey al 5% para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable peso del repollo (PR) a los 66 días

Tratamientos	frecuencia	dosis	Medias	Rango
T3	1	3	636,57	A
T2	1	2	603,71	A
T4	1	4	587,1	A
T8	2	4	452,65	B
T7	2	3	390,1	B-C-D
T1	1	1	377,4	B-C-D
T5	2	1	366,4	B-C-D
T6	2	2	293,53	C-D
Promedio			463,43	

Figura 33 Media para A (Frecuencia)* B (Dosis) en la variable peso del repollo (PR) a los 66 días



En la tabla 54 de la prueba de Tukey al 5% para la interacción A*B (frecuencia*dosis) se puede observar que para la variable peso del repollo se formaron cuatro rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A el tratamiento 3 F1D3 (frecuencia1 dosis3) con una media de 636,57 gramos, el tratamiento 2 F1D2 (frecuencia 1 dosis 2) con una media de 603,71 gramos y el tratamiento 4 F1D4 (frecuencia 1 dosis4) con una media de 587,1 gramos, seguido el tratamiento 8 F2D4 (frecuencia 2 dosis4) en el rango B y el tratamiento 7 F2D3 (frecuencia 2 dosis 3), el tratamiento 5 F2D1 (frecuencia 2 dosis 1) y tratamiento 1 F1D1 (frecuencia 1 dosis 1) en el rango de B-C-D y por último el tratamiento 6 F2D2 (frecuencia 2 dosis 2) en el rango C con una media de 293 gramos, lo que indica que el Tratamientos T3, T2 y T4 tienen el mejor rendimiento y el Tratamientos T7, T6, T5, y T1 tienen rendimientos más bajos.

9.1.12 Diámetro ecuatorial

Tabla 55 ANOVA para la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días.

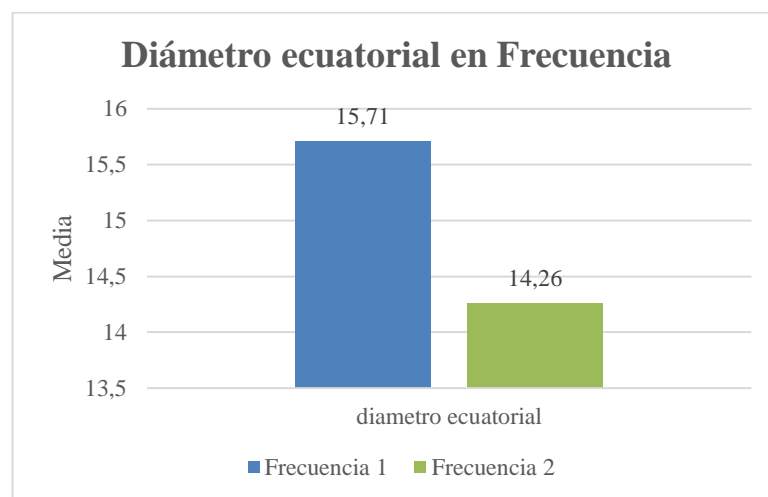
F.V.	gl	CM	p-valor	
repetición	5	0,13	0,9913	n.s
frecuencia	1	25,3	0,0001	**
dosis	3	6,85	0,0045	**
frecuencia*dosis	3	3,97	0,0433	*
Error	35	1,32		
Total	47			
CV %	7,66			

En el análisis de varianza (ANOVA) presentado en la tabla 55, a los 66 días en la variable diámetro ecuatorial del repollo, no se detecta significancia estadística en la fuente de variación repetición, sin embargo si existe una alta significancia estadística en el factor A (frecuencia), también una alta significancia en el factor B (dosis), la interacción entre frecuencia y dosis (A*B) también muestra significancia estadística, además el coeficiente de variación (CV%) es de 7,66, valores que se consideran aceptables para este tipo de estudio.

