



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE AGRONOMÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUACIÓN DE *Trichoderma spp.* NATIVO Y COMERCIAL A DIFERENTES CONCENTRACIONES EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO, CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD BATAVIA; EN LA TERRAZA DEL CAMPUS SALACHE - COTOPAXI, 2023-2024”

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

Autor:

Juncal Yauri Dennis Alexander

Tutor:

Castillo de la Guerra Clever Gilberto

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2024

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Juncal Yauri Dennis Alexander, con cédula de ciudadanía No.1752554103, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE *Trichoderma spp.* NATIVO Y COMERCIAL A DIFERENTES CONCENTRACIONES EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO, CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*) VARIEDAD BATAVIA; EN LA TERRAZA DEL CAMPUS SALACHE - COTOPAXI, 2023-2024”**, siendo el Ingeniero MSc. Castillo de la Guerra Clever Gilberto, 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, 15 de agosto del 2024



Dennis Alexander Juncal Yauri
C.C: 1752554103
ESTUDIANTE

CONTRATOS 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 **JUNCAL YAURI DENNIS ALEXANDER**, identificado con cédula de ciudadanía **1752554103** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agronomía, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “EVALUACIÓN DE *Trichoderma spp.* NATIVO Y COMERCIAL A DIFERENTES CONCENTRACIONES EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO, CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD BATAVIA; EN LA TERRAZA DEL CAMPUS SALACHE - COTOPAXI, 2023-2024”, 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 2019 – marzo 2020

Finalización de la carrera: abril 2024 – agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. Castillo de la Guerra Clever, MSc.

Tema: “EVALUACIÓN DE *Trichoderma spp.* NATIVO Y COMERCIAL A DIFERENTES CONCENTRACIONES EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO, CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD BATAVIA; EN LA TERRAZA DEL CAMPUS SALACHE - COTOPAXI, 2023-2024”

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 15 días del mes de agosto del 2024.


Dennis Alexander Juncal Yauri
EL CEDENTE


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

AVAL DE TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE *Trichoderma spp.* NATIVO Y COMERCIAL A DIFERENTES CONCENTRACIONES EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO, CULTIVO DE LECHUGA (*LACTUCA SATIVA L.*) VARIEDAD BATAVIA; EN LA TERRAZA DEL CAMPUS SALACHE – COTOPAXI, 2023-2024”, de Juncal Yauri Dennis Alexander, 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, 15 de agosto del 2024




Ing. Castillo de la Guerra Clever, MSc.
C.C: 0501715494
DOCENTE TUTOR


AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

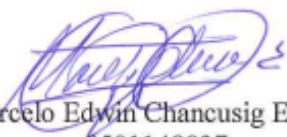
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Juncal Yauri Dennis Alexander, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE *Trichoderma spp.* NATIVO Y COMERCIAL A DIFERENTES CONCENTRACIONES EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO, CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD BATAVIA; EN LA TERRAZA DEL CAMPUS SALACHE – COTOPAXI, 2023-2024”**, 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, 15 de agosto del 2024


Ing. Guadalupe de las Mercedes López
Castillo, Mg
C.C: 1801902907
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ing. David Carrera Molina, Mg.
C.C: 0502663180
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Ing. Mg. Marcelo Edwin Chancusig Espín, PhD.
C.C: 0501148837
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la vida por haberme permitido culminar y alcanzar satisfactoriamente mi objetivo de concluir mi trayectoria universitaria llenándome de conocimientos, aprendizaje y experiencias, sobre todo felicidad y momentos inolvidables

A mis abuelos y a mi tía quienes han sido un pilar fundamental en mis estudios dándome motivación para seguir adelante y poder culminar este viaje académico. Sin su apoyo incondicional, este logro no habría sido posible.

Extiendo mi gratitud al Ing. MSc. Castillo de la Guerra Clever, por la paciencia, dedicación y esfuerzo, quien con sus conocimientos y experiencia me motivó a finalizar este proyecto de Titulación.

Dennis Alexander Juncal Yauri

DEDICATORIA

Con un gran cariño profundo y gratitud quiero dedicar este proyecto de investigación a toda mi familia, ya que son personas importantes en mi vida, que son mi inspiración a seguir superándome día tras día.

A mis queridos abuelos, Lucia y Bolívar por criarme como un hijo, quienes siempre confiaron en mí y me apoyaron en los momentos más difíciles, con sus consejos, por su comprensión y sobre todo por ayudarme con los recursos necesarios para continuar estudiando.

A mis tíos quienes siempre estuvieron en momentos importantes, les agradezco su constante aliento y respaldo.

A mi pareja quien siempre me brindó su apoyo y amor incondicional para llegar a cumplir esta meta.

A mis amigos quienes me han apoyado en el transcurso de esta etapa de mi vida en los buenos y malos momentos.

Dennis Alexander Juncal Yauri

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE *Trichoderma spp.* NATIVO Y COMERCIAL A DIFERENTES CONCENTRACIONES EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO, CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD BATAVIA; EN LA TERRAZA DEL CAMPUS SALACHE - COTOPAXI, 2023-2024”

Autor:
Juncal Yauri Dennis Alexander

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en la terraza del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Con el propósito de evaluar el efecto de dos cepas de *Trichoderma spp.* (nativo y comercial) a diferentes concentraciones en las propiedades químicas del suelo e identificar la mejor concentración en el comportamiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad batavia. Para trabajos de laboratorio de replicación de *Trichoderma spp.*, se utilizó la metodología de (Troya 2014) y para la determinación de las concentraciones (Velez 1997). El diseño utilizado fue de bloques completamente al azar (DBCA); con seis tratamientos más un testigo con tres repeticiones, los factores en estudio fueron *Trichoderma spp.* (nativo y comercial) y tres concentraciones 10^{-6} , 10^{-8} , 10^{-10} ; dando como resultado 21 unidades experimentales. Las variables a evaluar fueron las propiedades químicas del suelo (macronutrientes y micronutrientes); altura de planta (cm); número de hojas; ancho de hojas (cm); largo de hojas (cm) y rendimiento a la cosecha (kg). Para el análisis estadístico se usó el software InfoStat. Los resultados obtenidos para la variable propiedades químicas del suelo: pH de 9,56 al inicio y al final de la aplicación de *Trichoderma spp.*, disminuye a 9,47 siendo un suelo alcalino, la Materia Orgánica subió de 0,29 a 0,70% siendo considerados niveles bajos y los demás elementos se comportaron estables a excepción del nitrógeno que bajo de 64 ppm a 28,94 ppm producto del consumo del cultivo. Los resultados obtenidos en la respuesta planta el tratamiento T6 (*Trichoderma* comercial concentración 10^{-10}) dio mejores resultados en; la variable altura de planta con 7,86 cm; número de hoja con 11,03; para la variable ancho de hojas con 6,68 cm; para la variable largo de hojas con 6,48 cm y para la variable rendimiento a la cosecha con 5,16 kg/m². Se establece que la mejor concentración de *Trichoderma* comercial fue la concentración 10^{-10} porque es un bioestimulante que ayuda a la asimilación de nutrientes.

Palabras clave: *Trichoderma*, nativo, comercial, concentración, Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “EVALUATION OF *Trichoderma spp.* NATIVE AND COMMERCIAL AT DIFFERENT CONCENTRATIONS IN THE CHEMICAL PROPERTIES OF THE SOIL, CULTIVATION OF LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) BATAVIA VARIETY; ON THE TERRACE OF THE SALACHE CAMPUS - COTOPAXI, 2023-2024”

Author:
Juncal Yauri Dennis Alexander

ABSTRACT

The present research project was carried out on the terrace of the Salache campus of the Technical University of Cotopaxi. With the purpose of evaluating the effect of two strains of *Trichoderma spp.* (native and commercial) at different concentrations in the chemical properties of the soil and identify the best concentration in the behavior of the lettuce crop (*Lactuca sativa* L.) batavia variety. For the laboratory replication work of *Trichoderma spp.*, the methodology of (Troya 2014) and for the determination of concentrations (Velez 1997). The design used was a completely randomized block design (DBCA); with six treatments plus a control with three repetitions, the factors under study were *Trichoderma spp.* (native and commercial) and three concentrations 10^{-6} , 10^{-8} , 10^{-10} ; resulting in 21 experimental units. The variables to be evaluated were the chemical properties of the soil (macronutrients and micronutrients); plant height (cm); number of leaves; leaf width (cm); leaf length (cm) and harvest yield (kg). InfoStat software was used for statistical analysis. The results obtained for the variable chemical properties of the soil: pH of 9.56 at the beginning and at the end of the application of *Trichoderma spp.*, decreases to 9.47 being an alkaline soil, Organic Matter rose from 0.29 to 0.70 % being considered low levels and the other elements behaved stable except for nitrogen, which dropped from 64 ppm to 28.94 ppm as a result of crop consumption. The results obtained in the plant response, the T6 treatment (*Trichoderma* commercial concentration 10^{-10}) gave better results in; The variable plant height with 7.86 cm; sheet number with 11.03; for the variable width of leaves with 6.68 cm; for the variable leaf length with 6.48 cm and for the variable yield at harvest with 5.16 kg/m². It is established that the best concentration of commercial *Trichoderma* was the concentration 10^{-10} because it is a biostimulant that helps the assimilation of nutrients.

Keywords: *Trichoderma*, native, commercial, concentration, Lettuce (*Lactuca sativa* L.)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORIA	ii
CONTRATOS DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DE TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
3.1 Beneficiarios directos:	3
3.2 Beneficiarios Indirectos:	3
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1 General.....	4
5.2 Específicos.....	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS PLANTEADO EN RELACION A LOS OBJETIVOS	5
7. MARCO TEORICO O FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA	6
7.1 CULTIVO DE LECHUGA	6
7.1.1 Producción en Ecuador.....	6
7.1.2 <i>Lactuca Sativa</i> L.....	6
7.1.3 Generalidades	6

7.1.4 Origen	6
7.1.5 Taxonomía.....	7
7.1.6 Descripción Botánica.....	7
7.1.7 Requerimientos Edáficos.....	8
7.1.8 Manejo Agronómico del cultivo de lechuga.....	10
7.2 TRICHODERMA (<i>Trichoderma</i> spp.).....	10
7.2.1 Taxonomía.....	11
7.2.2 Condiciones de crecimiento <i>Trichoderma</i>	11
7.3 <i>Trichoderma Harzianum</i>	12
7.4 <i>Trichoderma</i> spp. nativo.....	12
7.5 <i>Trichoderma</i> spp. comercial (TRICHOEB 5WP)	13
7.6 PROPIEDADES QUÍMICAS	13
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	13
7.6.1 pH del suelo	14
7.6.2 Macro y Micro nutrientes	14
7.6.2.1 Nitrógeno (N)	14
7.6.2.2 Fósforo (P).....	14
7.6.2.3 Potasio (K).....	15
7.6.2.4 Azufre (S)	15
7.6.2.5 Calcio (Ca).....	15
7.6.2.6 Magnesio (Mg)	15
7.6.2.7 Boro (B).....	16
7.6.2.8 Cobre (Cu)	16
7.6.2.9 Hierro (Fe)	16
7.6.2.10 Manganeso (Mn).....	16
7.6.2.11 Zinc (Zn).....	17
7.6.2.12 Materia Orgánica (Mo).....	17

7.6.3 <i>Trichoderma</i> ayuda a la degradación de materia orgánica presente en el suelo	17
8. HIPÓTESIS	17
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	19
9.1 Características del Sitio de la Investigación	19
9.2 Mapa del Sitio de Investigación	19
9.3 Materiales y Equipos	20
9.3.1 Material e insumo de laboratorio	20
9.3.2 Insumos Agrícolas	20
9.3.3 Microorganismos	20
9.3.4 Herramientas Agrícolas	20
9.4 Procedimiento de la investigación	20
9.4.1 Área de estudio	20
9.4.2 Análisis de suelo	21
9.4.3 Materiales	21
9.4.4 Preparación	21
9.4.5 Procedimiento para obtener análisis de suelo	21
9.4.6 Preparación del terreno	21
9.4.7 Mantenimiento del sistema de riego	22
9.4.8 Delimitación del Área	22
9.4.9 Obtención de Material vegetal y siembra	22
9.4.10 Multiplicación de esporas de <i>Trichoderma</i> spp. Nativo	22
9.4.11 Procedimiento para la obtención de <i>Trichoderma</i>	23
9.4.12 Obtención de <i>Trichoderma</i> spp. nativo	23
9.4.13 Determinación de concentraciones de <i>Trichoderma</i> spp. Nativo	24
9.4.14 Concentración de <i>Trichoderma</i> spp. comercial a través del conteo de conidios	25
9.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	26

9.5.1 Análisis Funcional	26
9.5.2 Factor en estudio.....	27
9.5.3 Variables a Evaluar.....	27
9.5.4 Tratamiento por concentración y <i>Trichoderma spp.</i>	28
9.5.5 Diseño Experimental DBCA en campo.....	28
9.5.6 ESQUEMA ADEVA.....	29
9.5.7 Croquis del experimento.....	29
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30
10.1 Resultados y discusión del análisis del suelo inicial y final	30
10.2 Propiedades químicas	31
10.2.1 Macronutrientes	31
10.2.2 Micronutrientes.....	31
10.3 Comportamiento agronómico del cultivo de lechuga.....	32
10.4 Análisis de varianza para altura de la planta	32
10.5 Análisis de varianza para número de hoja	36
10.6 Análisis de varianza para ancho de hojas	40
10.7 Análisis de varianza para largo de hojas	44
10.8 Rendimiento a la cosecha	48
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	50
12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	51
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades en relaciona los objetivos.	5
Tabla 2. Taxonomía de la Lechuga.....	7
Tabla 3. Requerimientos del suelo.....	9
Tabla 4. Taxonomía de Trichoderma.....	11
Tabla 5. Operacionalización de variables	18
Tabla 6. Ubicación del sitio de investigación.....	19
Tabla 7. Diseño experimental DBCA.....	28
Tabla 8. Diseño experimental repeticiones.....	28
Tabla 9. Esquema Adeva.....	29
Tabla 10. Croquis del experimento.....	29
Tabla 11. Analisis de macro y micro nutrientes	30
Tabla 12. Análisis de varianza altura de la planta	32
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la determinación de altura de la planta (cm) a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de Trichoderma spp. nativo y comercial con tres concentraciones.	33
Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para evaluar la mejor concentración de Trichoderma spp. en altura (cm).	35
Tabla 15. Análisis de varianza en número de hojas.....	36
Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la determinación de número de hojas de la planta a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de Trichoderma spp. nativo y comercial con tres concentraciones.	37
Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para evaluar la mejor concentración de Trichoderma spp. de número de hojas.	39
Tabla 18. Análisis de varianza en ancho de hojas	40
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la determinación de ancho de hoja de la planta a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de Trichoderma spp. nativo y comercial en con concentraciones.	41
Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para evaluar la mejor concentración de Trichoderma spp. de ancho de hoja.....	43
Tabla 21. Análisis de varianza largo de hojas	44

Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la determinación de largo de hojas de la planta a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de Trichoderma spp. nativo y comercial con tres concentraciones	45
Tabla 23. Prueba Tukey al 5% para evaluar la mejor concentración de Trichoderma spp. de largo de hojas	47
Tabla 24. Adeva rendimiento a la cosecha.	48
Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable rendimiento a la cosecha después de la aplicación de Trichoderma spp. nativo y comercial en el cultivo de lechuga.....	48
Tabla 26. Prueba Tukey al 5% para evaluar la mejor concentración de Trichoderma spp. en rendimiento kg/m2.....	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Mapa del sitio de investigación	19
Gráfico 2. Altura a los 15 días	33
Gráfico 3. Altura a los 30 días	34
Gráfico 4. Altura a los 45 días	34
Gráfico 5. Mejor concentración.....	35
Gráfico 6. Número de hoja a los 15 días	37
Gráfico 7. Número de hoja a los 30 días	38
Gráfico 8. Número de hoja a los 45 días	38
Gráfico 9. Mejor concentración.....	39
Gráfico 10. Ancho de hoja a los 15 días.....	41
Gráfico 11. Ancho de hoja a los 30 días.....	42
Gráfico 12. Ancho de hoja a los 45 días.....	42
Gráfico 13. Mejor concentración.....	43
Gráfico 14. Largo de hojas a los 15 días.	45
Gráfico 15. Largo de hojas a los 30 días.	46
Gráfico 16. Ancho de hojas a los 45 días	46
Gráfico 17. Mejor concentración.....	47
Gráfico 18. Rendimiento a la cosecha.	49
Gráfico 19. Concentración más eficaz en rendimiento.....	50

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

Evaluación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial a diferentes concentraciones en las propiedades químicas del suelo, cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Batavia; en las en las terrazas del campus Salache - Cotopaxi, 2023-2024.

Fecha de inicio: noviembre 2023

Fecha de finalización: agosto 2024

Lugar de ejecución: Barrio-parroquia-cantón-provincia-zona 3 e institución

Facultad que auspicia: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN).

Carrera que auspicia: Agronomía

Equipo de Trabajo:

Responsable del Proyecto: Juncal Yauri Dennis Alexander.

Tutor: Ing. Clever Gilberto Castillo de la Guerra, MSc.

Lector 1: Ing. Guadalupe de las Mercedes López Castillo, Mg

Lector 2: Ing. David Santiago Carrera Molina, Mg

Lector 3: Ing. Mg. Marcelo Edwin Chancusig Espín, PhD.

