

# UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FACULTAD DE POSGRADO

INFORME DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

Uso *Trichoderma hazzarium* como bioestimulante en el crecimiento de forrajes  
en la quinta los Titos, Chimborazo, Ecuador

Autor:

Karla Elizabeth Chávez Chávez

Director:

MSc. Cesar Stalin Gavin Moyano

*Milagro, 2025*

## Derechos de Autor

**Sr. Dr.**

**Fabrizio Guevara Viejó**

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, **Karla Elizabeth Chávez Chávez**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de Magíster en Biotecnología, como aporte a la Línea de Investigación Innovación tecnológica en procesos de producción agropecuaria, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 13 de enero de 2025

---

Karla Elizabeth Chávez Chávez

C.I.: 0604772186

## Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **MSc. César Stalin Gavin Moyano**, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por **Karla Elizabeth Chávez Chávez**, cuyo tema es **Uso de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante en el crecimiento de forrajes en la quinta Los Titos, Chimborazo, Ecuador**, que aporta a la Línea de Investigación **Innovación tecnológica en procesos de producción agropecuaria**, previo a la obtención del Grado **Magíster en Biotecnología**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 13 de enero de 2025.



Firmado electrónicamente por:  
**CÉSAR STALIN GAVIN  
MOYANO**

---

**MSc. César Stalin Gavin Moyano**  
**C.I.: 0603575382**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
**FACULTAD DE POSGRADO**  
**CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA**

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN BIOTECNOLOGÍA**, presentado por **ING. CHAVEZ CHAVEZ KARLA ELIZABETH**, otorga al presente proyecto de investigación denominado "USO DE TRICHODERMA HAZZARIUM COMO BIOESTIMULANTE EN EL CRECIMIENTO DE FORRAJES EN LA QUINTA LOS TITOS, CHIMBORAZO, ECUADOR.", las siguientes calificaciones:

TRABAJO ESCRITO	59.67
SUSTENTACIÓN	38.33
<b>PROMEDIO</b>	<b>98.00</b>
<b>EQUIVALENTE</b>	<b>Excelente</b>



Firmado electrónicamente por:  
**LUIS EDUARDO CAGUA MONTANO**

Mgs CAGUA MONTAÑO LUIS EDUARDO  
**PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**ALEX EDWIN GUILLEN BONILLA**

Mae. GUILLEN BONILLA ALEX EDWIN  
**VOCAL**



Firmado electrónicamente por:  
**SIMON ABELARDO RAMOS MENDIETA**

Ing. RAMOS MENDIETA SIMON ABELARDO  
**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

## Dedicatoria

A mi mami, Jenny Chávez. Aunque no estás conmigo presente físicamente, sé que desde el cielo me cuidas, me proteges y me sigues dando tu apoyo para seguir en mis estudios. Gracias por enseñarme a ser una mujer fuerte y valiente, gracias por enseñarme a nunca rendirme, gracias por ser mi mamá.

Te extraño y te amo mucho.

Con amor,

Karla

## Agradecimientos

A mi papá por haberme ayudado en este trabajo con sus ideas y conocimientos. Por ser mi ejemplo a seguir en todo momento, por sus consejos y sabiduría. Gracias porque sin tu ayuda no hubiera podido alcanzar este logro.

A mi hermano por ayudarme con sus ideas para la realización de este trabajo. Gracias por ayudarme en mis momentos de crisis y entenderme siempre. Gracias por ser mi ejemplo a seguir y estar conmigo en todo momento.

A mis amigos por estar conmigo durante todo este proceso y ser mi apoyo en momentos de frustración y ansiedad. Gracias por las salidas y todos los momentos de distracción que tuve con cada uno de ustedes.

Al MSc. Cesar Gavin, mi tutor y guía de este proceso académico. Gracias por haberme ayudado en la realización de este trabajo con su conocimiento y paciencia. Su ayuda y comprensión han sido primordiales para la culminación de este trabajo.

Con mucho cariño,

Karla.