Tabla 56 Prueba Tukey al 5% para el Factor A (Frecuencias) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días

Frecuencia	Medias	Rango
1	15,71	A
2	14,26	B
Promedio	15	

Figura 34 Media para el Factor A (Frecuencia) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días

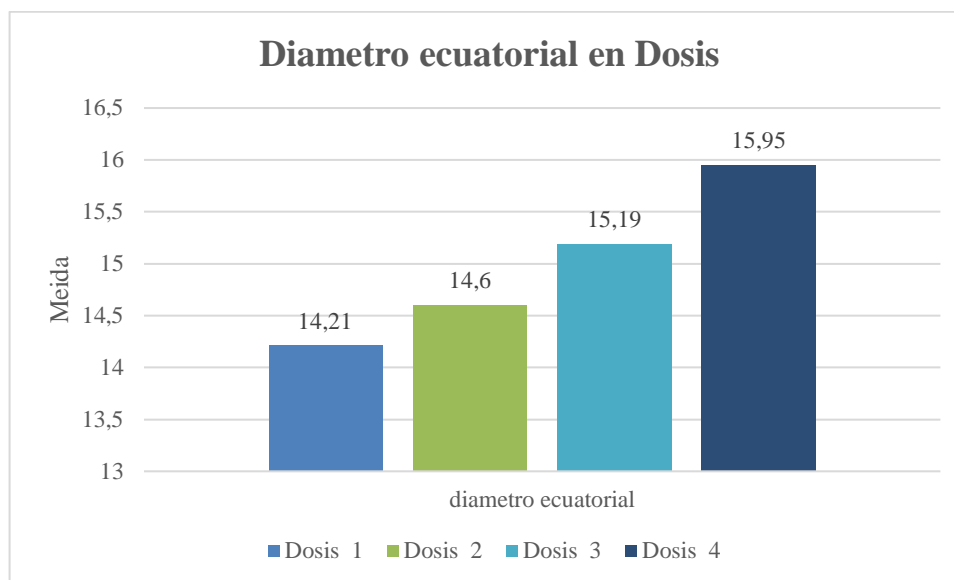


En la prueba de Tukey al 5% mostrada en la tabla 56, para la variable del diámetro ecuatorial del repollo a los 66 días, se identifican dos rangos de significancia estadística en el factor A (frecuencia). En el primer rango (A), la frecuencia 1 muestra una media de 15,71 cm, mientras que en el segundo rango (B), la frecuencia 2 presenta una media de 14,6 cm a los 66 días.

Tabla 57 Prueba Tukey al 5% para el Factor B (Dosis) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días

Dosis	Medias	Rango
4	15,95	A
3	15,19	A-B
2	14,6	B
1	14,21	B
promedio	14,99	

Figura 35 Media para el Factor B (Dosis) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días



En la prueba de Tukey al 5% presentada en la tabla 57, para la variable diámetro ecuatorial del repollo a los 66 días, se identifican tres rangos de significancia estadística en el factor B (Dosis). En el primer rango (A), la dosis 4 (6 ml por 1 litro de agua) muestra una media de 15,95cm, la dosis 3 (4 ml por 1 litro de agua) con una media de 15,19 cm en el rango A.B, la dosis 2 (2 ml por 1 litro de agua) y la dosis 1 (0 ml por litro de agua) en el rango B, con una media 14,22 cm siendo la menor de todas, lo que indica que dosis 4 tiene mayor rendimiento y la dosis 3 está en un intermedio en cambio la dosis 2 y dosis 1 tiene el menor rendimiento.