Coordinador del Proyecto:

Nombre/s: Juncal Yauri Dennis Alexander.

Teléfonos: 0962971609

Correo electrónico: dennis.juncal4103@utc.edu.ec

Área de Conocimiento: Agricultura - Agricultura, silvicultura y pesca - producción agropecuaria

Línea de investigación:

Línea 1: Desarrollo soberanía y seguridad alimentaria

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Producción agrícola sostenible

Línea de vinculación de la carrera:

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

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En base que la Sierra ecuatoriana está siendo mayormente suelos afectados por la erosión, ya sean por factores climáticos, precipitación y la pendiente de los relieves, de esta manera el suelo se encuentra vulnerable, (Pineda 2019) indica que se pierden de 25 a 40 000 millones de toneladas de la capa arable cada años a causa de la erosión, ocasionando afectaciones a la funcionalidad de suelo como el rendimiento del cultivo y la disponibilidad de nutrientes.

Ante la limitada disponibilidad de recursos en el suelo las tecnologías agrícolas representan grandes beneficios para solucionar esta problemática. Entre estas tecnologías existen los microorganismos que son beneficiosos como es el caso de la *Trichoderma spp.* Que está directamente asociado a la rizosfera, con bajo requerimiento nutricional por lo que su crecimiento posee alta adaptabilidad a diferentes condiciones ecológicas, promoviendo el desarrollo y crecimiento de plantas, mediante la liberación de auxinas y giberelinas; produciendo ácidos orgánicos que pueden disminuir el pH del suelo y propiciar la solubilización de nutrientes los cuales son esenciales para el desarrollo vegetal, además está catalogada como agente de control biológico, posee propiedades micro parasitarias y antibióticas excelentes agentes de control contra hongos patógenos (Hernández 2019).

La presente investigación busca evaluar las propiedades químicas y del suelo antes y después del uso de dos cepas de *Trichoderma spp.* nativo y comercial, con este trabajo de investigación se busca recuperar suelos erosionados, alcalinos y salinos, ya que estos

suelos poseen inconvenientes por su alto contenido de carbonato cálcico, sales, pH alto, baja disponibilidad de materia orgánica, esto afecta a las propiedades químicas del suelo, el cual limita que un cultivo pueda desarrollarse adecuadamente.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1 Beneficiarios directos:

Los principales beneficiarios directos son los 300 agricultores de la parroquia Eloy Alfaro en la localidad de Salache del cantón Latacunga.

Estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de Ingeniería Agronómica en el ámbito académico con el aporte de resultados obtenidos para hacer uso de la información en el proceso de aprendizaje.

3.2 Beneficiarios Indirectos:

Los beneficiarios indirectos son los productores hortícolas de la provincia de Cotopaxi, quienes están interesados en el uso de microorganismos benéficos.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ecuador continúa siendo afectado por numerosos procesos erosivos, en la actualidad alrededor el 50% del territorio está afectado por este problema. La Sierra Ecuatoriana siendo la región del país más afectada, generalizada en muchos lugares, alrededor del 15% de tierra afecta pertenece al callejón interandino, el 35% corresponde a la zona límite de la frontera agrícola, tierras altas y los exteriores en alturas que van desde los 1500 a 3000 m.s.n.m. donde es una región fuertemente afectada por la erosión (Noni 1986).

En la Sierra ecuatoriana, la presión sobre la tierra a obligado a productores a usar suelos de pendiente inclinada, ubicados en laderas de la cordillera, donde la agricultura está limitada por la escasez de recursos, como también el uso intensivo del suelo y la pobre cobertura promueven la erosión (Marroquín 2014).

La degradación del suelo a consecuencia de la erosión ha afectado a la fertilidad del suelo provocando el cambio de procesos físicos, químicos o biológicos, la causa principal se da por la excesiva escorrentía de agua por la lluvia, esto genera que exista la remoción de la cobertura vegetal y nutrientes del suelo. Los sedimentos erosionados usualmente contienen una mayor proporción de nutrientes (FAO 1993).

Los suelos de Salache son franco limoso o franco arenoso con fuertes procesos de erosión (Sarzosa 2021). Los inconvenientes de estos suelos es que tienen un pH alto, bajo porcentaje de materia orgánica, deficiencia de nutrientes, problemas de aireación, problemas de encharcamiento, etc.

El desconocimiento sobre el papel de microorganismos benéficos para el suelo impide aprovechar sus beneficios para un manejo óptimo del microbiota edáfica, *Trichoderma spp*, se desarrolla bajo diferentes condiciones promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas, como también pueden disminuir el pH del suelo y propiciar la solubilización de nutrientes (Hernández 2019).

Por lo antes expuesto se plantea el proyecto de recuperación de suelos en las propiedades químicas del suelo utilizando microorganismos a diferentes concentraciones para recuperar las propiedades químicas.

5. OBJETIVOS

5.1 General

Evaluar *Trichoderma spp*. nativo y comercial, a diferentes concentraciones en las propiedades químicas del suelo, cultivo lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Batavia; en la terraza de banco del campus Salache.

5.2 Específicos

- Evaluar el efecto de *Trichoderma spp*, nativo y comercial en la recuperación de las propiedades químicas del suelo.
- Determinar la mejor concentración en la recuperación de las propiedades químicas del suelo.
- Determinar el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*), variedad Batavia.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS PLANTEADO EN RELACION A LOS OBJETIVOS

Tabla 1. Actividades en relaciona los objetivos.

Objetivo específico	Actividades (tareas)	Metodología	Resultado de la actividad
Evaluar el efecto de <i>Trichoderma spp.</i> , nativo y comercial en la recuperación de las propiedades químicas del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Toma de muestra de suelo • Interpretación de análisis químico 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de muestra de suelo • Conocer las propiedades químicas que tiene el suelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultado de muestra de suelo • Análisis Químico (INIAP) • Analisis de propiedades químicas Revisión bibliográfica
Determinar la mejor concentración en la recuperación de las propiedades químicas del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar concentraciones • Aplicación de concentraciones de <i>Trichoderma spp.</i> Nativo y comercial 	<ul style="list-style-type: none"> • conteo de UFC Concentraciones (10^{-6}, 10^{-8}, 10^{-10}) • Aplicación vía Drench de <i>Trichoderma spp.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablas estadísticas sobre concentraciones de <i>Trichoderma spp.</i> • Croquis del ensayo • Libreta de campo • Gráficas • Fotografías
Determinar el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa L.</i>), variedad Batavia.	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación del cultivo • Monitoreo del cultivo • Toma de datos del cultivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Trasplante • Riego • labores culturales • Datos de altura, numero de hojas, ancho, largo, rendimiento a la cosecha 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablas Estadísticas Libreta de campo fotografías

Elaborado por: (Juncal, 2023)

7. MARCO TEORICO O FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA

7.1 CULTIVO DE LECHUGA

7.1.1 Producción en Ecuador

Según (Salinas 2014) en el Ecuador existen 1 145 ha cultivadas de lechugas con rendimientos promedio de 7.9 ton/ha, de las cuales el 70% es lechuga criolla y el 30% es de variedades como la roja, la roma o salad. Las provincias que presentan mayor producción son: Cotopaxi (481 ha), Tungurahua (325 ha) y Carchi (96 ha).

7.1.2 *Lactuca Sativa* L.

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las 300 especies del género *Lactuca*. El nombre del género *Lactuca* procede del latín (leche). Su etimología se refiere a la savia de aspecto lácteo que secreta los tallos al ser cortados. *Sativa* hace referencia a su especie cultivada (López 2022).

7.1.3 Generalidades

Es una planta herbácea de estado anual, su ciclo vegetativo posee un tallo carnoso corto de 2 a 5 centímetros, en donde se encuentran las hojas, son capaces de formar repollo, teniendo forma, número y colores distinguidos según la variedad botánica que se desea cultivar. Posee un sistema radicular superficial y denso. Normalmente su raíz es pivotante logrando alcanzar una hasta 60 centímetros, en los primeros 30 centímetros sus raíces son numerosas. El cultivo se puede llevar a cabo mediante almacigo y trasplante con fácil generación de raíces adventicias generando un sistema radicular más fuerte y superficial. (Villarreal 2015).

7.1.4 Origen

El origen de lechuga indica su existencia desde aproximadamente 4.500 años a.C. El origen se ubica en la cuenca del Mediterráneo, rápidamente se expandió por la mayoría de países de Europa y finalmente fue llevada América por los primeros conquistadores existiendo varias especies del género como, *L. Serriola*, *L. saligna* y *L. virosa*, estas especies son muy similares a *Lactuca sativa*. Por lo que estas especies presentan relación especialmente con *L. serriola*, lo que ha llevado a algunos a sugerir que la lechuga cultivada hoy, provendría de esta especie (Salas 2022).

7.1.5 Taxonomía

Pertenece a la familia Astereaceae, es la familia más grande y diversificada dentro de las angiospermas. Con más de 24.000 especies descritas, se estima que representa alrededor del 10 % de todas las especies con flor (López 2022).

Tabla 2. Taxonomía de la Lechuga

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	<i>Magnolipsida</i>
Orden	<i>Asterales</i>
Familia	<i>Asteraceae</i>
Tribu	<i>Lactucae</i>
Género	<i>Lactuca</i>
Especie	<i>Lactuca Sativa L.</i>

Elaborador por: (Saavedra 2017)

7.1.6 Descripción Botánica

7.1.6.1 Raíz

Posee un sistema radical que consiste de una raíz pivotante con origen seminal muy bien diferenciada, Posterior a la germinación se empieza a originar un sistema radical ramificado. La raíz puede llegar a alcanzar una profundidad de 30 cm, teniendo un desarrollo muy rápido ya que sus raíces laterales permiten la absorción de nutrientes, estas mismas generalmente se desarrollan a una profundidad de 5 a 30 cm de la capa del suelo. (López 2022).

7.1.6.2 Tallo

El tallo tiende a ser muy corto, pequeño y cilíndrico que no se ramifica al momento de la cosecha, sin embargo, cuando la etapa comercial finaliza, el tallo procede a alargarse de 1 a 2 cm de longitud, presentando ramificaciones del extremo y con presencia de ramillas de inflorescencias en cada punta (Chiroque 2019).

7.1.6.3 Hojas

La plántula continúa generando hojas verdaderas, siendo cada hoja nueva y más ancha que la precedente. Las hojas se empiezan a generar en forma de rosera en un tallo corto. Genera hojas conforme pasa el tiempo vegetativo de esta forma, pero su estructura va a variar dependiendo la especie de lechuga (Saavedra 2017).

Lactuca sativa posee variedad en formas de sus hojas debido a que existen diferentes tipos de especies, estas pueden ser redondas, oblongas o aserradas. Sus bordes llegan a ser de forma lisa, ondulados, dentados, lobulados y aserrados. Los colores pueden variar de verde amarillento, claro u oscuro, rojizo, morado o púrpura (Chiroque 2019).

7.1.6.4 Flores

La etapa de floración inicia cuando el tallo empieza a tener elongación de 1 a 1,5 cm, los entrenudos empiezan a distanciarse entre sí. La planta presenta un polinización cruzada o autopolinización, generalmente florece durante el año uno del cultivo. Su flor posee hasta 5 estambres unidos por un tubo estaminal ascendiendo por el estigma. Contienen de 13 a 20 flores que se encuentran en racimos o corimbos

7.1.6.5 Semilla

La semilla de la lechuga es botánicamente un aquenio, definido como un fruto seco e indehiscente de una sola semilla (Saavedra 2017).

El fruto es un aquenio típico uniseminado, seco e indehiscente. El aquenio posee un vilano plumoso, el aquenio se produce al momento de la autofecundación. Cuando madura puede llegar a tener in color blanco, marrón o negro. Miden de 4 a 5 mm de longitud (López 2022).

7.1.7 Requerimientos Edáficos

7.1.7.1 Clima

La lechuga es una planta de gran adaptabilidad a distintos climas. Pueden llegar a vivir en temperaturas de 0°C, cuando las temperaturas descienden de los 6°C suelen presentar efectos como lesiones foliares. Su temperatura mínima es de 5 °C. la lechuga no puede llegar a emitir nuevas raíces, pero a partir de los 10°C sí. No obstante, no soportan temperaturas relativamente bajas, pero si las temperaturas elevadas. La temperatura media óptima para la lechuga oscila entre los 15 a los 20° C (Quintero 1997).

7.1.7.2 Suelo

Es una planta que se adapta bien a la mayoría de suelos, haciendo excepción a aquellos suelos que poseen problemas de encharcamiento, los suelos más óptimos son aquellos que poseen materia orgánica alta y de una elevada fertilidad, suelos sueltos y bien drenados (Quintero 1997).

Se da bien en suelos francos, francos arenosos y francos arcillosos (Chiroque 2019)

7.1.7.3 Requerimiento de suelo recomendado

A continuación, se presenta los requerimientos del suelo:

Tabla 3. Requerimientos del suelo

Parámetros	Valores
pH	6 - 6,8
Conductividad mS/cm	1000 - 1300
Materia Orgánica %	2,5 - 3
Nitrógeno Total %	0,2 – 0,4
Relación C/N	10
Nitratos ppm	200 – 250
Caliza %	7 – 10
Fósforo ppm	80 – 100
Calcio meq / 100 grs	15
Potasio meq / 100 grs	1,5
Magnesio meq / 100 grs	2
Sodio meq / 100 grs	0,75
Textura	Franca o Franca Arenosa

Elaborado por: (Jiménez 2015)

7.1.7.4 pH

Valores de pH menores de 5,5 originan un pobre desarrollo y valores por encima de 7,5 son el límite para un buen crecimiento (Chiroque 2019).

7.1.7.5 Humedad Relativa

El rango óptimo de humedad relativa para un desarrollo adecuado se encuentra entre el 60 y 80 %. El contenido de agua en la lechuga oscila entre un 94-95%, esta misma es fundamental para el desarrollo y la estructura de la planta, otorgando rigidez en los tallos

y en hojas. Valores altos de humedad relativa no son aceptables para su desarrollo (López 2022).

7.1.7.6 Riego

Antes de la germinación los riegos se deben efectuar 2 a 3 veces al día, si se mantiene una humedad constante y favorable las semillas germinan a los 4 a 6 días, después de germinado se debe mantener un riego frecuente que durante los primeros 20 días debe ser diario y después se van espaciando unos 2 a 4 días según el tipo de suelo hasta la cosecha. Como la lechuga tiene un ritmo de crecimiento muy rápido y su órgano de consumo son las hojas, no debe sufrir sequía, ya que se afectan los rendimientos y la calidad de ésta, por ello siempre se debe regar a unos 85 a 90% de la capacidad de campo (Chiroque 2019).

7.1.8 Manejo Agronómico del cultivo de lechuga

7.1.8.1 Preparación del Suelo

Esta labor consiste en levantar el terreno enterrando el rastrojo del cultivo anterior e ir adecuando el suelo para que la plántula encuentre unas condiciones aceptables para su posterior desarrollo (Quintero 1997).

7.1.8.2 Siembra

Se debe sembrar a una profundidad de 1 a 1,5 cm, a una distancia de 1. 40 m a 25 cm entre hileras y 15 cm entre plantas, es recomendable que se realice un riego antes de la siembra (Chiroque 2019).

7.1.8.3 Labores culturales

Una vez el cultivo está establecido las plantas arvenses empezaran a aparecer por lo cual se deben remover para evitar que compitan por nutrientes con nuestro cultivo y afecten su crecimiento y desarrollo (López 2022).

7.2 TRICHODERMA (*Trichoderma spp.*)

Trichoderma spp. son hongos saprófitos del suelo y de crecimiento rápido que comúnmente habita en la rizosfera, es capaz de producir elicitores que inducen la defensa vegetal contra patógenos e insectos, ayudan a la solubilización de nutrientes y propician la síntesis de sustancias promotoras del crecimiento vegetal. Estos hongos filamentosos

tienen bajos requerimientos nutricionales por lo que no son exigentes en relación al pH, crecen en suelos con un pH desde 5,5 a 8,5 lo que facilita su crecimiento en ambientes ligeramente ácidos. *Trichoderma* presenta éxito como agente de control biológico, esto se debe a que posee una alta capacidad reproductiva, puede llegar a sobrevivir bajo condiciones ambientales desfavorables, presenta eficiencia en la solubilización de nutrientes, capaces de modificar la rizosfera, con una fuerte agresividad contra hongos fitopatógenos y promoviendo el crecimiento de las plantas (Hernández 2019).

7.2.1 Taxonomía

El género *Trichoderma* son hongos filamentosos benéficos para las plantas, son ampliamente utilizado en la agricultura debido a sus propiedades como biofungicida, biofertilizante y bioestimulante (Argumedo 2009).

Tabla 4. Taxonomía de *Trichoderma*

Reino	Fungí
División	Ascomycota
Clase	Hyphomycetes
Orden	Hyphales
Familia	Moniliciaceae
Genero	<i>Trichoderma</i>

Fuente: (Argumedo, 2009)

7.2.2 Condiciones de crecimiento *Trichoderma*

7.2.2.1 Temperatura

La Temperatura va a depender según la especie y el tipo de aislamiento, Se sabe especies de *Trichoderma* como (*T. pseudokoningii* y *Trichoderma Hammill* llegan a tolerar temperaturas de 40 a 41°C, las especies *T. koningii* y *T. hamatum*: 35°C y *T. viride* y *T. polysporum*: 31°C, mientras *T. harzianum* hasta 38°C. Para *T. harzianum* la temperatura optima de aislamiento y crecimiento es de 20 °C, aunque puede llegar a variar entre 25 y 30°C. Sin embargo, a 30°C, la temperatura optima de crecimiento generalmente no coincide con la de su actividad antagónica, presentando estrecha relación entre el aislamiento, propiedades antagónicas y su temperatura.(Martínez 2013).