## Resumen

El presente estudio evaluó el impacto de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante en el crecimiento, longitud de raíz y tiempo de recuperación de forraje de la Quinta “Los Titos”, ubicada en Chimborazo Ecuador. Se aplicaron tres tratamientos con distintas concentraciones de bioestimulante utilizando un Diseño Completamente al azar (DCA) con tres replicas por cada tratamiento, es decir, un total de 9 parcelas cada una de 54.4 m<sup>2</sup>. El bioestimulante utilizado fue “Biotrich” fabricado en la empresa Agearth, ubicada en Guayaquil-Ecuador.

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. La concentración alta (6gr/5lts) logro la mayor altura promedio con un valor de 24.47 cm, seguido de la concentración baja con un valor de 20.7 cm y el control con un valor de 15.15 cm, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de concentración alta y baja, lo que sugiere que el tratamiento con concentración baja también puede ser efectivo para este propósito.

En cuanto al desarrollo de la radícula, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento con concentración alta es más efectivo, con una longitud promedio de 15.533 cm y un intervalo de confianza del 95% entre 14.200 y 16.867cm.

Respecto al tiempo de recuperación del forraje se evidenciaron diferencias significativas siendo la concentración alta la más eficaz, con un promedio de recuperación de 20 días y una desviación estándar de 2 días.

Estos hallazgos destacan el potencial de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante en la mejora de la productividad agrícola.

**Palabras clave:** *Trichoderma harzianum*, bioestimulante, forrajes, crecimiento, raíces.

## Abstract

The present study evaluated the impact of *Trichoderma harzianum* as a biostimulant on forage growth, root length, and recovery time at the “Los Titos” farm, located in Chimborazo, Ecuador. Three treatments with different concentrations of the biostimulant were applied using a Completely Randomized Design (CRD) with three replicates per treatment, resulting in a total of 9 plots, each measuring 54.4 m<sup>2</sup>. The biostimulant used was "Biotrich," manufactured by Agearth in Guayaquil, Ecuador.

The results showed significant differences among the treatments. The high concentration (6 g/5L) achieved the highest average plant height of 24.47 cm, followed by the low concentration at 20.7 cm, and the control at 15.15 cm. However, there were no significant differences between the high and low concentrations, suggesting that the low concentration may also be effective for this purpose.

Regarding root length, significant differences were observed among treatments, with the high concentration being the most effective, achieving an average length of 15.533 cm and a 95% confidence interval between 14.200 and 16.867 cm.

For forage recovery time, significant differences were found, with the high concentration proving to be the most effective, showing an average recovery time of 20 days with a standard deviation of 2 days.

These findings highlight the potential of *Trichoderma harzianum* as a biostimulant in enhancing agricultural productivity.

**Keywords:** *Trichoderma harzianum*, biostimulant, forage, growth, roots.

## Lista de Figuras

Figura 1: Trichoderma harzianum en placa .....	13
Figura 2: Bioestimulante Biotrich .....	15
Figura 3: Intervalos de Confianza Simultáneos al 95% de Tukey para las Diferencias de Medias entre Tratamientos.....	36
Figura 4: Intervalos de Confianza Simultáneos al 95% de Tukey para las Diferencias de Medias entre Tratamientos.....	38

## Lista de Tablas

Tabla 1: Operacionalización de las variables .....	8
Tabla 2: Taxonomía del pasto azul.....	19
Tabla 3: Taxonomía Ray Grass .....	20
Tabla 4: Taxonomía Achicoria .....	21
Tabla 5: Taxonomía Trébol blanco .....	23
Tabla 6: Diseño de tratamientos.....	26
Tabla 7: Análisis de varianza (Altura VS Tratamientos).....	32
Tabla 8: Análisis de medias.....	32
Tabla 9: Comparaciones en parejas de Tukey con una confianza de 95%.....	33
Tabla 10: Resumen del modelo ANOVA (Raíces VS Tratamientos).....	33
Tabla 11: Análisis de varianza (Raíces VS Tratamientos) .....	34
Tabla 12: Efecto de los tratamientos en el crecimiento de raíces.....	35
Tabla 13: Análisis de varianza (Tiempo de recuperación VS Tratamientos).....	36
Tabla 14: Días para la recuperación del forraje.....	37
Tabla 15: Agrupación utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% .....	37