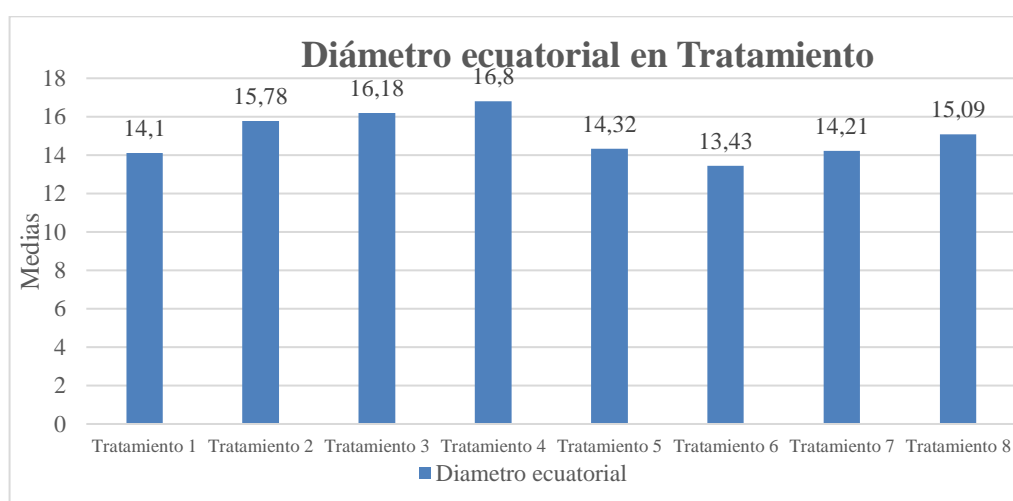
Según Salinas, (2013) menciona que las variedades de repollo también mostraron variaciones significativas en el diámetro. Las variedades HM 5 (V5), Great Lakes (V6), HM 3 (V3), y HM 4 (V4) lograron diámetros promedio entre 16,64 cm y 14,91 cm, ubicándose en los primeros rangos de rendimiento. Por otro lado, la variedad HM 2 (V2) tuvo el diámetro promedio más bajo de 14,88 cm, situándose en el segundo rango y último lugar en la evaluación, lo que nos indica que el diámetro ecuatorial es superior con la dosis 4 con una media de 15,95 cm y en cuanto a T1 con una media de 14,22 cm.

Tabla 58 Prueba Tukey al 5% para A (Frecuencia) * B (Dosis) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días

Tratamientos	Frecuencia	Dosis	Medias	Rango
T4	1	4	16,8	A

T3	1	3	16,18	A-B
T2	1	2	15,78	A -B
T8	2	4	15,09	B-C-
T5	2	1	14,32	B-C-
T7	2	3	14,21	B-C-
T1	1	1	14,1	B-C-
T6	2	2	13,43	C
Promedio			14,99	

Figura 36 Media para A (Frecuencia) * B (Dosis) en la variable diámetro ecuatorial (DE) a los 66 días



En la tabla 54 de la prueba de Tukey al 5% para la interacción A*B (frecuencia*dosis) se puede observar que para la variable diámetro ecuatorial del repollo se formaron 4 rangos de significancia estadística, ubicándose en el primer rango A Tratamiento 4 F1D4 (frecuencia 1 dosis4) con una media de 16,8 cm, en el segundo rango A-B el tratamiento 3 F1D3 (frecuencia1 dosis3) y el tratamiento 2 F1D2 (frecuencia 1 dosis 2), el tratamiento 8 F2D4 (frecuencia 2 dosis4), el tratamiento 5 F2D1 (frecuencia 2 dosis 1), el tratamiento 7 F2D3 (frecuencia 2 dosis 3) y tratamiento 1 F1D1 (frecuencia 1 dosis 1) en el rango B-C-D y por último el tratamiento 6 F2D2 (frecuencia 2 dosis 2) en el rango C, con una media de 13,43 cm de diámetro ecuatorial, lo que indica que el Tratamientos T4 tienen el mejor rendimiento, T3 y T2 están en el intermedio y los restos del tratamiento tienen rendimiento más bajos.

10 IMPACTOS

10.1 Impacto técnico

El impacto fue positivo, ya que se logró determinar la dosis óptima y la frecuencia adecuada de aplicación del biofertilizante Fertibacter para la producción de plántulas de lechuga y en también en campo en la cual la aplicación de biofertilizante Fertibacter puede aumentar la eficiencia en la absorción de nutrientes y mejorar el crecimiento de la lechuga, potencialmente elevando su rendimiento como el caso de tratamiento 4 que resulto ser el mejor con una aplicación cada 7 días, por ende Los resultados pueden ofrecer información valiosa para crear nuevas prácticas de manejo y estrategias de fertilización adaptadas a la lechuga.

10.1.1 Impacto social

El impacto fue igualmente positivo, ya que los resultados del estudio pueden servir como un modelo para incentivar a pequeños agricultores a adoptar nuevas alternativas de producción de lechuga o en otras hortalizas ya que la implementación de biofertilizantes como Fertibacter no solo puede aumentar la productividad, sino que también puede contribuir a la seguridad alimentaria local al diversificar las opciones de cultivo y mejorar la calidad del producto final. Esto es especialmente relevante en comunidades rurales donde la innovación agrícola puede ser una fuente de desarrollo económico.