7.2.2.2 Humedad

El rango óptimo para que presente un crecimiento vegetativo moderado y su esporulación es de 93 al 95% (Romero 2009).

7.2.2.3 pH

Las especies de *Trichoderma* no son exigentes con relación al pH del sustrato. La mayoría de especies llegan a crecer en suelos con un pH que va desde 5,5 a 8,5, aunque sus valores óptimos van desde 5 a 6,5, es decir en ambientes ligeramente ácidos (Martínez 2013).

7.3 *Trichoderma Harzianum*

T. harzianum está estrechamente asociado a la producción y desarrollo de raíces de la planta, proporcionando un considerable vigor y crecimiento. *T. Harzianum* se desarrolla mismo tiempo que el sistema radicular vegetal al cual se encuentra asociado. Se alimenta de desechos y productos exudados que excreta la planta. Esta a su vez se beneficia al poder colonizar mayor cantidad de suelo gracias al sistema de hifas del hongo, aumentando considerablemente de esta manera el crecimiento de la planta (Galeano 2002).

7.4 *Trichoderma spp. nativo*

La *Trichoderma* “es un hongo filamentoso anamórfico, heterótrofo, aerobio, con una La *Trichoderma* “es un hongo filamentoso anamórfico, heterótrofo, aerobio, con una pared celular compuesto por quitina, de rápido crecimiento que puede utilizar una gran variedad de sustratos complejos como celulosa, quitina, pectina y almidón como fuente de carbono”. Muchas cepas crecen eficientemente en medios sólidos o líquidos y en un amplio rango de temperaturas, además son relativamente tolerantes a humedades bajas y tienden a crecer en suelos ácidos (Caiza 2013).

Las diferentes especies del género *Trichoderma* se caracterizan por ser hongos saprofitos; que se alimentan de materia orgánica, poseen alta adaptabilidad a suelos con bajas cantidades de materia orgánica. Son buenos descomponedores de MO lo que les permite mayor plasticidad ecológica. En determinados ambientes llegar a ser anaerobios facultativos. Estas mismas se hallan en diferentes altitudes, con zonas polares hasta la ecuatorial. Estas se encuentran en los suelos y con medios de captura adecuados son llevados a su multiplicación en laboratorios. Una vez obtenida la cantidad deseada se realiza su “cosecha” (Infante 2009).

7.5 *Trichoderma spp.* comercial (TRICHOEB 5WP)

Nombre del Producto: TRICHOEB 5WP

Información general: TRICHOEB 5WP, es un producto biológico que contiene conidios del Hongo *Trichoderma spp.* Siendo bio-regulador y antagonista de fitopatógenos. Su acción está determinada por la competencia por nutrientes y espacio, parasitismo y antibiosis, protegiendo el área radicular, también ayuda en la absorción de micronutrientes estimulando el crecimiento de la planta, además ayuda a activar los mecanismos naturales de defensa en la planta. (Chico 2012)

Instrucciones de uso: Puede ser usado en forma solida o disuelto en agua.

Se debe realizar una solución madre a la preparación.

Forma de Aplicación: Drench, aspersión, riego por goteo y ferti riego.

Cultivo: Hortalizas, frutales, ornamentales y granos.

Dosis: de 50 a 100g/ha.

Ingrediente activo: Conidios de *Trichoderma spp.*

Contenido neto: 250 gramos

Solubilidad: Soluble en agua

Concentración: 2×10^9 UFC (Unidades Formadoras de Colonias)

Compatibilidad: Es compatible con la gran mayoría de fungicidas químicos. No mezclar con plaguicidas químicos.

Fabricado y formulado por: Ecu biológica. Quito – Ecuador

7.6 PROPIEDADES QUÍMICAS

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Capacidad de intercambio catiónico es la propiedad química responsable en gran medida de la fertilidad de los suelos, Son “bóvedas” en donde los suelos guardan los macros y micro nutrientes necesarios para el desarrollo de plantas. Nutrientes como el nitrógeno, calcio, potasio, calcio y magnesio encuentran lugares donde pueden ser almacenados solubilizarse en el agua que posee el suelo para formar así la llamada solución de suelo, y de esta manera poder ser absorbidos por las plantas. La CIC del suelo hace referencia al número de sitios de intercambio de cationes que este pueda tener. Cuantos más sitios

de intercambio, mayor será la capacidad de almacenaje de cationes y mayor su disponibilidad para las plantas (Bueno 2019).

7.6.1 pH del suelo

El potencial de hidrógeno hace referencia al grado de absorción de iones, las partículas presentes en el suelo dictaminan si un suelo presenta altos o bajos niveles de acidez o salinidad. El pH es el principal indicador en disponibilidad de macronutrientes y micronutrientes necesarios para las plantas, comúnmente influye en la solubilización, disponibilidad y movilidad de los demás contaminantes orgánicos presentes en el suelo. Cuando el valor del pH oscila entre 3,5 es muy ácido, cuando presenta niveles superiores a 8 es muy alcalino. Los suelos ácidos generalmente presentan cantidades elevadas de aluminio y manganeso, llegando a ser tóxicos. Los suelos alcalinos tienden a dispersarse. Los microorganismos del suelo presentan actividad inhibidora en suelos alcalinos. (FAO 2019).

7.6.2 Macro y Micro nutrientes

Los nutrientes esenciales se encuentran en el suelo aportando un desarrollo y crecimiento óptimo para los cultivos. Se clasifican en macronutrientes y micronutrientes.

7.6.2.1 Nitrógeno (N)

El nitrógeno presente en el suelo es el macroelemento fundamental para la mayoría de cultivos, es un elemento específico de las proteínas, se encuentra presente en la mayoría de todas las combinaciones orgánicas de los vegetales, siendo el factor limitante más importante para el crecimiento de las plantas, un suministro deficiente de este elemento puede generar considerables o notables descensos en la producción vegetal. Sus excesos y deficiencias en el suelo llegan a tener gran impacto tanto en la salud, productividad de cultivos.

Por lo tanto, la mayor parte del nitrógeno en el suelo se halla formando parte de la materia orgánica del suelo que se deposita a la muerte de los microorganismos y de las plantas que de ellos se benefician (Benimeli 2019).

7.6.2.2 Fósforo (P)

El fósforo es un elemento base de los sistemas responsables de la capacitación, su función es almacenar y transferir energía, siendo un componente indispensable en las estructuras

de las macromoléculas como ácidos fosfolípidos y nucleicos, su papel principalmente radica en todos los procesos fisiológicos de las plantas.

En el sistema suelo-planta, el 90 % del fósforo está en el suelo y menos del 10 % se encuentra repartido fuera del suelo. Sin embargo, sólo una pequeña parte de ese 90 % es aprovechable por los vegetales. Cuando el fósforo disponible del suelo presenta deficiencia para los vegetales, la única manera de enmendarlo es a través de fertilizantes fosforados (Fernández 2007).

7.6.2.3 Potasio (K)

Generalmente el potasio del suelo se encuentra inmediatamente disponible para ser absorbido por las plantas de manera directa, pero se encuentran cantidades pequeñas, una mínima porción del potasio del suelo se encuentra de esta forma. Los cultivos que se encuentran en desarrollo vegetativo rápidamente extraen el potasio del suelo, pero a medida que es absorbido sus concentraciones son inmediatamente renovadas y restituidas por la cesión de formas menos fácilmente accesibles. El proceso de absorción de nutrientes repone y equilibra las concentraciones de potasio del suelo (Conti 2004).

7.6.2.4 Azufre (S)

La disponibilidad de azufre en el suelo dependerá de diferentes factores químicos, físicos y biológicos, aparte de estos procesos se encuentran factores muy importantes como el pH y el tipo de suelo para que se lleven a cabo las transformaciones de azufre no disponibles para la planta. La mineralización es la conversión del azufre proveniente de la materia orgánica presente de los cultivos a azufre disponible para las plantas por acción del microbiota del suelo (Corrales 2014).

7.6.2.5 Calcio (Ca)

El Calcio es un elemento químico que convierte un suelo estéril en fértil. Su contenido en el suelo es muy variable, siendo la media estimada de 1,37%. La carencia de calcio en los cultivos no sólo es un problema de disponibilidad en el suelo, sino que también es debida a una deficiente distribución en la planta (ÁC DE BAJO 2017).

7.6.2.6 Magnesio (Mg)

El estado del magnesio en el suelo se caracteriza por un proceso dinámico, influenciado por varios factores como el clima, pH del suelo, temperatura y humedad del suelo,

presencia de otros cationes. Del magnesio total del suelo, el que se encuentra en rocas y minerales primarios representa entre 90 y 99% de la reserva total, está presente en cantidades mucho mayores que las absorbidas por las plantas (Ross 2004).

7.6.2.7 Boro (B)

El pH, la textura del suelo, humedad, el contenido de arcillas y la calidad de materia orgánica son factores que afectan la disponibilidad de boro para las plantas. Mayormente las concentraciones de Boro del suelo están controladas por reacciones con superficies absorbentes que agregan óxidos de hierro y aluminio, magnesio, partículas de arcilla, cal y materia orgánica. Este elemento en un intervalo de concentraciones de B puede ser normal para un determinado tipo de plantas mientras que para otras puede resultar tóxico o deficiente (Malavé 2005).

7.6.2.8 Cobre (Cu)

Para el crecimiento de los organismos el cobre es un micronutriente esencial, pero es requerido sólo en cantidades traza, ya que en altas concentraciones es tóxico para las células al alterar las funciones de las proteínas y consecuentemente la actividad enzimática (Gaete 2010).

7.6.2.9 Hierro (Fe)

El hierro juega un papel importante en la agregación de partículas y en la formación de la estructura del suelo. En el suelo están presentes los óxidos de hierro especialmente como recubrimiento de minerales primarios y secundarios que se encuentran filtrados en los agregados de arcilla, alterando la carga eléctrica, modificando las propiedades de superficie e incrementando la capacidad amortiguadora del suelo. Generalmente están presentes en la mayoría de suelos (Acevedo 2004).

7.6.2.10 Manganeso (Mn)

Parte del manganeso se puede asociar con la materia orgánica del suelo, los principales procesos a los que está sometido el manganeso son la oxidación-reducción y la complejación con quelatos orgánicos: el reciclado continuo de la materia orgánica contribuye a la solubilidad del manganeso (Gómez 2014).

7.6.2.11 Zinc (Zn)

La mayor parte del Zn en el suelo está asociada con la Materia Orgánica (MO) que se acumula en los primeros 20 cm. Su deficiencia se presenta cuando hay bajos contenidos de MO en la presencia de suelos arenosos de baja capacidad de intercambio catiónico (Toribio 2015).

7.6.2.12 Materia Orgánica (Mo)

La materia orgánica hace referencia a la fracción orgánica que posee el suelo y aporta nutrientes como nitrógeno, fósforo y azufre, pero también puede disminuir la disponibilidad de algunos otros por la formación de complejos con Cu, Mn, Zn entre otros. Los organismos presentes en el suelo descomponen las sustancias orgánicas dejando solamente residuos difícilmente degradables, como algunos aceites, grasas, ceras y ligninas procedentes de las plantas superiores de origen. El resto de los residuos orgánicos son transformados por los microorganismos, y el producto de tal transformación es una mezcla compleja de sustancias coloidales y amorfas de color negro o marrón oscuro denominado genéricamente humus (Julca 2006).

7.6.3 *Trichoderma* ayuda a la degradación de materia orgánica presente en el suelo

Trichoderma potencialmente ayuda a contribuir la degradación de compuestos orgánicos presentes en los suelos. Estos microorganismos llegan a transformar los contaminantes orgánicos en compuestos que presentan mayor o menor toxicidad, con respecto al original. En contraste, algunos microorganismos pueden degradar completamente los compuestos orgánicos, lo que implica su completa mineralización hasta compuestos inocuos como agua y dióxido de carbono (Argumedo 2009).

8. HIPÓTESIS

Ha: La aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial a diferentes concentraciones en el cultivo de lechuga mejoran las propiedades químicas del suelo.

Ho: La aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial a diferentes concentraciones en el cultivo de lechuga no mejoran las propiedades químicas del suelo.

Variables

Variables Independientes

- *Trichoderma spp.* Nativo
- *Trichoderma spp.* Comercial
- Concentraciones

Variables dependientes

- Propiedades químicas
- Altura de planta
- Número de hojas
- Ancho de hojas
- Largo de hojas
- Rendimiento de cosecha

Tabla 5. Operacionalización de variables

	Nombre	Indicador	Índice
Variable independiente	• <i>Trichoderma spp.</i> Nativo	• Conteo de UFC nativo	• Concentraciones 10^{-6}, 10^{-8}, 10^{-10}
	• <i>Trichoderma spp.</i> comercial	• Conteo de UFC comercial	
	• Concentraciones		
Variable dependiente		Indicador	Índice
	• Análisis Químico	• Toma muestra de suelo	• Análisis químico (INIAP)
	• Altura	• Crecimiento (cm)	• Altura, número de hoja, ancho, largo (medidas en centímetros)
	• Número de hojas	• Número de hoja	
	• largo	• Ancho (cm)	
	• ancho	• Largo (cm)	
	• rendimiento de cosecha	• Peso en Kg	• Rendimiento a la cosecha Kg/h

Elaborado por: (Juncal, 2023)

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La presente investigación se llevó a cabo en la terraza de banco del campus Salache de la facultad de ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

9.1 Características del Sitio de la Investigación

Tabla 6. Ubicación del sitio de investigación

Provincia	Cotopaxi
Cantón	Latacunga
Parroquia	Eloy Alfaro
Localidad	Salache
Longitud	78°37'26.9"W
Latitud	01°00'01.0"S
Fecha de siembra	1 diciembre 2023
Altitud	2745msnm
Cultivo anterior	(Hortalizas)Lechuga
Textura	Franco Arenoso

Elaborado por: (Juncal, 2023)

9.2 Mapa del Sitio de Investigación

Gráfico 1. Mapa del sitio de investigación



Fuente: (Google Earth, 2024)

9.3 Materiales y Equipos

9.3.1 Material e insumo de laboratorio

- Caja de disección
- Cajas Petri (plásticas y de vidrio)
- Papel Parafilm
- Papel absorbente
- Papel aluminio
- Agar PDA
- Alcohol 96%

9.3.2 Insumos Agrícolas

- Plántulas de Lechuga (variedad Crespa)

9.3.3 Microorganismos

- *Trichoderma spp.* Nativo
- *Trichoderma spp.* Comercial

9.3.4 Herramientas Agrícolas

- Azada
- Rastrillo
- Piola
- Estacas
- Flexómetro

9.4 Procedimiento de la investigación

9.4.1 Área de estudio

La investigación se estableció en un área total de 345 m², la cual posee un largo de 57,50 m por 6 m de ancho, estos datos fueron se obtuvo mediante una medición y cálculo del área.

9.4.2 Análisis de suelo

Análisis químico de suelos: Permitió determinar los contenidos de macro y micronutrientes de interés agrícola, así como, las características que presenta el suelo. Adicionalmente se realizó para determinar su composición química.

9.4.3 Materiales

- Hoyadora
- Balde
- Fundas plásticas

9.4.4 Preparación

- a) Previo a la preparación de suelo se debió identificar los sitios de muestreo.
- b) Los materiales a utilizarse en el muestreo fueron estar limpios, si productos contaminantes.

9.4.5 Procedimiento para obtener análisis de suelo

1. El muestreo puede realizarse en cualquier época del año, tomando en cuenta que se deberá tomar precaución de no tomar las muestras hasta que haya transcurrido un mes después de la aplicación de productos.
2. Se procedió a limpiar la zona del suelo que fue muestreada para luego cavar un hoyo a una profundidad de 30 cm.
3. De una de las paredes del hueco se obtuvo una tajada de suelo de 2 a 3 cm de espesor para obtener las submuestras.
4. Las colocamos en un balde para luego eliminar los residuos y homogenizar.
5. Se tomó de 5 o 10 muestras simples efectuando el recorrido en zigzags abarcando todo el terreno para obtener la muestra completa.
6. Se colocó 1kg de muestra completa en una funda plástica hermética.
7. Se realizó el etiquetado de la funda con el fin de enviar al laboratorio (INIAP)

9.4.6 Preparación del terreno

Con la ayuda de herramientas agrícolas como: azadas, palas y rastrillos se procedió a la limpieza de la terraza para posteriormente levantar 30 cm las camas de 1,50 m de ancho por 6 m de largo.

9.4.7 Mantenimiento del sistema de riego

Después de la preparación de las camas, se realizó el mantenimiento del sistema de riego por goteo, se procedió a destapar las mangueras y conseguir nuevos tapones. El área de estudio perteneció a un proyecto de investigación anterior, es recomendable implementar este riego por goteo para lechuga ya que son los más utilizados y permite regar de forma continua a lo largo del cultivo, manteniendo el suelo en capacidad de campo durante todo el ciclo productivo.