## Índice / Sumario

<i>Derechos de Autor</i> .....	II
<i>Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación</i> .....	III
<i>Dedicatoria</i> .....	V
<i>Agradecimientos</i> .....	VI
<i>Resumen</i> .....	VII
<i>Abstract</i> .....	VIII
<i>Lista de Figuras</i> .....	IX
<i>Lista de Tablas</i> .....	X
<i>Índice / Sumario</i> .....	XI
<i>Introducción</i> .....	1
<i>CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación</i> .....	4
1.1. Planteamiento del problema .....	4
1.2. Delimitación del problema.....	5
1.3. Formulación del problema .....	5
1.4. Preguntas de investigación.....	5
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1 Objetivo general .....	6
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
1.6. Hipótesis .....	6
1.7. Justificación.....	7
1.8. Declaración de las variables (Operacionalización) .....	8
1.8.1 Variable Independiente .....	8
1.8.2 Variables Dependientes.....	8
1.8.3 Variables controladas.....	8
<i>CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial</i> .....	9
2.1. Antecedentes Referenciales.....	9
2.2. Marco Conceptual .....	11
2.2.1 Bioestimulantes .....	12
2.2.1.1 Tipos de bioestimulantes .....	12
2.2.2 <i>Trichoderma harzianum</i> .....	13
2.2.3 Bioestimulante Biotrich.....	15
2.2.4 Producción de forrajes .....	17
2.2.5 Tipos de forrajes presentes en la Quinta “Los Titos” .....	18
<i>CAPÍTULO III: Diseño Metodológico</i> .....	25

3.1.	Tipo y diseño de investigación .....	25
3.1.1	Diseño de investigación .....	25
3.1.1	Total, de área utilizada .....	26
3.2.	La población y la muestra .....	27
3.2.1	Características de la población.....	27
3.2.2	Delimitación de la población.....	27
3.2.3	Tipo de muestra .....	27
3.2.4	Tamaño de muestra.....	27
3.2.5	Proceso de selección de la muestra .....	27
3.3.	Métodos y técnicas .....	28
3.3.1	Instrumentos .....	28
3.3.2	Insumos .....	28
3.3.3	Método experimental de campo .....	28
3.3.4	Técnica de muestreo .....	29
3.4.	Procesamiento estadístico de la información.....	30
3.4.1	Evaluación del crecimiento.....	30
<b>CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados .....</b>		<b>31</b>
4.1.	Análisis e Interpretación de Resultados.....	31
4.1.1	Crecimiento del forraje (cm) .....	31
4.1.2	Dimensión de la radícula (cm) .....	33
4.1.3	Tiempo de recuperación del forraje.....	36
<b>CAPÍTULO V: Conclusiones, Discusión y Recomendaciones.....</b>		<b>39</b>
5.1.	Discusión .....	39
5.2.	Conclusiones.....	42
5.3.	Recomendaciones .....	43
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>45</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>53</b>

## Introducción

La producción agropecuaria en las áreas andinas de Ecuador enfrenta varios desafíos, especialmente en la ganadería, donde asegurar el acceso a forraje de calidad resulta esencial para preservar la salud y productividad del ganado. En regiones como Chimborazo, el clima cambiante y las oscilaciones térmicas pueden restringir significativamente el desarrollo de los pastos, lo que pone en riesgo la disponibilidad del forraje para el ganado (Ríos Cando, 2022).

En este contexto, una de las alternativas más prometedoras en la agricultura para optimizar el crecimiento de forrajes es el uso de bioestimulantes, productos biológicos que mejoran la eficiencia en la nutrición, crecimiento y salud de las plantas (López Padrón et al., 2021). Entre los bioestimulantes más conocidos, son aquellos a base de hongos como las del género *Trichoderma*.

Varias especies de este género están asociadas con la rizosfera de las plantas, una de ellas es la especie *Trichoderma harzianum*. Este es un hongo aerobio conocido por su capacidad para estimular el crecimiento de las plantas, promover la absorción de nutrientes, protegerlas contra patógenos, estimular la producción de citoquininas, auxinas y mejorar la salud del suelo. Además, ha sido ampliamente estudiado por su capacidad para establecer simbiosis con las raíces de las plantas, mejorando así la absorción de agua y nutrientes y proporcionando una barrera biológica contra patógenos del suelo. (González León et al., 2023). Su aplicación en cultivos ha demostrado ser efectiva, lo que podría ser beneficioso en la producción de forrajes, permitiendo a los ganaderos disponer de pasto en menos tiempo y en mayor cantidad.