10.1.2 Impacto ambiental

Este proyecto no genera impactos negativos por lo que la utilización de biofertilizantes como Fertibacter se asocia con la reducción de la dependencia de fertilizantes químicos, lo que disminuye la contaminación del suelo y del agua, promoviendo así un enfoque más ecológico en la agricultura.

11 PRESUPUESTO

El costo de implementación del presente proyecto de investigación es determinante ya que se gastó lo siguiente en la implementación del ensayo de investigación:

Tabla 59 *Presupuesto del proyecto*

Materiales / Insumos.	Unidad	Costo Total
Variedad de lechuga botiola	25000	\$160
Fertibacter	1	No está en la venta aun
Bomba fumigar	1	\$30
Bandejas para germinación espuma flex *338 alveolos	48	\$220
Sustrato klasman TS1 Fina 876	1	\$43,95
Hipoclorito de sodio	3kg	\$3
Malla para pájaros	9 m	\$14
Estacas	64	\$12.20
Piola	1 rollo	\$2.00
Letreros informativos	16	\$4,26
Total, del ensayo		\$489,4

12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De las cuatro dosis y dos frecuencias de aplicación de Fertibacter biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*, la dosis 4, con una solución al 6% (6ml en 1 litro de agua) y la frecuencia de aplicación de 7 días, proporcionó los resultados óptimos en la producción de plántulas de lechuga. Esta combinación mostró la superioridad sobre otras en las variables de porcentaje de germinación,

altura de los cotiledones, altura de la planta, número de hojas, longitud de raíces, volumen de raíces y grado de clorosis.

- De las cuatro dosis y dos frecuencias de aplicación de Fertibacter biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*, la dosis 4, con una solución al 6% (6ml en 1 litro de agua) y la dosis 3 con una solución al 4% (4ml en 1 litro de agua) y la frecuencia de aplicación de 7 días, proporcionó los resultados óptimos en la producción de lechuga en campo. Esta combinación mostró la superioridad sobre otras, en las variables altura de la planta, porcentaje de formación de la cabeza, grado de madurez, peso y diámetro ecuatorial.

Recomendación

- Para obtener los mejores resultados en la producción de plántulas de lechuga en la pilonera, se recomienda utilizar la dosis 4 de Fertibacter, un biofertilizante a base de *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens*, con una solución al 6% (6ml en 1 litro de agua) y una frecuencia de aplicación de 7 días.
- Para obtener los mejores resultados en la producción de lechuga en campo, se recomienda utilizar dos combinaciones: Dosis 4, con una solución al 6% (6ml en 1 litro de agua) y una frecuencia de aplicación de 7 días y Dosis 3 con una solución al 4% (4ml en 1 litro de agua) y una frecuencia de aplicación de 7 días.
- Es necesario difundir los resultados a los agricultores y productores de lechuga de las diferentes zonas del país, para promover las ventajas positivas que tiene al aplicar fertibacter.
- Realizar otras investigaciones en evaluando dosis y frecuencias para otros cultivos de hortalizas.

13 BIBLIOGRAFÍA

- Agropecuarias Estación INIAP -Instituto nacional autonomo de investigaciones. (2024). BIOFERTILIZANTE FERTIBACTER - MAIZ. *INIAP - Estación Experimental Santa Catalinaón Experimental Santa Catalina*, 2. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Agudelo, G., Aigner, M., & Ruiz, J. (2008). DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y NO-EXPERIMENTAL. *Universidad De Antioquia Facultad de Ciencias Sociales Y Humanas Centros De Estudios De Opinión*, 1–46. <https://hdl.handle.net/10495/2622>
- Beltrán, M. A. (2022). *LECHUGA*. De Riego Print & Social Media. <https://www.editorialderiego.com/2022/12/lechuga/>
- Bensink, J. (1971). On morphogenesis of lettuce leaves in relation to light and temperature. *Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen*, 71(15), 1–93. <https://edepot.wur.nl/195440>
- 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-en-espanol/plantulas.pdf>
- Cantwell, M., & Suslow, T. V. (2014). *Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. Lechuga Crisphead*: http://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center_/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Vegetables_English/?uid=19&ds=799
- Carpenter-Artes, O., Moreno, J., Lucena, J., & Carpenter-Ruiz, R. (1995). Response to iron chlorosis of different hydroponically grown Citrus varieties. *Plants, Iron Nutrition in Soils And*, 59, 147–151. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0503-3_21
- Chavez, K., & Betsy, P. (2017). Evaluación de tres niveles de nitrato de potasio en lechuga *Lactuca sativa L.* cultivado bajo sistema de producción hidropónica. *Tesis de Pregrado Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil*.