9.4.8 Delimitación del Área

Para implementar la investigación, se tomó en cuenta los siguientes materiales: cinta métrica, estacas y piolas las cuales nos ayudaron a delimitar nuestro diseño de unidades experimentales. Las medidas que se tomaron son 1,50 m de ancho y 6 m de largo, los caminos de separación por tratamiento y laterales son de 0,50cm.

9.4.9 Obtención de Material vegetal y siembra

La compra de las plántulas se la realizó en los pilones de Cunchibamba “Agrosol”, la cual se dedica a la germinación y propagación de plantas de todo tipo. El trasplante se lo realizó a una distancia de 30 cm entre hilera y 30 cm entre planta, esto según (Cásseres y Agricultura (IICA) 1981) ya que la distancia ayudará en las labores culturales. El trasplante se realizó en 5 hileras por tratamiento donde en cada hilera consta de 20 plántulas dando un total de 100 plántulas por tratamiento y 21 unidades experimentales con un total de 2100 plántulas trasplantadas.

9.4.10 Multiplicación de esporas de *Trichoderma* spp. Nativo

Para obtener la mayor cantidad de cepas de *Trichoderma spp* nativo se realizó la multiplicación en el laboratorio de microbiología del campus Salache para así poder determinar las concentraciones establecidas para el proyecto de investigación para lo cual se utilizó los siguientes equipos y materiales:

- Cajas Petri plásticas
- Medio de cultivo PDA
- Agua destilada
- Autoclave
- Cámara de flujo laminar
- Incubadora

- Gotero
- Asa de siembra
- Mechero
- Papel film
- Alcohol 96%
- Papel absorbente
- Papel aluminio

9.4.11 Procedimiento para la obtención de *Trichoderma*

- Se realizó la preparación de medio de cultivo PDA con agua destilada para evitar algún contaminante en el medio.
- Para determinar la cantidad de medio de cultivo (PDA) en polvo se requiere 39g para una preparación de 1000ml de agua destilada.
- En la investigación se realizó un total de 30 cajas Petri con 20ml por caja lo que se usó 600 ml de agua destilada y 23,4 gr de medio de cultivo PDA.
- Se realizó el proceso de esterilización en el cual se llevó el frasco de 600 ml de medio de cultivo conjunto con el asa de siembra envuelto en papel aluminio dentro del autoclave, esto por 45 minutos a una temperatura de 121°C y una atmósfera de presión.
- Una vez realizado la esterilización en el tiempo correspondiente en la cámara de flujo laminar se realizó la colocación de 20 ml del medio de cultivo en cada caja Petri dejando que se solidifique.
- Para la siembra del hongo *Trichoderma spp.* se utilizó el asa y el mango de siembra con junto con una muestra madre de *Trichoderma spp.* nativo.
- Haciendo uso del haza de siembra se llevó al rojo vivo con la ayuda de un mechero, tomando un poco del hongo *Trichoderma spp.* con el asa de siembra e inmediatamente se cultivó en la caja Petri cerrando y sellando con Parafilm.
- Luego se procedió a sellar con plástico film para evitar contaminaciones y más seguridad se colocó en la incubadora a una temperatura de 27°C por 8 días.

9.4.12 Obtención de *Trichoderma spp.* nativo

- Para obtener el *Trichoderma spp.* nativo líquido para la preparación de las concentraciones se realizó lo siguiente:

- Las cajas Petri con *Trichoderma spp.* nativo puras se procedió a lavarlas con agua destilada estéril con ayuda de un haza de siembra procurando limpiar toda la caja.
- Se realizó el lavado hasta obtener 500ml de *Trichoderma spp.* nativo líquido.
- Se puso la solución en un agitador por 10 minutos.
- Se coló la muestra obtenida para eliminar impurezas como restos del medio de cultivo (Troya 2014).

9.4.13 Determinación de concentraciones de *Trichoderma spp.* Nativo

Conteo de Unidades Formadoras de Colonias (UFC)

- a) Con la ayuda de 4 tubos de ensayo y una gradilla se colocó en cada uno 9 ml de agua esterilizada.
- b) Con una pipeta se procedió a extraer de la solución madre 1 ml de *Trichoderma spp.* nativo puro en estado líquido. El cual fue incorporado en el primer tubo y agitado por un minuto.
- c) Para el conteo se realizó diluciones seriadas se efectuó el conteo con las diluciones desde -4.
- d) Con una micropipeta se tomó la muestra de la dilución -4 y se coloca en la cámara Neubauer.
- e) Con la ayuda de el microscopio se llevó a cabo el conteo con la técnica recomendada y se obtuvo un número de conidios para cada uno y aplicando la fórmula que a continuación se detalla, se puede confirmar las concentraciones de *Trichoderma spp.* nativo, la misma que fue determinada en Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Fórmula para determinar las concentraciones.

Volumen = ancho x profundidad.

$V = 1\text{mm} \times 0,1 \text{ mm}^3$ (Volumen del cuadrante en el cual se realiza el conteo de esporas).

El número de esporas se obtiene en ml, por tanto, se debe realizar la conversión de mm^3 a ml entonces:

$$\frac{1 \text{ ml} - 10^3 \text{ mm}^3}{\times -0,1 \text{ mm}^3} \times \frac{1 \text{ ml} \times 0,1 \text{ mm}^3}{10^3 \text{ mm}^3} = \frac{0,1 \text{ ml}}{10^3} = 0,1 \times 10^3$$

$$X = 10^3 \times 10^3 = 10^4 \text{ ml (Factor de la cámara)}$$

Fuente: (Velez 1997).

- f) El proceso para llegar a las concentraciones deseadas es el mismo para todas en el caso de haber llegado a la primera concentración de la solución madre que era 500 ml. Posteriormente se debe añadirá más *Trichoderma spp.* puro mediante el lavado de cajas para llegar a una concentración más alta o si la concentración se sobrepasó añadir más ml de agua destilada.

9.4.14 Concentración de *Trichoderma spp.* comercial a través del conteo de conidios.

- Para obtener las concentraciones de *Trichoderma spp.* comercial se logró siguiendo la recomendación del fabricante que establece que un gramo de *Trichoderma spp.* comercial tiene una concentración de 2×10^9 .
- En la balanza se procedió a pesar la cantidad de un gramo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y se mezcló en 500 ml de agua destilada siendo está la solución madre.

Conteo de Unidades Formadoras de Colinas (UFC)

- a) Con la ayuda de cuatro tubos de ensayo y una gradilla se colocó en cada uno 9 ml de agua esterilizada.
- b) Con una pipeta se procedió a extraer de la solución madre 1 ml de *Trichoderma spp.* comercial solido en estado líquido. El cual fue incorporado en el primer tubo y agitado por un minuto.
- c) Para el conteo se realizó disoluciones seriadas a la - 4 y posteriormente se realizó el conteo con la cuarta disolución.
- d) Con una micropipeta se tomó la muestra de la disolución - 4 y se coloca en la cámara Neubauer.
- e) Con la ayuda de el microscopio se llevó a cabo el conteo de las (UFC), se obtuvo un número de conidios para cada uno y aplicando la fórmula que a continuación se detalla, se puede confirmar las concentraciones de *Trichoderma spp.*

comercial, la misma que fue determinada en las Unidades formadoras de colonias (UFC).

Fórmula para determinar las concentraciones.

Volumen = ancho x profundidad.

$V = 1\text{mm} \times 0,1 \text{ mm}^3$ (Volumen del cuadrante en el cual se realiza el conteo de esporas).

El número de esporas se obtiene en ml, por tanto, se debe realizar la conversión de mm^3 a ml entonces:

$$\frac{1 \text{ ml} - 10^3 \text{mm}^3}{\times -0,1 \text{ mm}^3} \times \frac{1 \text{ ml} \times 0,1 \text{ mm}^3}{10^3 \text{ mm}^3} = \frac{0,1 \text{ ml}}{10^3} = 0,1 \times 10^3$$

$$X = 10^3 \times 10^3 = 10^4 \text{ml} \text{ (Factor de la cámara)}$$

Fuente: (Velez 1997).

- f) El proceso para determinar las diferentes concentraciones requeridas es el mismo proceso que la primera concentración, de la solución madre se toma 20 ml y posteriormente añadir 20 ml de agua destilada para llegar a la concentración deseada y para subir el nivel de concentración se añade más *Trichoderma spp.* comercial solido o si la concentración se sobrepasó añadir más ml de agua destilada, todo de acuerdo a los estándares o concentraciones requeridas.

9.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

La presente investigación responde a un Diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con dos tratamientos *Trichoderma spp.* (comercial y nativo), con tres concentraciones ($10^{-6}, 10^{-8}, 10^{-10}$) más el testigos y tres repeticiones; dando un total de 21 unidades experimentales.

9.5.1 Análisis Funcional

Se efectuó el análisis de variable (ADEVA), de acuerdo al diseño experimental planteado. Pruebas de significación de Tukey al 5%, para diferencia entre las concentraciones nativo y comercial.

9.5.2 Factor en estudio

Se utilizó el método de diseño experimental diseño de bloques completamente al azar (DBCA) $2 \times 3 + 1$ y 3 repeticiones con un testigo por cada repetición.

9.5.3 Variables a Evaluar

FACTOR A (Variables Independientes)

- A1 *Trichoderma spp.* comercial
- A2 *Trichoderma spp.* Nativo

FACTOR B (Concentraciones)

- B1 (10^{-6})
- B2 (10^{-8})
- B3 (10^{-10})

Variables dependientes

Variables agronómicas a evaluar

- Altura de planta
- Número de hojas
- Ancho de hojas
- Largo de hojas
- Rendimiento de Cosecha

9.5.4 Tratamiento por concentración y *Trichoderma spp.*

Tabla 7. Diseño experimental DBCA

DISEÑO EXPERIMENTAL DBCA		
TRATAMIENTO	CODIGO	DESCRIPCION
T1	A1B1	<i>Trichoderma spp.</i> nativo concentración 10^{-6}
T2	A1B2	<i>Trichoderma spp.</i> nativo concentración 10^{-8}
T3	A1B3	<i>Trichoderma spp.</i> nativo concentración 10^{-10}
T4	A2B1	<i>Trichoderma spp.</i> comercial concentración 10^{-6}
T5	A2B2	<i>Trichoderma spp.</i> comercial concentración 10^{-8}
T6	A2B3	<i>Trichoderma spp.</i> comercial concentración 10^{-10}
T0	T0	Testigo sin aplicación de <i>Trichoderma spp.</i>

Elaborado por: (Juncal 2023)

9.5.5 Diseño Experimental DBCA en campo

Tabla 8. Diseño experimental repeticiones

REPETICIÓN I	REPETICIÓN II	REPETICIÓN III
T1A1B1	T3A1B3	T2A1B2
T2A1B2	T2A1B2	T1A1B1
T3A1B3	T1A1B1	T3A1B3
T4A2B1	T0	T5A2B2
T5A2B2	T6A2B3	T0
T6A2B3	T5A2B2	T6A2B3
T0	T4A2B1	T4A2B1

Elaborado por: (Juncal, 2023)

- Distancia de siembra: 0.30 m x 0.30 m entre hilera y entre planta
- Medidas de las parcelas: 1.50 m de ancho x 6 m de largo = 9 m²
- Número de plantas por tratamiento: 100 plantas.

9.5.6 ESQUEMA ADEVA

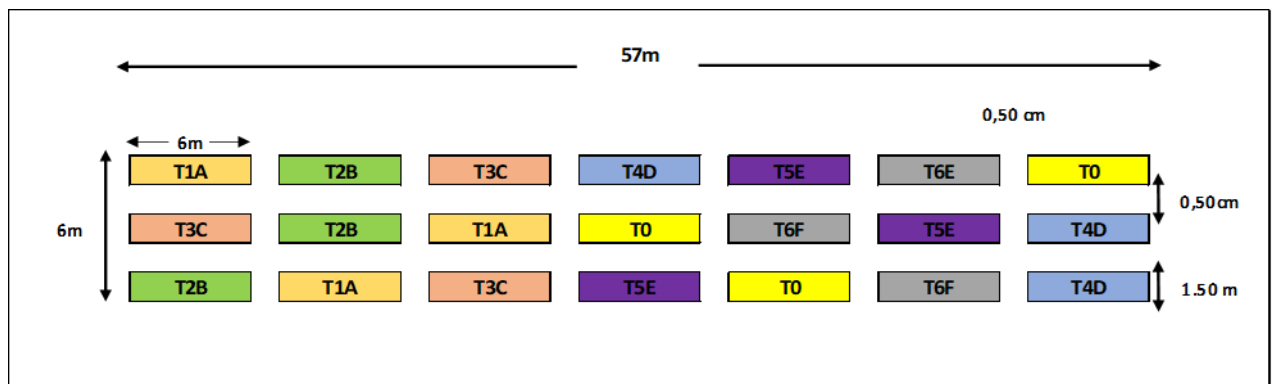
Tabla 9. Esquema Adeva

<i>ADEVA</i>		
F de V	GL	
TOTAL	(TxR)-1	20
Tratamientos	T-1	6
Repeticiones	R-1	2
FACTOR (A)	A-1	1
FACTOR (B)	B-1	2
FACTOR AxB	(A-1) (B-1)	2
Factorial vs Adicional	(F; Ad)-1	1
Error	(T-1) (R-)	12

Elaborado por: (Juncal, 2023)

9.5.7 Croquis del experimento

Tabla 10. Croquis del experimento



Fuente: (Juncal 2023)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 Resultados y discusión del análisis del suelo inicial y final

Tabla 11. Análisis de macro y micro nutrientes

Análisis	PH		MO		N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Clase Textural
Unidad			%		ppm		ppm		ppm		ppm		meq/100g		meq/100g		meq/100g		ppm		ppm		ppm		ppm		
Análisis Inicial	9,56	Al	0,29	B	64	A	33	A	10	B	1,11	M	3,48	A	18,62	A	3,94	A	2,3	B	5,0	A	10	B	2,0	B	Franco arenoso
Análisis Final	9,47	Al	0,70	B	28,94	B	25,19	A	9,72	B	1,80	M	3,25	A	31,16	A	10,45	A	0,1	B	0,2	B	10	B	2,7	B	

Interpretación

Simbología de Interpretación			
PH		Elemento	
Ac	Ácido	B	Bajo
L.Ac	Liger. Ácido	M	Medio
PN	PH Neutro	A	Alto
N	Neutro	T	Toxico
L.Al	Liger. Alcalino		
Ac	Alcalino		

Elaborado por: (Juncal, 2023)

10.2 Propiedades químicas

10.2.1 Macronutrientes

Al iniciar este ensayo el porcentaje de pH del suelo se fue un 9,56, después de la aplicación de *Trichoderma spp*, nativo y comercial se puede notar una leve disminución en relación al pH, de 9,56 a 9,47 respectivamente, manteniéndose en un pH Alcalino. *Trichoderma spp*, mediante la producción de auxinas y giberelinas también pueden producir ácidos orgánicos (glucónico, fumárico, y cítrico) que pueden disminuir el pH del suelo. (Hernández 2019)

Comparando el contenido de Materia orgánica inicial y final se evidenció un incremento de MO, pasando de 0,29 a 0,70 %. Con la aplicación de *Trichoderma spp*. se potencializa la degradación de compuestos orgánicos depositados en el suelo. (Argumedo 2009). Es necesario seguir incorporando abonos orgánicos y microorganismos.

En comparación del análisis de suelo inicial y final el Nitrógeno se redujo de 64 a 28,94 ppm. Después de la aplicación de *Trichoderma spp*, el nitrógeno se reduce ligeramente producto de extracción de cultivo, el *Trichoderma* se ha relacionado con su capacidad de solubilizar nutrientes y de optimizar el uso del nitrógeno por parte de la planta (Domínguez 2014). Mientras que el Fosforo (P) Azufre (S) y el Potasio (K) no presentan variación leve por ser elementos bases, ya que la lechuga posee requerimientos nutricionales bajos. (Jiménez 2015)

En comparación a los macronutrientes el magnesio presentó un aumento pasando de 3,94 a 10,45 meq/100g esto debido a que está influenciado por el pH alcalino del suelo, la temperatura y la humedad del suelo. El Calcio paso de 18,62 a 31,16 meq/100 porque al ser un catión es menor el proceso degradativo de *Trichoderma*. Se sabe que microorganismos compatibles mejoran el suelo desde su composición físico-químico, contenido de materia orgánica, pH, fósforo, potasio y calcio (Gallegos 2022).

10.2.2 Micronutrientes

Los micronutrientes como el Boro (B) presentó un incremento en su valor, de 1,11 a 1,80 ppm, manteniéndose en un nivel medio, producto del aporte de boro en el agua.

El Zinc (Zn) y el Cobre (Cu) presentaron una considerable disminución de ppm, ya que estas están asociadas al contenido de materia orgánica que en este caso presentan bajos

niveles (Pérez Novo 2012). El Hierro (Fe) y Manganese (Mn) no presentan diferencia entre el análisis de suelo inicial y final manteniendo sus valores y niveles bajos.

10.3 Comportamiento agronómico del cultivo de lechuga

El crecimiento del cultivo de lechuga luego de las tres aplicaciones de *Trichoderma spp.* nativo y comercial a diferentes 3 concentraciones a los 15, 30 y 45 días después del trasplante dieron como resultado un comportamiento agronómico adecuado.