Chimborazo es una provincia ubicada en la región central del Ecuador, tiene un entorno agroecológico único, el cual puede influir significativamente en la eficacia de los bioestimulantes. El clima de Chimborazo varía según la altura, la cual oscila entre los 1000 y 4000 metros sobre el nivel del mar. Este se caracteriza por ser tropical de montaña, con temperaturas que van desde los 6 a 20°C. Esta región presenta variabilidad en las precipitaciones, la temporada de lluvias se da de diciembre a mayo y la temporada seca de junio a noviembre (Rivera Vásquez, 2020). Es por ello, que la variabilidad climática y las temperaturas extremas pueden influir en el desarrollo y crecimiento de los forrajes, obligando a los ganaderos esperar largos periodos para volver a disponer de alimento fresco para sus vacas.

La Quinta “Los Titos”, ubicada en la provincia de Chimborazo ha sido seleccionada para este estudio debido a que ofrece condiciones representativas de la región, en términos de clima, suelo y altitud. Los detalles de esta Quinta serán abordados en el tercer capítulo del presente estudio.

Debido a lo antes mencionado, el uso de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante podría ofrecer una solución práctica para mejorar la producción de los forrajes, permitiendo que los ganaderos dispongan de más alimento para sus vacas en menos tiempo. Al promover un crecimiento más rápido y saludable de los forrajes, los ganaderos podrían reducir la dependencia de otros insumos y reducir la baja capacidad de alimento.

Por lo tanto, en este estudio se analizará la eficacia de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante en la producción de forrajes en la región andina

de Chimborazo, evaluando su impacto en el crecimiento, desarrollo y disponibilidad de pastos para el ganado.

## CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación

### 1.1. Planteamiento del problema

La producción agrícola en Chimborazo presenta dificultades considerables debido a las bajas temperaturas, la elevada altitud y la variabilidad. Estas limitan el pleno desarrollo y prosperidad de los pastos, afectando directamente la productividad agrícola y la disponibilidad de alimento para el ganado. Los ganaderos emplean sistemas productivos de leche los cuales, están basados en el uso de forrajes como principal fuente de alimentación (Cuesta Onofre, 2023). Sin embargo, los tiempos de espera para que el forraje crezca nuevamente hace que los ganaderos se vean obligados a adquirir suplementos alimenticios para el ganado lo que incrementa sus costos y reduce su rentabilidad.

El uso de productos químicos en la agricultura no siempre es una opción viable, ya que estos contribuyen a la contaminación del agua, suelo, alimentos e incluso al ser humano con la presencia de malformaciones, intoxicaciones e incluso la muerte (Alava Mora, 2021). Muchos de estos agroquímicos contienen nutrientes como nitrógeno y fósforo, los cuales son una fuente de contaminación difusa. El uso excesivo de estos puede llevar a la acumulación de metales pesados, la salinidad del suelo y la eutrofización del agua (Rodríguez Eugenio, McLaughlin & Pennock, 2019).

La creciente dependencia de agroquímicos y suplementos alimenticios afecta la rentabilidad de los productores y genera un impacto negativo en los ecosistemas locales y en la salud pública. En zonas como Chimborazo, la erosión

del suelo es un problema relevante debido a la pendiente que poseen los terrenos y el uso activo de maquinaria agrícola para los cultivos, esto acelera la pérdida de la capa fértil y dificulta el crecimiento de forrajes. Los ganaderos enfrentan un reto mayor al intentar equilibrar la productividad con la viabilidad a largo plazo en un entorno donde la degradación del suelo amenaza la sostenibilidad de las actividades agrícolas del sector. Es por ello, que es crucial explorar varios enfoques que permitan incrementar o mantener la producción de forrajes, mientras se minimizan los efectos adversos asociados al uso de agroquímicos y a la erosión.