- <https://repositorio.ug.edu.ec/items/75319134-3dbb-4bfd-9606-a54bbd2baea9>
ComunicarSe. (2018). *Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta*. <https://www.comunicarseweb.com/noticia/los-contaminantes-agricolas-una-grave-amenaza-para-el-agua-del-planeta>
- Edafile. (2023). *Bacillus subtilis en la agricultura*. 4 Enero. <https://www.edalife.es/bacillus-subtilis-en-la-agricultura/>
- Esperanza, R., Lopez, M., Ormeño, E., & Moles, C. (2013). Manual teórico-práctico Los Biofertilizantes y su uso en la Agricultura. *Distrito Federal, México: SAGARPA y UNAM*, 21–22. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Manual+teorico-practico+Los+Biofertilizantes+y+su+uso+en+la+Agricultura&btnG=
- FAO. (2014). Anuario estadístico de la FAO. In *Nature* (Vol. 149, Issue 3773). <https://doi.org/10.1038/149208a0>
- Fernández, C., Urdaneta, N., Silva, W., Poliszuk, H., & Marín, M. (2006). Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv `Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos. *Revista de La Facultad de Agronomía de La Universidad Del Zulia*, 23(2), 190–191. <https://pdfs.semanticscholar.org/13ab/bd04175a0add113d543bbc503f513c89a260.pdf>
- FERVALLE. (2024). *Cultivo de lechugas*. Industrias Químicas Fervalle S.L. All Rights Are Reserved. [https://www.fervalle.com/lechugas/#:~:text=La madurez de las lechugas,\(sin estar extremadamente dura\).](https://www.fervalle.com/lechugas/#:~:text=La madurez de las lechugas,(sin estar extremadamente dura).)
- Fundacion Hogares Juveniles Campesinos. (2002). Manual Agropecuario. In *Biblioteca del campo* (Vol. 1). https://books.google.com.ec/books/about/Manual_agropecuario_1.html?id=LbUoJwAACAAJ
- FUNDEA. (2019). Manual para la producción de pilones. *Analisis Standar Pelayanan Minimal Pada Instalasi Rawat Jalan Di RSUD Kota Semarang*, 3, 1–1. http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/75/EDA_Man

ual_Produccion_Plantulas_08_07.pdf?sequence=1

- Giménez, V., Padilla, N., Arroyo, A., Godoy, Y., Terán, Y., & Petit-Jiménez, D. (2020). *Evaluación De La Calidad Microbiológica Y Efecto Evaluation of the Microbiological Quality and Effect of Washing in Lettuce*. 33–54. <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/2851/1779>
- Gómez, J. (2020). *Cómo Leer una Cinta Métrica D*. Perforación Direccional. <https://perforador20.wordpress.com/2020/07/29/como-leer-una-cinta-metrica-d/>
- Guerra, M., & Romero, K. (2022). Proyecto Técnico : “ Diseño Y Construcción De Un Sistema De Tomate En Bandejas De Germinación .” *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA*, 10. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21936/1/UPS-CT009589.pdf>
- Guerrero, B. I. (2016). *Volumen por desplazamiento de líquido*. Blogspot.Com. <https://cienciasecu.blogspot.com/2016/09/volumen-por-desplazamiento-de-liquido.html>
- Hernandez, J. (1998). CORRECCION DE LA CLOROSIS FERRICA DEL FRIJOL *Phaseolus vulgaris* L. CON FERTILIZANTES ACIDOS. *UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON FACULTAD DE AGRONOMIA SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO*, 151. <http://eprints.uanl.mx/6388/1/1080098276.PDF>
- INEC. (2022). *Estadísticas de uso de fertilizantes en Ecuador*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>
- INIA, & Innova Chile Corfo. (2017). *Model de adaptacion al cambio climatico por medio de la zonificacion productiva de especies hortofruticolas priorizadas en la region del BioBio*. 1. <https://www.ciren.cl/wp-content/uploads/2017/12/Lechuga.pdf>
- INIAP INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. (2020). Uso del biofertilizante FertiBacter para Maíz. *Programa Nacional de Maíz y Centro KOPIA-Ecuador, Estación Experimental Santa Catalina*. J.