10.4 Análisis de varianza para altura de la planta

La altura de planta después de la aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial a las tres concentraciones a los 15, 30 y 45 días después del trasplante.

Tabla 12. Análisis de varianza altura de la planta

F.V.	Altura de planta (cm)								
	15 días			30 días			45 días		
	gl	CM	p-valor	gl	CM	p-valor	gl	CM	p-valor
Tratamientos	6	0,22	0,1964 ns	6	0,62	0,0001 *	6	1,8	0,0014 *
Repeticiones	2	0,58	0,0361	2	0,13	0,0907	2	0,26	0,3651
Factor A	1	0,75	0,0833 ns	1	0,55	0,013 *	1	0,55	0,013 *
Factor B	2	0,14	0,5358 ns	2	0,84	0,001 *	2	0,84	0,001 *
Factor A*Factor B	2	0,04	0,9795 ns	2	0,11	0,2406 ns	2	0,11	0,2406 ns
Testigo vs Resto	1	0,32	0,1445 ns	1	1,27	0,0002 *	1	1,27	0,0002 *
Error	12	0,13		12	0,04		12	0,23	
Total	20			20			20		
CV %	7,91			3,89			7,11		

Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la tabla 12 se realizó el análisis de varianza, a los 15 días no presentó diferencia significativa en; Tratamientos; Factor A; Factor B; Factor A* Factor B; Testigo vs Resto; con un coeficiente de varianza de 7,91 % sin existir significancia estadística. Se realizó el análisis de varianza, a los 30 y 45 días se presentó diferencia significativa en; Tratamientos; Factor A; Factor B; Testigo vs resto; con un coeficiente de variación de 3,89 y 7,11 % respectivamente.

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la determinación de altura de la planta (cm) a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial con tres concentraciones.

Altura a los 15 días			Altura a los 30 días			Altura a los 45 días		
TRATAMIENTOS	Medias		TRATAMIENTOS	Medias		TRATAMIENTOS	Medias	
T6	4,9	A	T6	6,03	A	T6	7,86	A
T5	4,87	A	T3	5,87	A B	T5	7,29	A B
T4	4,64	A	T5	5,74	A B	T3	7,15	A B
T3	4,55	A	T4	5,35	B C	T2	6,77	A B C
T2	4,42	A	T1	5,11	C	T4	6,73	A B C
T0	4,25	A	T2	5,09	C	T1	6,24	B C
T1	4,22	A	T0	4,83	C	T0	5,46	C

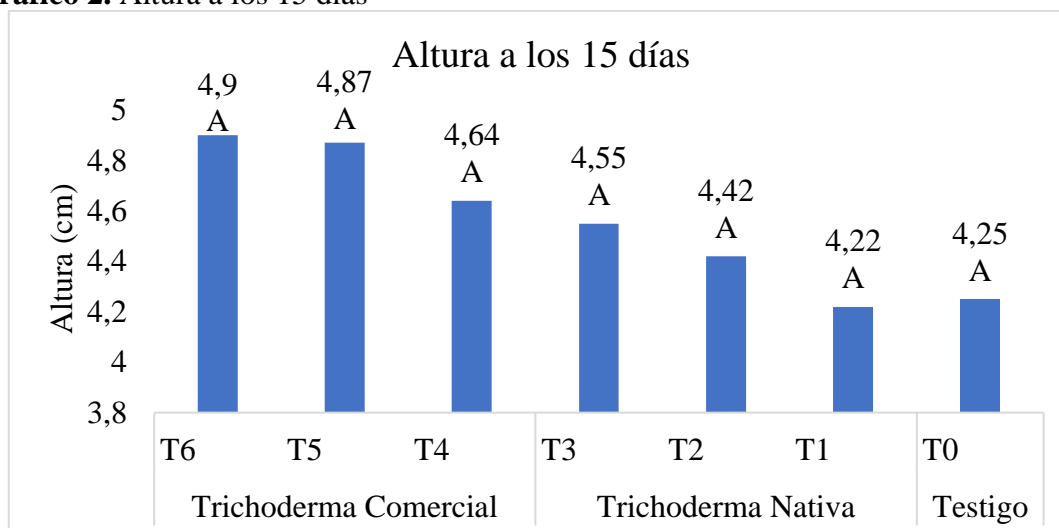
Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la tabla 12 altura de la planta después de la aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial, en altura de la planta no presentó diferencia estadística significativa, donde el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” con una media de 4,9 cm.

Existió cuatro rangos de significación estadística, en altura de la planta a los 30 y 45 días, indicó que el mejor tratamiento fue el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 6,03 y 7,86 cm, al final se encontró el T0 (Testigo sin aplicación de *Trichoderma spp.*) se ubicó en el rango “C” con 4,83 y 5,46 cm.

TRICHOEB *Trichoderma spp.*, comercial ayuda en la absorción de macronutrientes y micronutrientes estimulando el crecimiento desarrollo de la planta. (Chico 2012)

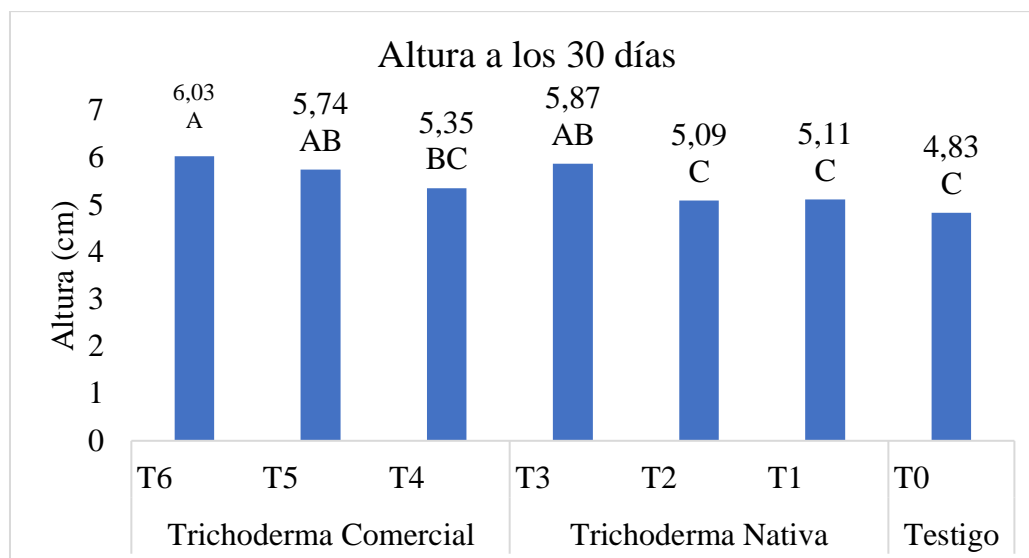
Gráfico 2. Altura a los 15 días



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en altura de la planta se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con un promedio de 4,9 cm.

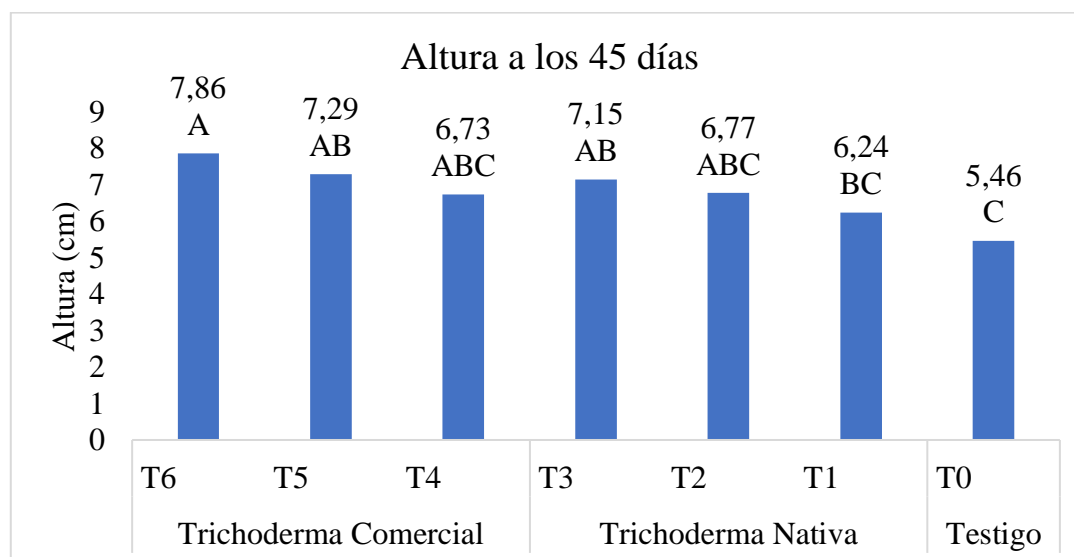
Gráfico 3. Altura a los 30 días



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en altura de la planta se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con un promedio de 6,03 cm.

Gráfico 4. Altura a los 45 días



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en altura de la planta se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con una media de 7,86 cm.

Concentraciones

Tabla 14. Prueba de Tukey al 5% para evaluar la mejor concentración de *Trichoderma spp.* en altura (cm).

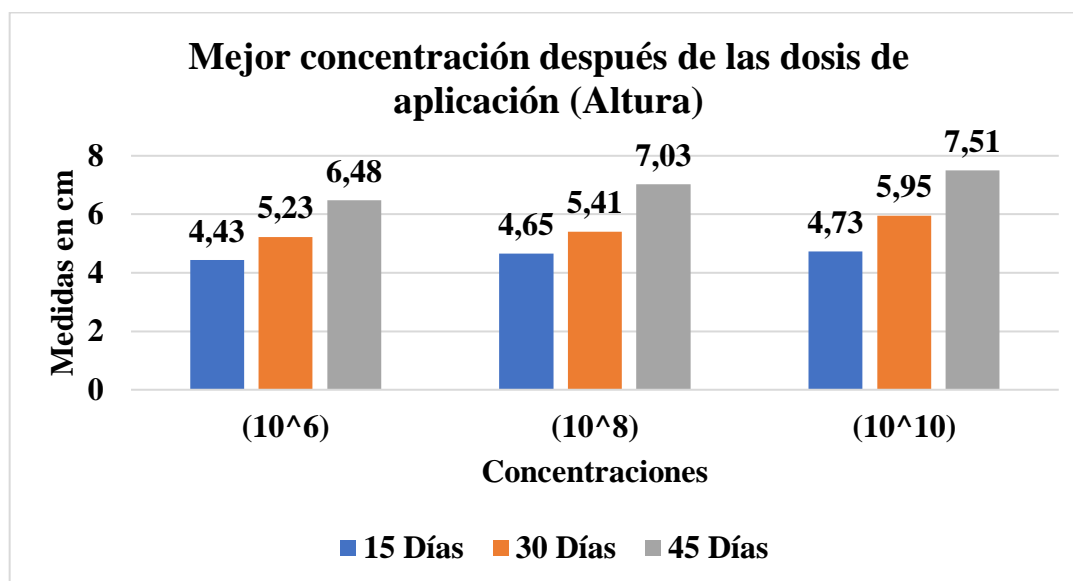
	15 días		30 días		45 días	
Concentraciones	Medias	Rango	Medias	Rango	Medias	Rango
10^{-10}	4,73	A	5,95	A	7,51	A
10^{-8}	4,65	A	5,41	B	7,03	A
10^{-6}	4,43	A	5,23	B	6,48	B

Elaborador por: (Juncal, 2023)

La tabla 14 presentó mejores resultados para las distintas concentraciones a los 15, 30 y 45 días; dando como resultado la mejor concentración (10^{-10}) ubicándose en el rango “A” con una media de 4,73; 5,95 y 7,51 cm de altura respectivamente.

A los 15 días La concentración (10^{-6}) presentó menor resultados ubicándose en el rango “A” con una media de 4,43; a los 30 y 45 días ubicándose en el rango “B” con 5,23 y 6,48 cm respectivamente.

Gráfico 5. Mejor concentración



Elaborador por: (Juncal, 2023)

En la variable altura a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de *Trichoderma spp.* se evidenció que la mejor concentración es la (10^{-10}) con una media representativa de 7,51

ya que hubo mayor altura en comparación a las demás concentraciones (10^{-6} y 10^{-8}) con unas medias de 6,48 y 7,03 cm.

10.5 Análisis de varianza para número de hoja

El número de hojas después de la aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial a tres concentraciones a los 15, 30 y 45 días después del trasplante.

Tabla 15. Análisis de varianza en número de hojas

F.V.	Número de hojas									
	gl	15 días			30 días			45 días		
		CM	p-valor		gl	CM	p-valor	gl	CM	p-valor
Tratamientos	6	1,72	0,0047*	6	2,75	0,0002 *	6	8,23	0,0011*	
Repeticiones	2	0,57	0,189	2	4,65	0,0001	2	8,26	0,0054	
Factor A	1	4,75	0,0043 *	1	4,96	0,043 *	1	7,87	0,0532 *	
Factor B	2	0,74	0,1889 ns	2	1,93	0,1789 ns	2	6,28	0,111 ns	
Factor A*Factor B	2	0,13	0,7221 ns	2	0,13	0,8798 ns	2	1,31	0,5885 ns	
Testigo vs Resto	1	3,83	0,0036 *	1	7,41	0,0001 *	1	26,33	0,0002 *	
Error	12	0,29		12	0,23		12	0,99		
Total	20			20			20			
CV %		9,95			6,9			10,71		

Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la tabla 15 se realizó el análisis de varianza, a los 15 días presentó diferencia significativa en; Tratamientos; Factor A; Testigo vs Resto; con un coeficiente de variación de 9,95 % existiendo significancia estadística. Se realizó el análisis de varianza, a los 30 días presentó diferencia significativa en; Tratamientos; Factor A; Testigo vs Resto; con un coeficiente de variación de 6,9 % existiendo significancia estadística.

Se realizó el análisis de varianza, a los 45 días se presentó diferencia significativa en; Tratamientos; Factor A; Testigo vs Resto; con un coeficiente de variación de 10,71 % existiendo significancia estadística.

Tabla 16. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la determinación de número de hojas de la planta a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial con tres concentraciones.

Número de hoja a los 15 días			Número de hoja a los 30 días			Número de hoja a los 45 días		
TRATAMIENTOS	Medias		TRATAMIENTOS	Medias		TRATAMIENTOS	Medias	
T6	6,57	A	T6	8,02	A	T6	11,03	A
T4	6,03	A B	T5	7,8	A	T3	10,78	A B
T5	5,83	A B C	T3	7,22	A	T5	10,33	A B
T3	5,5	A B C	T4	7,2	A	T4	9,92	A B
T2	5,12	A B C	T2	6,82	A B	T2	8,58	A B C
T1	4,73	B C	T1	5,83	B C	T1	7,95	B C
T0	4,41	C	T0	5,45	C	T0	6,57	C

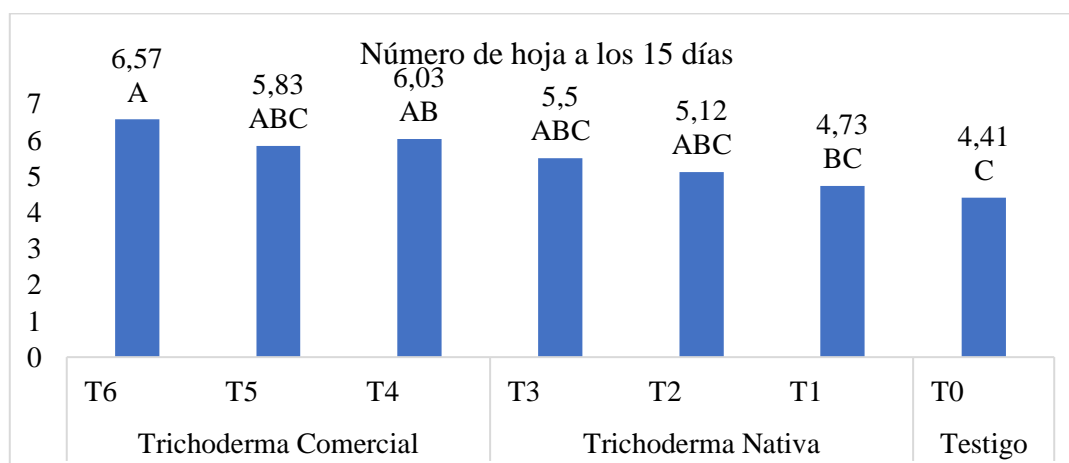
Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la tabla 15 existió tres rangos de significación estadística, en número de hoja a los 15 días, indica que el mejor tratamiento fue el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 6,57, al final se encontró el T0 (Testigo sin aplicación de *Trichoderma spp.*) se ubicó en el rango “C” con 4,41.

Existió tres rangos de significación estadística, en número de hoja a los 30 días, indicó que el mejor tratamiento fue el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 8,02, al final se encontró el T0 (Testigo sin aplicación de *Trichoderma spp.*) se ubicó en el rango “C” con 5,45.

Existió tres rangos de significación estadística, en número de hoja a los 45 días, indicó que el mejor tratamiento fue el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 11,03, al final se encontró el T0 (Testigo sin aplicación de *Trichoderma spp.*) se ubicó en el rango “C” con 6,67.