## **1.2. Delimitación del problema**

El estudio se llevará a cabo en la Quinta Los Titos, ubicada en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo, Ecuador. La investigación se enfocará en evaluar el impacto del bioestimulante *Trichoderma harzianum* en el crecimiento de forrajes, empleando distintas concentraciones del bioestimulante. El estudio abarcará un ciclo de crecimiento del forraje.

## **1.3. Formulación del problema**

¿Puede la aplicación de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante influir en el crecimiento de forrajes en la Quinta Los Titos?

## **1.4. Preguntas de investigación**

- ¿Cuál es el efecto de *Trichoderma harzianum* en la tasa de crecimiento de los forrajes?

- ¿Es posible reducir el tiempo de recuperación del forraje tras el pastoreo mediante la aplicación de *Trichoderma harzianum*?
- ¿Existen diferencias significativas en el crecimiento de los forrajes cuando se aplican concentraciones bajas y altas de *Trichoderma harzianum*?

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante en el crecimiento de forrajes en la Quinta Los Titos, Chimborazo.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- Analizar el efecto de *Trichoderma harzianum* en la tasa de crecimiento de los forrajes.
- Comparar el crecimiento de los forrajes bajo la aplicación de concentraciones bajas y altas de *Trichoderma harzianum*.
- Determinar el tiempo de recuperación del forraje después de la aplicación de *Trichoderma harzianum* en comparación con los tiempos de recuperación sin bioestimulante.
- Examinar el efecto de *Trichoderma harzianum* en el tamaño y desarrollo de las raíces de los forrajes en la Quinta Los Titos.

## 1.6. Hipótesis

La aplicación de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante incrementa significativamente el crecimiento y desarrollo de los forrajes en comparación con los tratamientos convencionales y a su vez, reduce el tiempo de recuperación entre cortes en la Quinta los Titos, Chimborazo, Ecuador.

## 1.7. Justificación

La investigación sobre este tema está justificada por el posible impacto de *Trichoderma harzianum* en la productividad de pasto, una preocupación crítica para las operaciones de ganadería en Chimborazo. Este bioestimulante puede mejorar el crecimiento y la calidad del forraje, y a su vez podrá reducir la dependencia de productos químicos sintéticos que en muchos casos son perjudiciales para el entorno ecológico y la salud humana.

La segunda función importante de *Trichoderma harzianum* puede ser el impacto positivo en la fertilidad del suelo. Al mejorar la estructura del suelo y llevar a una mayor disponibilidad de los nutrientes, el hongo puede aumentar la salud general del suelo a lo largo del tiempo, y esto es crucial en las regiones donde la erosión y la degradación del suelo son un problema clave. También se ha encontrado que *Trichoderma harzianum* induce resistencia en las plantas a los cambios abióticos, como la sequía o las temperaturas extremas, aportándoles también múltiples beneficios como nutrientes, vitaminas, etc.

De este modo, el estudio propuesto no solo será significativo para determinar el nivel de eficacia de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante en la producción de forraje, también proporcionará información valiosa sobre cómo el bioestimulante debe ser integrado en la práctica para ayudar a la sostenibilidad de los métodos agrícolas. Además, los resultados de la investigación mejorarán el conocimiento científico existente mediante la provisión de datos empíricos que podrían, a su vez, motivar la transición a métodos más ecológicos y mejorar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas a las condiciones ambientales y

económicas actuales. Como resultado, el enfoque completo presentado podría reformatear el uso y la gestión de los recursos agrícolas y fortalecer la productividad del ganado en la región andina de Ecuador.

## 1.8. Declaración de las variables (Operacionalización)

### 1.8.1 Variable Independiente

- Bioestimulante *Trichoderma harzianum* (a distintas concentraciones: baja y alta).

### 1.8.2 Variables Dependientes

- Crecimiento de las plantas: medición de la altura de las plantas en centímetros.
- Tiempo de recuperación del forraje: tiempo en que se recupera el forraje después del corte o pastoreo, se lo medirá en días.
- Longitud de raíces.

### 1.8.3 Variables controladas

- Tipo de suelo.
- Riego.
- Tipo de forraje cultivado.