- Zambrano, C. Sangoquiza, C. Yáñez, J. Cho. 2020, 2. [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5685/1/Hoja Biofertilizante Maíz.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5685/1/Hoja_Biofertilizante_Maíz.pdf)
- Jansen, H. (2013). La lógica de la investigación por encuesta cualitativa y su posición en el campo de los métodos de investigación social. *La Lógica de La Investigación Por Encuesta Cualitativa*, 5(1), 39–72. <http://publicaciones.unitec.edu.co/ojs/%0ALa>
- Jaramillo, I. D. T., & Ramírez, R. D. P. (2006). Método Y Conocimineto Metodología De La Investigación. In *Universidad EAFIT*. https://books.google.com.ec/books?id=4Y-kHGjEjy0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Krieg, N. R., Staley, J. T., Brown, D. R., Hedlund, B. P., Paster, B. J., Ward, N. L., Ludwig, W., & Whitman, W. (2008). The Bacteroidetes, Spirochaetes, Tenericutes (Mollicutes), Acidobacteria, Fibrobacteres, Fusobacteria, Dictyoglomi, Gemmatimonadetes, Lentisphaerae, Verrucomicrobia, Chlamydiae, and Planctomycetes. In *Infectious Diseases in Obstetrics and Gynecology, Sixth Edition*. https://doi.org/10.5005/jp/books/12721_22
- Ladrón de Guevara, V. R., Ayaquica, C. Q. S., Acosta Pulido, J. C., Pimentel, L. A., & Quiñones Ramírez, E. I. (2005). HORTALIZAS, LAS LLAVES DE LA ENERGÍA. *Revista Digital Universitaria*, 6(0). <https://doi.org/10.48021/978-65-5355-063-6>
- Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E., & Barnett, J. . (1990). Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor. *Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, 2, 11. <https://libcat.colorado.edu/Record/b10029778>
- Lardizabal, R. (2007). Producción De Plántulas En Bandejas. *Entrnamiento y Desarrollo de Agricultores*, 9–10. www.hondurasag.org
- Mallar, A. (1978). La Lechuga. *Editorial Hemisferio Sur*, 14(0), 5. https://books.google.com.ec/books/about/La_lechuga.html?id=u_5iAAAAM

AAJ&redir_esc=y

Maroto, J. V. (1989). HORTICULTURA HERBACEA ESPECIAL. In *Mundi-Prensa*.

https://books.google.com.ec/books?id=6t6aAAAACAAJ&source=gbs_navlinks_s

Mejía, R. (2014). Evaluación Del Sistema Hortícola Intensivo En La Parroquia San Joaquin Azuay -Ecuador. *Universidad Politécnica Salesiana*, 0, 330. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6302/1/UPS-CT002869.pdf>

Millanao, M. B. (2022). Siembra y producción de plantines Maritza. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA / MINISTERIO DE AGRICULTURA* 13, 21.

https://www.researchgate.net/publication/376132977_Manejo_y_especies_apatas_para_la_agroindustria_en_la_Region_de_La_Araucania

Mohedano, J. (2024). *¿Qué es la agricultura intensiva y por qué se ha convertido en un grave problema ambiental?* METEORED Tiempom.Com. <https://www.tiempo.com/noticias/actualidad/que-es-la-agricultura-intensiva-y-por-que-se-ha-convertido-en-un-grave-problema-ambiental.html>