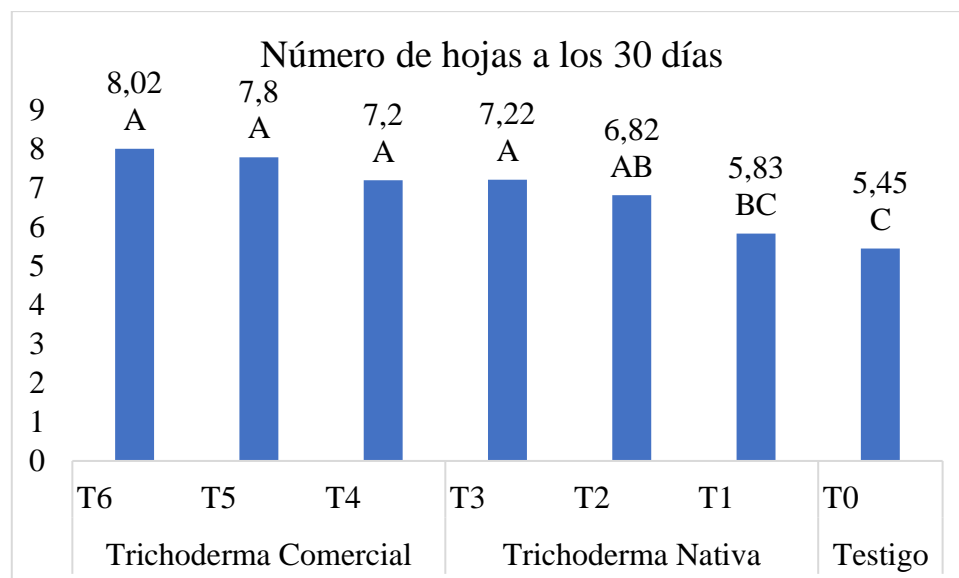
Gráfico 6. Número de hoja a los 15 días



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en número de hoja se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con un promedio de 6,67.

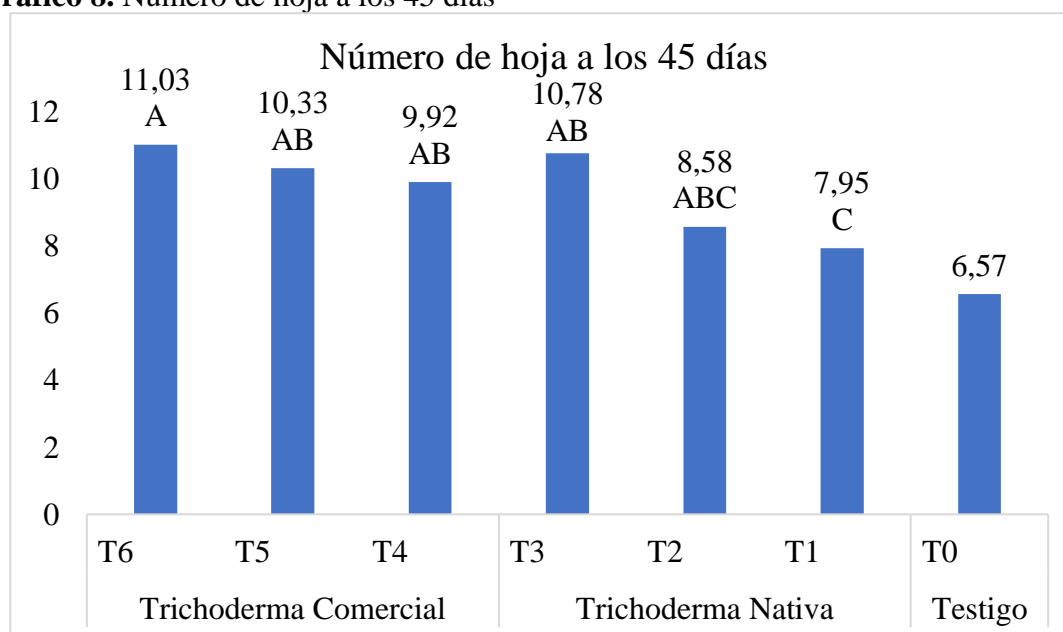
Gráfico 7. Número de hoja a los 30 días



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en número de hoja se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con un promedio de 8,02.

Gráfico 8. Número de hoja a los 45 días



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en número de hoja se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con un promedio de 11,03.

Concentraciones

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5% para evaluar la mejor concentración de *Trichoderma spp.* de número de hojas.

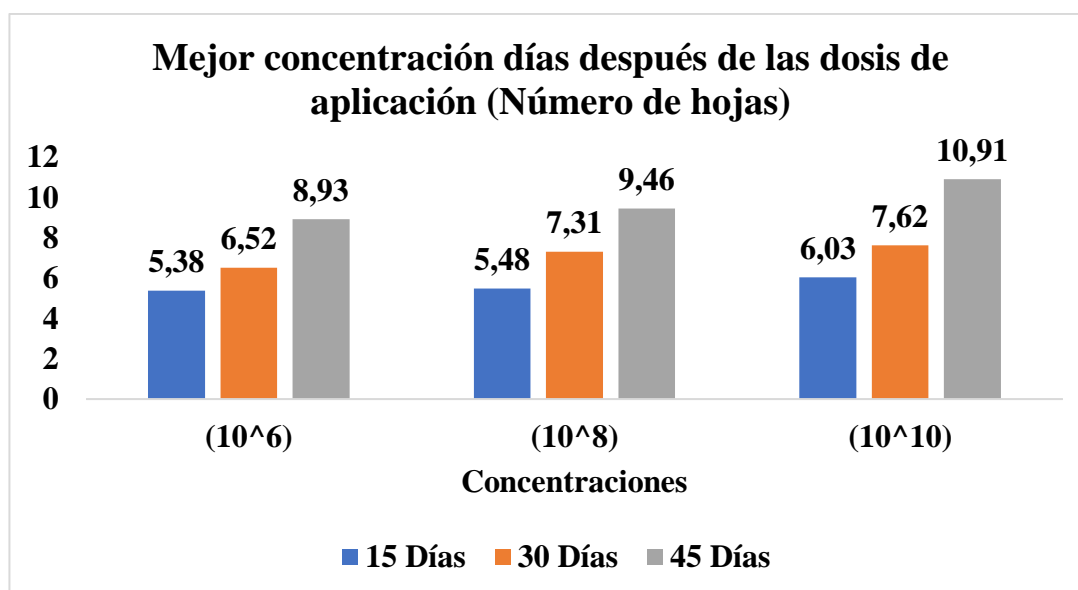
Concentraciones	15 días		30 días		45 días	
	Medias	Rango	Medias	Rango	Medias	Rango
10^{-10}	6,03	A	7,62	A	10,91	A
10^{-8}	5,48	A	7,31	A	9,46	A
10^{-6}	5,38	A	6,52	A	8,93	A

Elaborado por: (Juncal, 2023)

La tabla 17 presentó mejores resultados para las distintas concentraciones a los 15, 30 y 45 días; dando como resultado la mejor concentración (10^{-10}) ubicándose en el rango “A” con una media de 6,03; 5,62 y 10,91 número de hojas respectivamente.

La tabla 17 presentó menores resultados para las distintas concentraciones a los 15, 30 y 45 días; dando como resultado la menor concentración (10^{-6}) ubicándose en el rango “A” con una media de 5,38; 6,52 y 8,93 número de hojas respectivamente.

Gráfico 9. Mejor concentración



Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la variable altura a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de *Trichoderma spp.* se evidenció que la mejor concentración es la (10^{-10}) con una media representativa de

10,91 ya que hubo mayor número de hoja en comparación a las demás concentraciones (10^{-6} y 10^{-8}) con unas medias de 8,93 y 9,46.

11.6 Análisis de varianza para ancho de hojas

El ancho de hoja de las plantas después de la aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial de las tres concentraciones a los 15, 30 y 45 días después del trasplante.

Tabla 18. Análisis de varianza en ancho de hojas

F.V.	Ancho de hoja								
	15 días			30 días			45 días		
	gl	CM	p-valor	gl	CM	p-valor	gl	CM	p-valor
Tratamientos	6	0,22	0,0358 *	6	0,27	0,0139 *	6	0,99	0,0287 *
Repeticiones	2	2,62	<0,0001	2	2,84	<0,0001	2	3,8	0,0008
Factor A	1	0,04	0,7473 ns	1	0,07	0,7015 ns	1	0,57	0,403 ns
Factor B	2	0,54	0,2449 ns	2	0,63	0,287 ns	2	1,44	0,1927 ns
Factor A*Factor B	2	0,05	0,8739 ns	2	0,04	0,9254 ns	2	0,07	0,9186 ns
Testigo vs Resto	1	0,1	0,245 ns	1	0,24	0,0723 ns	1	2,34	0,0131 ns
Error	12	0,07		12	0,06		12	0,28	
Total	20			20			20		
CV %		6,72			5,33			9,01	

Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la tabla 18 se realizó el análisis de varianza, a los 15 días presentó diferencia significativa en; Tratamientos, con un coeficiente de variación de 6,72 % existiendo significancia estadística.

Se realizó el análisis de varianza, a los 30 días presentó diferencia significativa en; Tratamientos, con un coeficiente de variación de 5,33 % existiendo significancia estadística.

Se realizó el análisis de varianza, a los 45 días presentó diferencia significativa en; Tratamientos, con un coeficiente de variación de 9,01 % existiendo significancia estadística.

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la determinación de ancho de hoja de la planta a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial en con concentraciones.

Ancho de hojas a los 15 días			Ancho de hojas a los 30 días			Ancho de hojas a los 45 días		
TRATAMIENTOS	Medias		TRATAMIENTOS	Medias		TRATAMIENTOS	Medias	
T3	4,21	A	T6	5,17	A	T6	6,68	A
T6	4,18	A	T3	4,89	A B	T3	6,32	A B
T4	3,81	A	T5	4,77	A B	T5	6,16	A B
T5	3,69	A	T2	4,65	A B	T4	5,61	A B
T2	3,67	A	T0	4,4	B	T2	5,6	A B
T0	3,65	A	T1	4,39	B	T1	5,46	A B
T1	3,52	A	T4	4,37	B	T0	5,02	B

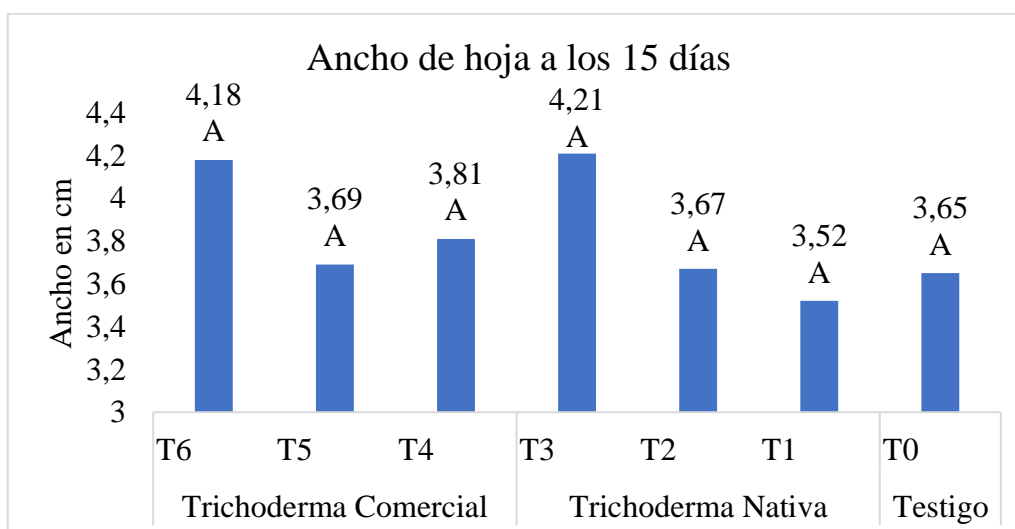
Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la tabla 19 existió un rango de significación estadística en ancho de hoja a los 15 días, indica que el mejor tratamiento fue el T3 (*Trichoderma spp.* nativo concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 4,21 cm al final se encontró el T1 (*Trichoderma spp.* nativo concentración 10^{-6}) se ubicó en el rango “A” con 3,52 cm.

Existió un rango de significación estadística, en ancho de hoja a los 30 días, indica que el mejor tratamiento fue el T6 (*Trichoderma spp.*, comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 5,17 cm al final se encontró el T4 (*Trichoderma spp.*, comercial concentración 10^{-6}) se ubicó en el rango “B” con 4,37 cm.

Existió un rango de significación estadística en ancho de hoja a los 45 días, indica que el mejor tratamiento fue el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 6,68 cm al final se encontró el T0 (Testigo sin aplicación de *Trichoderma spp.*) se ubicó en el rango “B” con 5,02 cm.

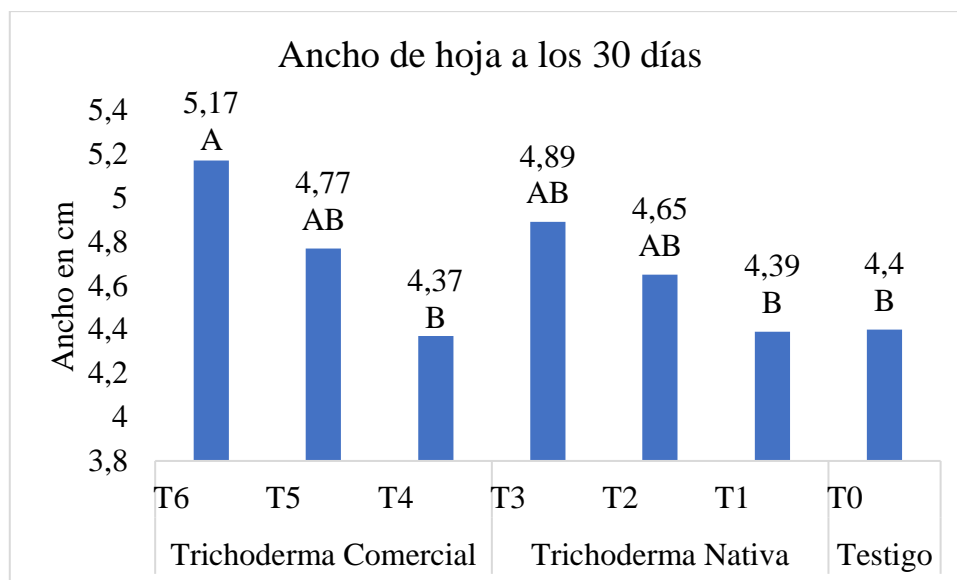
Gráfico 10. Ancho de hoja a los 15 días



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en ancho de hoja se muestra que el mejor tratamiento es el T3 (*Trichoderma spp.* Nativo) con un promedio de 4,21 cm.

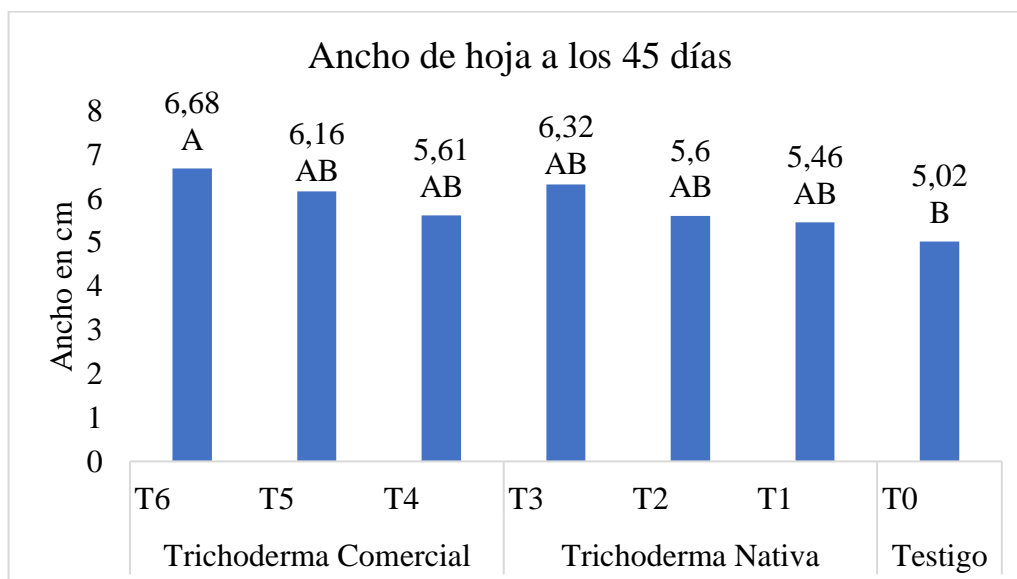
Gráfico 11. Ancho de hoja a los 30 días



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en ancho de hoja se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con un promedio de 5,17 cm.

Gráfico 12. Ancho de hoja a los 45 días



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en ancho de hoja se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con un promedio de 6,68 cm.

Concentraciones

Tabla 20. Prueba de Tukey al 5% para evaluar la mejor concentración de *Trichoderma spp.* de ancho de hoja.