**Tabla 1**

#### **Operacionalización de las variables**

Variable	Tipo	Definición Conceptual	Definición Operacional	Instrumento de medida
<b>Bioestimulante <i>Trichoderma harzianum</i></b>	Independiente	Microorganismo fúngico usado como promotor	Uso de distintas concentraciones del bioestimulante	Concentración del

		del crecimiento vegetal.	(baja y alta) aplicadas al cultivo de forrajes.	bioestimulante aplicado en g/L.
<b>Crecimiento de las plantas</b>	Dependiente	Incremento en el tamaño de la planta a lo largo del tiempo.	Altura de las plantas y tamaño de las raíces después de la aplicación del bioestimulante.	Regla para altura de las plantas y largo de las raíces.
<b>Tiempo de recuperación del forraje</b>	Dependiente	Periodo que demora el forraje en regenerarse después del corte o pastoreo.	Número de días transcurridos desde el corte del forraje hasta que vuelve a estar listo para un nuevo corte o pastoreo.	Calendario.
<b>Tipo de suelo</b>	Control	Clasificación del suelo según su estructura y textura.	Caracterización del suelo (arenoso, arcilloso, franco).	Estudios previos del suelo.
<b>Riego</b>	Control	Aplicación de agua al cultivo en función de sus necesidades.	Dos veces a la semana, considerando las condiciones climáticas y del suelo.	Registro de la frecuencia del riego.
<b>Tipo de forraje cultivado</b>	Control	Especies de forraje sembradas.	Clasificación del forraje cultivado.	Observación directa y registro del tipo de forraje cultivado (especie, variedad, etc.).

## CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial

### 2.1. Antecedentes Referenciales

La utilización de bioestimulantes en la agricultura ha tenido una gran acogida en los últimos años, debido a sus múltiples beneficios en la mejora de la

productividad de cultivos de manera sostenible. El bioestimulante de *Trichoderma harzianum*, ha demostrado ser efectivo en la mejora del rendimiento y la calidad de los forrajes.

La investigación sobre bioestimulantes en Ecuador en varios cultivos importantes ha demostrado la efectividad y los beneficios de este enfoque. La investigación realizada por Cumbagin Torres & Flores Morales (2020) en la universidad Politécnica Salesiana, contó con cinco residuos orgánicos para multiplicar *Trichoderma harzianum*, un bioestimulante y biocontrolador que empleo en fincas agroecológicas en la provincia de Pichincha. Los resultados demostraron que las catáfilas de ajo y las brácteas de maíz eran los residuos óptimos para la agricultura y la viabilidad máxima de conidios, los cuales resultaron ser efectivos en sondajes de campo.

Dentro de las investigaciones realizadas a nivel internacional está esta investigación, en la cual, se analizan estrategias para mejorar la capacidad de control biológico de *Trichoderma harzianum*, además, mencionan como esta tiene la capacidad de mejorar la producción de forrajes, ya que promueve la absorción de minerales y ayuda a ajustar el equilibrio hormonal de las plantas (Xiao et al., 2023).

El libro titulado “*Trichoderma Agricultural Applications and Beyond*”, contiene un capítulo llamado “*Trichoderma as Biostimulant: Factors Responsible for Plant Growth Promotion*” (Gupta, 2020). En el cual se hace una revisión sobre los factores responsables del crecimiento vegetal por *Trichoderma*, se menciona

como este hongo mejora la biomasa de las plantas, la cual es esencial en la producción de forrajes.

El artículo realizado en la Universidad Politécnica Salesiana realizado por Acurio Vásconez & España Imbaquingo (2017). Analiza el uso de hongos del género *Trichoderma* (*Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*) como promotores del crecimiento vegetal en forrajes, los resultados demostraron que los potreros tratados con estos hongos tuvieron un mayor crecimiento y rendimiento en comparación con el testigo. Esta investigación también destaca el potencial del bioestimulante en la optimización de la alimentación del ganado.