Montenegro, E. (2015). Determinar el comportamiento agronómico de plántulas de ají (*Capsicum chinense* Jacq) a la aplicación de dos bioestimulantes radiculares en tres tipos de sustratos en la zona de San Antonio de Ibarra, provincia de Imbabura. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA*, 11(1), 1–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.07.020><http://dx.doi.org/10.1016/j.annals.2010.10.008><http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:As+cidades+e+territ?rios+do+conhecimento+na+?ptica+des+envolvimento+e+do+marketing+territorial#>

Moreno, A., Verónica, G., Reyes, J., Vásquez, J., & Cano, P. (2018). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal : una alternativa de biofertilización para la agricultura sustentable Plant growth promoting rhizobacteria : a

- biofertilization alternative for sustainable agriculture. *Revista Colombia Biotecnología*, 20(1), 68–83.
<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73707>
- Orús, A. (2024). *Producciones de lechugas en el mundo en 2012-2021*. Statista.
<https://es.statista.com/estadisticas/529438/producciones-de-lechugas-en-el-mundo/#:~:text=En 2021%2C se produjeron aproximadamente,registraron los valores más altos.>
- Oyarzún, P. J., Chamorro, F., Córdova, J. J., Merino, F., Valverde, F., & Velásquez, J. (2002). Manejo agronómico El cultivo de la papa en Ecuador. *Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina/*, 51–83.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2805>
- Perlata, J., & Royuela, M. (2018). Flora arvense de Navarra. *Universidad Pública de Navarra/Nafarroako Unibertsitate*, 4, 7.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=quiJDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=mamarot+1997+plantula&ots=msBAx547L3&sig=AnqMhWaXgG1D69J4X3NqZpKyv38#v=onepage&q=mamarot 1997 plantula&f=false>
- Ponce, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. (2019). Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales. In *INIAP Instituto Nacional de investigaciones Agropecuarias, EC* (Vol. 1, Issue 111).
<https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>
- Quintero, J. J. (1997). La Lechuga. *Ministerio de Agricultura, Publicaciones de Extensión Agraria*, 20.
https://books.google.com.ec/books/about/La_lechuga.html?id=HjLJAAAACAAJ&redir_esc=y
- Rivera, L. (2014). Suelo y preparación del terreno. *Conjunto Tecnológico Para La Producción de Repollo-2014, Publicación 158*, 3.
<https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/09/4.SANDIA-SUELO-Y-PREPARACION-DEL-TERRENO-version2015.internet.pdf>
- Ryder, E. J. (1999). Lettuce, Endive, and Chicory. *CABI Publishing Reino Unido.*, 34(7), 208.

https://books.google.com.ec/books/about/Lettuce_Endive_and_Chicory.html?id=H4ojAQAAMAAJ&redir_esc=y

- Salinas, C. (2013). Introducción de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el barrio de Snta Fé de la parroquia Atahualpa en el cantón Ambato. *Universidad Técnica de Ambato*, 74. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6491/1/Tesis-63IngenieríaAgronómica-CD204.pdf>
- Salisbury, B. F., Ross, L. W., González Velázquez, V., Palacios Martínez, R., & Grepe Philip, N. (1998). Fisiología vegetal. In *México: Grupo Editorial Iberoamérica*. <https://bibcatalogo.uca.es/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=797739>
- Sánchez, J. (2021). *Qué es un cotiledón*. Ecología Verde. https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-cotiledon-1972.html#anchor_0
- Valimex S.L. (2014). *Sustratos a base de turba rubia: Horticultura*. <https://www.interempresas.net/Horticola/FeriaVirtual/Producto-Sustratos-a-base-de-turba-rubia-K-TS-1-77654.html>
- Vavilov, N., & Filimonovich, V. (1992). Origin and Geograph of Cultivated Plants. *Cambridge University Press Reino Unido*, 498. https://books.google.com.ec/books?id=BqNOAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Velasco, J., Aguirre, G., & Ortuño, N. (2016). Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 71–83. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2016.040200071>
- Wang, Y., Narayanan, M., Shi, X., Chen, X., Li, Z., Natarajan, D., & Ma, Y. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. Asesoría Técnica nutrición Parlamentaria. *Frontiers in Microbiology*, 2(August), 1–5. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.966226>