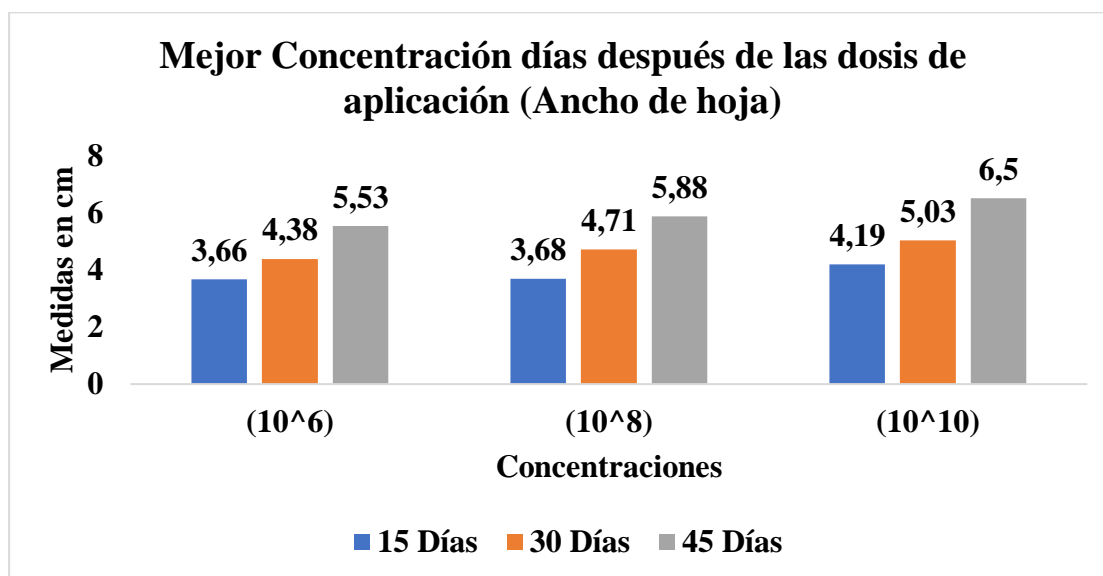
Concentraciones	15 días		30 días		45 días	
	Medias	Rango	Medias	Rango	Medias	Rango
10^{-10}	4,19	A	5,03	A	6,5	A
10^{-8}	3,68	A	4,71	A	5,88	A
10^{-6}	3,66	A	4,38	A	5,53	A

Elaborado por: (Juncal, 2023)

La tabla 20 presentó mejores resultados para las distintas concentraciones a los 15, 30 y 45 días; dando como resultado la mejor concentración (10^{-10}) ubicándose en el rango “A” con una media de 4,19; 5,03 y 6,5 cm de ancho de hoja respectivamente.

A los 15, 30 y 45 días La concentración (10^{-6}) presentó menor resultados ubicándose en el rango “A” con una media de 3,66; 4,38 y 5,53 cm de ancho de hoja respectivamente.

Gráfico 13. Mejor concentración



Elaborador por: (Juncal, 2023)

En la variable ancho de hoja a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de *Trichoderma spp.* se evidenció que la mejor concentración es la (10^{-10}) con una media de

6,50 ya que hubo mayor ancho de hoja en comparación a las demás concentraciones (10^{-6} y 10^{-8}) con unas medias de 5,53 y 6,50.

10.7 Análisis de varianza para largo de hojas

El crecimiento de largo de hojas después de la aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial de las tres concentraciones a los 15, 30 y 45 días después del trasplante.

Tabla 21. Análisis de varianza largo de hojas

F.V.	Largo de hojas								
	15 días			30 días			45 días		
	gl	CM	p-valor	gl	CM	p-valor	gl	CM	p-valor
Tratamientos	6	0,35	0,0006 *	6	0,41	0,0004 *	6	0,66	0,05 *
Repeticiones	2	1,62	<0,0001	2	0,3	0,0083	2	0,3	0,3365
Factor A	1	0,47	0,1902 ns	1	0,53	0,0254 ns	1	0,03	0,7217 ns
Factor B	2	0,73	0,0873 ns	2	0,61	0,0078 *	2	1,33	0,0186 *
Factor A*Factor B	2	0,01	0,9467 ns	2	0,13	0,2531 ns	2	0,17	0,5054 ns
Testigo vs Resto	1	0,14	0,0776 ns	1	0,44	0,0065 *	1	0,95	0,0474 *
Error	12	0,04		12	0,04		12	0,26	
Total	20			20			20		
CV %		5,16			4,15			8,63	

Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la tabla 21 se realizó el análisis de varianza, a los 15 días presentó diferencia significativa en; Tratamientos, con un coeficiente de variación de 5,16 % existiendo significancia estadística.

Se realizó el análisis de varianza, a los 30 días presentó diferencia significativa en; Tratamientos; Factor B; Testigo vs Resto, con un coeficiente de variación de 4,15 % existiendo significancia estadística.

Se realizó el análisis de varianza, a los 45 días presentó diferencia significativa en; Tratamientos; Factor B; Testigo vs Resto, con un coeficiente de variación de 8,63 % existiendo significancia estadística.

Tabla 22. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la determinación de largo de hojas de la planta a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de *Trichoderma spp.* nativo y comercial con tres concentraciones

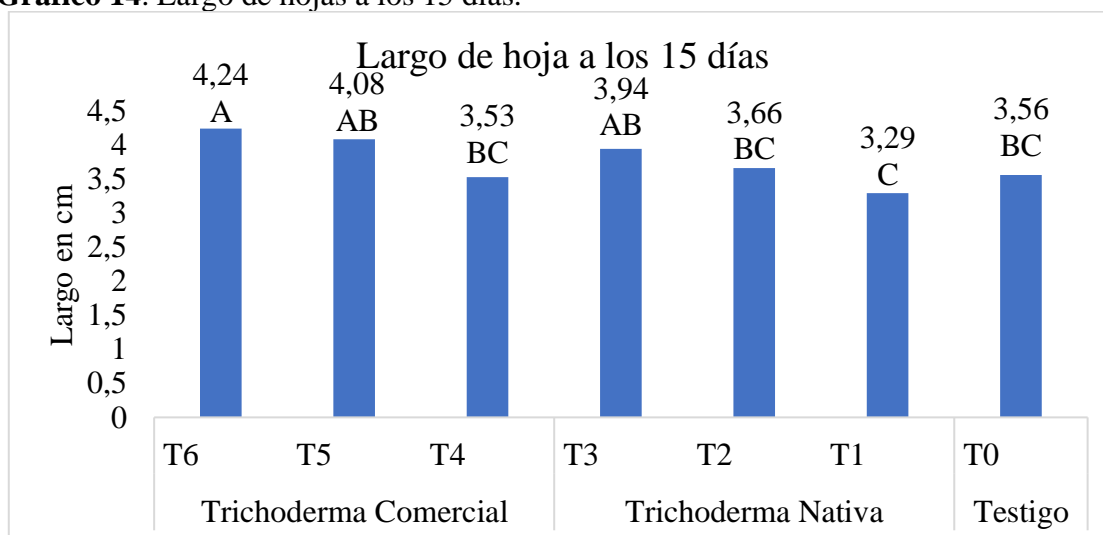
Largo de hojas a los 15 días			Largo de hojas a los 30 días			Largo de hojas a los 45 días		
TRATAMIENTOS	Medias		TRATAMIENTOS	Medias		TRATAMIENTOS	Medias	
T6	4,24	A	T6	5,46	A	T6	6,48	A
T5	4,08	A B	T5	5,29	A B	T3	6,31	A
T3	3,94	A B	T3	4,99	A B C	T5	6,15	A
T2	3,66	B C	T2	4,74	B C	T2	5,78	A
T0	3,56	B C	T4	4,6	C	T1	5,6	A
T4	3,53	B C	T1	4,59	C	T0	5,33	A
T1	3,29	C	T0	4,53	C	T4	5,31	A

Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la tabla 22 existió un rango de significación estadística en largo de hojas a los 15 días, indicó que el mejor tratamiento fue el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 4,24 cm al final se encontró el T1 (*Trichoderma spp.* nativo concentración 10^{-6}) se ubicó en el rango “C” con 3,29 cm. Existió tres rangos de significación estadística en largo de hojas a los 30 días, indicó que el mejor tratamiento fue el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 5,46 cm al final se encontró el T0 (Sin aplicación de *Trichoderma spp.*) se ubicó en el rango “C” con 4,53 cm.

Existió un rango de significación estadística en largo de hojas a los 15 días, indicó que el mejor tratamiento fue el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 6,48 cm al final se encontró el T4 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-6}) se ubicó en el rango “A” con 5,31 cm.

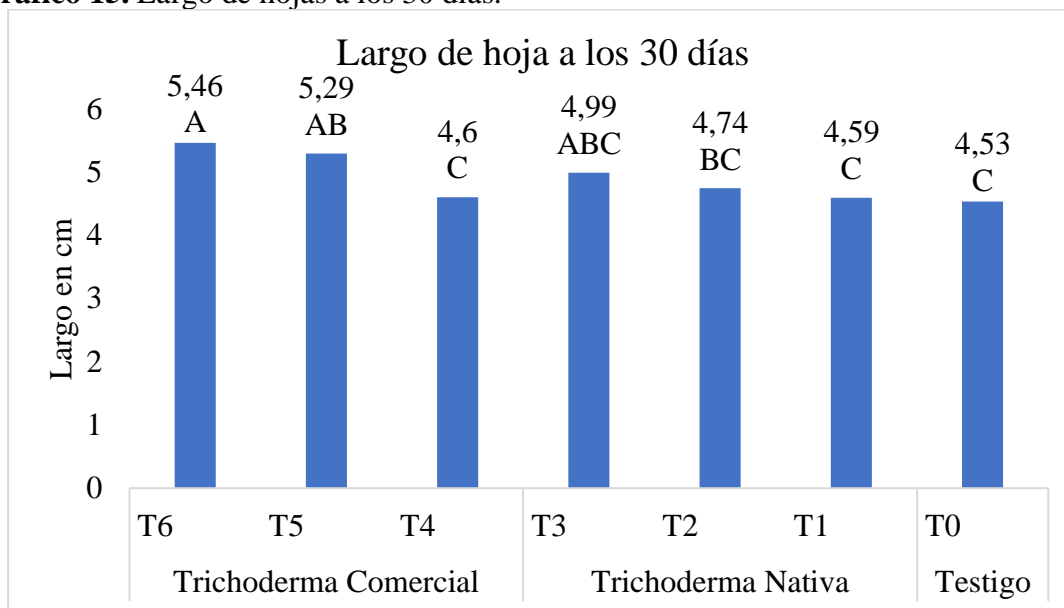
Gráfico 14. Largo de hojas a los 15 días.



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en largo de hojas se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con un promedio de 4,24 cm.

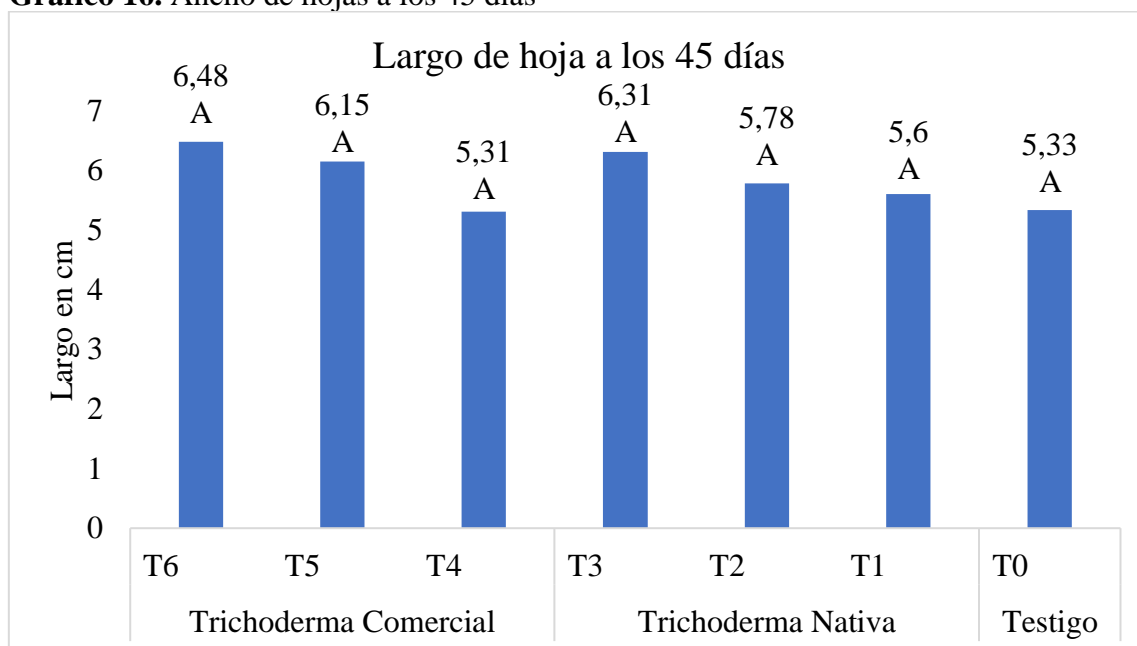
Gráfico 15. Largo de hojas a los 30 días.



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en largo de hojas se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con un promedio de 5,46 cm.

Gráfico 16. Ancho de hojas a los 45 días



Elaborado por: (Juncal, 2023)

Se evidenció que existe diferencia en las concentraciones de *Trichoderma spp.* Según los resultados obtenidos de la tabla en largo de hojas se muestra que el mejor tratamiento es el T6 (*Trichoderma spp.* comercial) con un promedio de 6,48 cm.

Concentraciones

Tabla 23. Prueba Tukey al 5% para evaluar la mejor concentración de *Trichoderma spp.* de largo de hojas

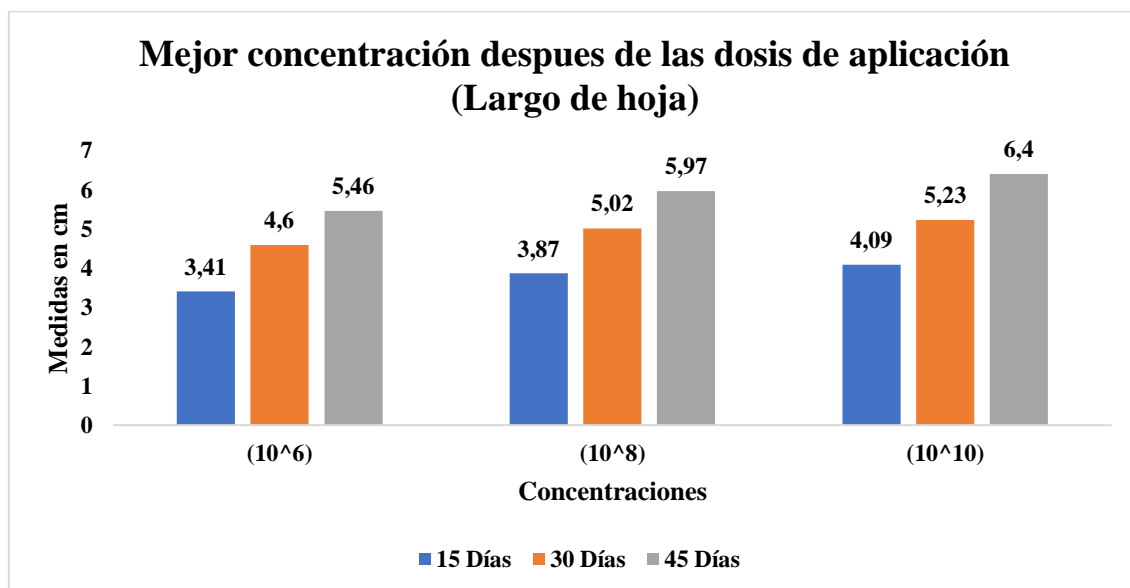
	15 días		30 días		45 días	
Concentraciones	Medias	Rango	Medias	Rango	Medias	Rango
10^{-10}	4,09	A	5,23	A	6,4	A
10^{-8}	3,87	A	5,02	B	5,97	B
10^{-6}	3,41	A	4,6	B	5,46	B

Elaborado por: (Juncal, 2023)

La tabla 23 presentó mejores resultados para las distintas concentraciones a los 15, 30 y 45 días; dando como resultado la mejor concentración (10^{-10}) ubicándose en el rango “A” con una media de 4,09; 5,23 y 6,4 cm de largo de hojas respectivamente.

A los 15 días La concentración (10^{-6}) presentó menor resultados ubicándose en el rango “A” con una media de 4,43; a los 30 y 45 días ubicándose en el rango “B” con 4,6 y 5,46 cm de largo de hojas respectivamente.

Gráfico 17. Mejor concentración



Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la variable largo a los 15, 30 y 45 días después de la aplicación de *Trichoderma spp.* se evidenció que la mejor concentración es la (10^{-10}) con una media de 6,4 ya que hubo

mayor largo de hojas en comparación a las demás concentraciones (10^{-6} y 10^{-8}) con unas medias de 5,46 y 5,97.

10.8 Rendimiento a la cosecha

Tabla 24. Adeva rendimiento a la cosecha.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18,37	8	2,3	19,63	0,0001 *
Tratamientos	18,32	6	3,05	26,11	0,0001
Repeticiones	0,05	2	0,02	0,2	0,8242 ns
Factor A	1,33	1	1,33	11,45	0,0054 *
Factor B	6,01	2	3,01	25,9	0,0001 *
Factor					
A*Factor B	0,46	2	0,23	2	0,1779 ns
Testigo vs Resto	10,52	1	10,52	89,95	0,0001 *
Error	1,4	12	0,12		
Total	19,77	20			
CV &	8,31				

Elaborador por: (Juncal, 2023)

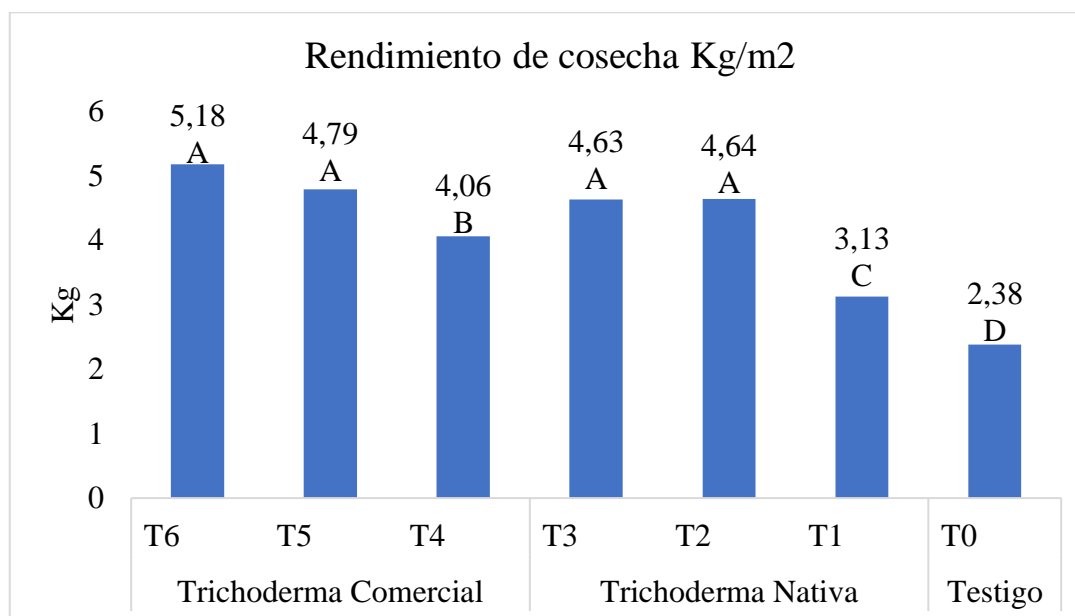
El análisis de varianza a la cosecha días después de la aplicación de *Trichoderma* presentó diferencia significativa en; Tratamientos: Factor A; Factor B; Testigo vs Resto; existiendo significancia estadística, el coeficiente de variación es de 8,31 %.

Tabla 25. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos en la variable rendimiento a la cosecha después de la aplicación de *Trichoderma spp. nativo* y comercial en el cultivo de lechuga.

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T6	5,18	3	0,2	A
T5	4,79	3	0,2	A
T2	4,64	3	0,2	A
T3	4,63	3	0,2	A
T4	4,06	3	0,2	B
T1	3,13	3	0,2	C
T0	2,38	3	0,2	D

Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la tabla 25 existió cuatro rangos de significación estadística en rendimiento a la cosecha, indicó que el mejor tratamiento fue el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) se ubicó en el rango “A” dando resultado una media de 5,18kg/m² al final se encontró el T0 (Sin aplicación de *Trichoderma spp.*) se ubicó en el rango “D” con 2,38kg/m².

Gráfico 18. Rendimiento a la cosecha.

Elaborado por: (Juncal, 2023)

El tratamiento con el mejor rendimiento fue el T6 (*Trichoderma* comercial, concentración 10^{-10}) con un peso promedio de 5,18 kg/m²; seguido del T5 (*Trichoderma* comercial, concentración 10^{-8}) con un peso promedio de 4,79 kg/m²; mientras que el menor tratamiento con el menor rendimiento fue el T0 (Testigo sin aplicación de *Trichoderma*) con un peso promedio de 2,38 kg/m².

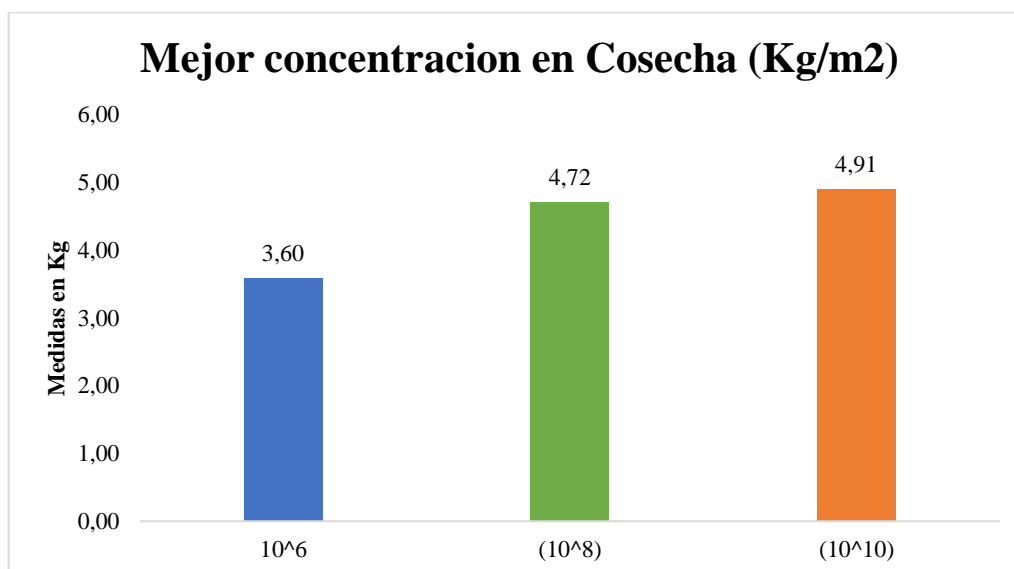
Concentraciones

Tabla 26. Prueba Tukey al 5% para evaluar la mejor concentración de *Trichoderma spp.* en rendimiento kg/m².

Concentraciones	Medias	Rango
10^{-10}	4,91	A
10^{-8}	4,71	A
10^{-6}	3,6	B

Elaborado por: (Juncal, 2023)

La tabla 26 presentó mejores resultados para las distintas concentraciones en rendimiento kg/m² dando como resultado la mejor concentración (10^{-10}) con una media representativa de 4,91 kg/m² ubicándose en el rango “A” la menor concentración (10^{-6}) con una media representativa de 3,6 kg/m² ubicándose en el rango “B”.

Gráfico 19. Concentración más eficaz en rendimiento

Elaborado por: (Juncal, 2023)

En la variable cosecha después de la aplicación de *Trichoderma spp.* se evidenció que la mejor concentración es la (10⁻¹⁰) con una media de 4,91 kg dando como resultado el mejor rendimiento en comparación a las demás concentraciones (10⁻⁶ y 10⁻⁸).

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

11.1 Técnicos

La investigación proporciona los conocimientos básicos y las prácticas necesarias para evaluar microorganismos biológicos para así poder realizar comparaciones del antes y después de la contribución de los microorganismos.

11.2 Sociales

Los conocimientos bibliográficos, científicos y técnicos de acceso libre nos brindan un aporte como lo son las practicas a implementa en campo, buenas prácticas agrícolas y nuevas tecnologías en la utilización de microorganismos.

11.3 Ambientales

Toda actividad conlleva efectos sobre el ambiente, estos pueden ser positivos o negativos dependiendo de la actividad, el aporte principal de esta investigación en el campo ambiental es dar una alternativa de producción reemplazando los productos químicos por microorganismos que se hallan en el ambiente.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Ítems	Cantidad	Unidad	C. Unitario \$	Total \$
Servicios				
Análisis Químico	1	Análisis	\$ 31,31	\$ 31,31
Análisis físico	1	Análisis	\$ 21,42	\$ 21,42
Sub total				\$ 52,73
Material Vegetal				
Plántulas de Lechuga	2100	Unidades	\$ 0,02	\$ 42,00
Sub total				\$ 42,00
Material Agrícola				
Estacas	40	Unidades	\$ 0,25	\$ 10,00
Piola	2	Rollo	\$ 1,50	\$ 3,00
Sub total				\$ 13,00
Material de Laboratorio				
<i>Trichoderma spp.</i> <i>Comercial (Trichoeb)</i>	1	Funda	\$ 35,00	\$ 35,00
Agar PDA	1	Gramos	\$ 60,00	\$ 60,00
Cajas Petri de plástico	4	Paquetes	\$ 6,25	\$ 25,00
Papel aluminio	1	Rollo	\$ 2,50	\$ 2,50
Papel Parafilm	2	Rollo	\$ 4,00	\$ 8,00
Papel de cocina	1	Rollo	\$ 1,50	\$ 1,50
Alcohol	1	Litro	\$ 2,50	\$ 2,50
Marcador	1	Unidades	\$ 0,50	\$ 0,50
Sub total				\$ 134,50
TOTAL				\$ 242,23

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 CONCLUSIONES

- La aplicación de *Trichoderma spp.* presentó un efecto positivo en la recuperación de la materia orgánica de 0.29 a 0.70% en el suelo y la reducción del pH de 9,56 a 9.47. Los resultados obtenidos para la variable propiedades químicas del suelo como pH presentaron un suelo alcalino, la Materia Orgánica subió, aunque continúa siendo considerado niveles bajo y los demás elementos se comportaron estables a excepción del nitrógeno que bajó producto del consumo del cultivo.
- Se determinó que la mejor concentración en la aplicación de *Trichoderma spp.* comercial fue la concentración 10^{-10} obteniendo mejores resultados en las variables evaluadas a comparación de las demás concentraciones.
- Se determinó el comportamiento agronómico del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Variedad Batavia, siendo el mejor tratamiento el T6 (*Trichoderma spp.* comercial concentración 10^{-10}) con un promedio de altura de planta de 7,86 (cm); el número de hojas 11,03 hojas por planta; ancho de hojas 6,68 (cm); largo de hojas 6,48 (cm) y se obtuvo el rendimiento más alto de 5,16 kg/m².

13.2 RECOMENDACIONES

- Difundir los resultados obtenidos en la investigación en el sector agrícola para incentivar y promover el uso de microorganismos benéficos como el caso de *Trichoderma spp.*, para la recuperación las propiedades químicas del suelo.
- Continuar con la incorporación de microorganismos para mejorar las propiedades químicas y fomentar un ambiente más equilibrado en fertilidad.
- Realizar investigaciones con *Trichoderma spp.* nativo y comercial a mayores concentraciones para evaluar el comportamiento agronómico de diferentes cultivos.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁC DE BAJO. 2017. «Manejo del calcio en el suelo y en la planta a través de las especialidades de Carbotecnia».
- Acevedo, Otilio. 2004. «EL PAPEL DE ÓXIDOS DE HIERRO EN SUELOS».
- Argumedo, Rosalba. 2009. «El género fúngico *Trichoderma* y su relación con los contaminantes orgánicos e inorgánicos». *Revista internacional de contaminación ambiental* 25(4):257-69.
- Benimeli, Florencia. 2019. «El nitrógeno del suelo 2019 - Facultad de Agronomía y Zootecnia Universidad Nacional de Tucumán 1 El - Studocu».
- Bueno, Ricardo. 2019. «La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos». *Ámbito Investigativo* 4(1):7-12.
- Caiza, Viviana. 2013. «COLECCIÓN, IDENTIFICACIÓN Y PRUEBAS DE EFICACIA IN VITRO DE (*Trichoderma* spp). EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE (*BOTRYTIS CINEREA*) EN LA FINCA FLORICOLA PICASSO ROSE.» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO, Quito.
- Cásseres, Ernesto, y Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 1981. *Producción de hortalizas*.
- Chico, Martha Cecilia Espín. 2012. «“VALIDACIÓN DE LOS COMPONENTES TECNOLÓGICOS LIMPIO Y ORGÁNICO, CON Y SIN TRICHODERMA PARA EL». ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Chimborazo.
- Chiroque, July. 2019. «Caracterización de la Lechuga (*Lactuca sativa*.L.) en la unidad Guayabal». Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Cuba- habana.
- Conti, Marta Elvira. 2004. «DINÁMICA DE LA LIBERACIÓN Y FIJACIÓN DE POTASIO EN EL SUELO». *Universidad de Buenos Aires - Facultad de Agronomía - Cátedra de Edafología* 14.

- Corrales, C. G. 2014. «DEFICIENCIA DE AZUFRE EN SUELOS CULTIVABLES Y SU EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD». *BIOtecnia* 16(1):38. doi: 10.18633/bt.v16i1.32.
- Domínguez, Sara. 2014. «Estudio transcriptómico de la interacción Trichoderma-tomate. Expresión del gen amdS de Aspergillus nidulans en Trichoderma harzianum y su papel en el metabolismo del nitrógeno y la respuesta de defensa de la planta». <http://purl.org/dc/dcmitype/Text>, Universidad de Salamanca.
- FAO. 1993. «Erosion de suelos en America Latina». Recuperado 28 de enero de 2024 (<https://www.fao.org/3/t2351s/T2351S06.htm#Tema%202%20:%20Erosi%C3%B3n%20y%20p%C3%A9rdida%20de%20fertilidad%20del%20Suelo>).
- FAO. 2019. «Propiedades Químicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura». *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado 24 de julio de 2024 (<https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>).
- Fernández, María Teresa. 2007. «Fósforo: Amigo o enemigo». *XLI(2)*:51-57.
- Gaete, Hernán. 2010. «Evaluación de la toxicidad de cobre en suelos a través de biomarcadores de estrés oxidativo en eisenia foetida». *Química Nova* 33:566-70. doi: 10.1590/S0100-40422010000300014.
- Galeano, Magda. 2002. «Efecto de Trichoderma harzianum Fifai (cepa T-22) sobre cultivos hortícolas». *Agrícola vergel* 21(251):628-32.
- Gallegos, Gabriel. 2022. «Compatibilidad de especies de Trichoderma en la producción y biocontrol de marchitez del chile». *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 9(2). doi: 10.19136/era.a9n2.3066.
- Gómez, V. D. 2014. *El Manganeso y la Viticultura: una revisión*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Hernández, Dulce Jazmín. 2019. «Trichoderma: IMPORTANCIA AGRÍCOLA, BIOTECNOLÓGICA, Y SISTEMAS DE FERMENTACIÓN PARA PRODUCIR BIOMASA Y ENZIMAS DE INTERÉS INDUSTRIAL». *Chilean*

journal of agricultural & animal sciences 35(1):98-112. doi: 10.4067/S0719-38902019005000205.

Infante, Danay. 2009. «MECANISMOS DE ACCIÓN DE Trichoderma FRENTE A HONGOS FITOPATÓGENOS». *Revista de Protección Vegetal* 24(1):14-21.

Jiménez, Francisco Medina. 2015. «Necesidades nutricionales y de riego de la lechuga». *Granja. Revista agropecuaria*.

Julca, Alberto. 2006. «LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA». *Idesia (Arica)* 24(1):49-61. doi: 10.4067/S0718-34292006000100009.

López, Marisa Gisela (compiladora). 2022. *Lechuga. info:ar-repo/semantics/libro*. Ediciones INTA.

Malavé, Auristela. 2005. «Los suelos como fuente de boro para las plantas». *Revista Científica UDO Agrícola* 5(1):10-26.

Marroquín, José Espinosa. 2014. «La erosión en Ecuador, un problema sin resolver». *Siembra* 1(1):56-69.

Martínez, B. 2013. «Trichoderma spp. y su función en el control de plagas en los cultivos». 28(1).

Noni, Georges de. 1986. «LA EROSION ACTUAL y POTENCIAL EN ECUADOR: LOCAUZACION, MANIFESTACIONES y CAUSAS». 10.

Pérez Novo, Cristina. 2012. «Estudio de los procesos de adsorción-desorción de cobre y zinc en suelos ácidos mediante experimentos batch y en cámara de flujo agitado». <http://purl.org/dc/dcmitype/Text>, Universidade de Vigo.

Pineda, Mariuxi Elizabeth. 2019. «Efectos del cambio de uso del suelo y su proyección futura en la erosión hídrica en Ecuador Continental». bachelorThesis, Loja.

Quintero, Jose. 1997. *Hojas Divulgadoras*. Ministerio de Agricultura, Publicaciones de Extensión Agraria.

- Romero, Omar. 2009. «Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles». *Revista Colombiana de Biotecnología* XI(2):143-51.
- Ross, Marcus. 2004. «Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite». *Palmas* 25(especial.):98-104.
- Saavedra, Gabirel del R. 2017. *Manual de producción de Lechuga*. Santiago de Chile: INIA.
- Salas, Claudio. 2022. *Antecedentes de mercado de los cultivos de hortalizas de hoja (lechuga, espinaca y acelga)*. INIA.
- Salinas, Cristian David. 2014. «Introducción de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en el barrio Santa Fe de la parroquia Atahualpa en el cantón Ambato». bachelorThesis.
- Sarzosa, Jorge Fabián Troya. 2021. «“Determinación de la sustentabilidad de las unidades de producción agrícolas de Salache -Cotopaxi- Ecuador"». *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* 5(2):1760-72. doi: 10.37811/cl_rcm.v5i2.380.
- Toribio, Mirtia. 2015. «La importancia del Zinc en nuestros cultivos.» abril, 12.
- Troya, Cristina. 2014. «COOPERACIÓN ENTRE LOS PLANTSPHERE LABORATORIES Y LOS LABORATORIOS ARTESANALES IMPLEMENTADOS POR EL MAGAP EN 13 PROVINCIAS DEL ECUADOR».
- Velez, P. E. 1997. «Técnicas para el control de calidad de formulaciones de hongos entomopatógenos».
- Villarreal, La Rosa. 2015. «Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) bajo condiciones del valle del Rímac, Lima». UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.