Otro estudio importante publicado en la Universidad Estatal de Milagro menciona que los tratamientos realizados con *Trichoderma spp.* fueron efectivos en la aparición de la radícula y cotiledón de plántulas de arroz, ya que gracias a este hongo se promovió su crecimiento. En este estudio se utilizaron 4 tratamientos con 50 repeticiones cada uno. De igual manera, el estudio menciona que se observó una notable reducción de enfermedades en las plántulas y favoreció el desarrollo saludable de las mismas (Guevara Villalta, 2024).

El efecto de tiene *Trichoderma spp.*, para estimular el crecimiento y fortalecer el desarrollo en plantas, es visto en el presente estudio donde se evaluó el crecimiento de plantas de tomate que fueron inoculadas con distintas cepas del hongo *Trichoderma spp.*, los resultados demostraron que este hongo fue capaz de aportar un crecimiento notable en la altura, longitud de raíces, número de hojas y en la biomasa de las plantas de tomate (Rodríguez García & Vargas Rojas, 2022).

## **2.2. Marco Conceptual**

## 2.2.1 Bioestimulantes

Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que se aplican a las plantas con el fin de mejorar el crecimiento, rendimiento, eficiencia nutricional, resistencia al estrés y la calidad de los productos agrícolas. A diferencia de los fertilizantes, los cuales suministran elementos nutritivos esenciales, los bioestimulantes llevan a cabo su efecto a través de mecanismos bioquímicos y fisiológicos que mejoran los procesos metabólicos de las plantas (Murillo Cuevas et al., 2021).

### 2.2.1.1 Tipos de bioestimulantes

- **Extractos de algas**

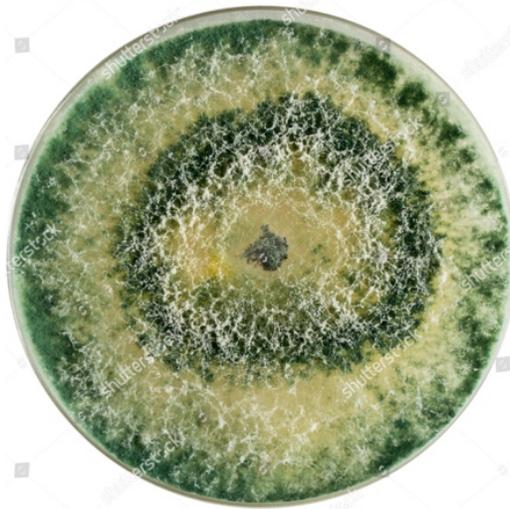
Se caracterizan por ser compuestos amigables con el medio ambiente, ya que son biodegradables e inofensivos. Han demostrado ser efectivos en la mejora de la resistencia al estrés abiótico, en la promoción del crecimiento de las plantas y en el incremento de la calidad de los cultivos (Salazar Salazar, Monge Pérez & Loría Coto, 2022).

- **Microorganismos beneficios**

Existen varios microorganismos utilizados como bioestimulantes, uno de los más conocidos son las *Rhizobacterias* promotoras de crecimiento en plantas. Estas bacterias tienen la capacidad de fijar nitrógeno de la atmósfera en formas bioactivas como los nitratos, para después intercambiarlos por carbohidratos, estableciendo relaciones simbióticas con las plantas. De esta manera se mejora la

nutrición y, por ende, la morfogénesis de la planta (Sible, Seebauer & Below, 2021).

### 2.2.2 *Trichoderma harzianum*



**Figura 1**

***Trichoderma harzianum* en placa. Adaptado de Shutterstock (2015).**

- **Definición**

*Trichoderma harzianum* es un hongo saprófito perteneciente al Reino *Fungi* que se encuentra naturalmente en el suelo, es conocido por ser un agente de biocontrol usado en el manejo de enfermedades fúngicas debido a sus propiedades mico parasitarias. Además, tiene la capacidad de mejorar la salud del suelo y promover el crecimiento de las plantas, ya que mezcla los materiales insolubles del suelo y los hace disponibles para el crecimiento y desarrollo natural de las plantas (Pani & Sharma, 2021).

- **Mecanismos de acción**

- **Biocontrol**

Es eficaz en la lucha contra enfermedades fúngicas al parasitar patógenos del suelo, como *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, etc. Los mecanismos de acción pueden actuar directamente sobre el patógeno o a su vez, indirectamente alterando la fisiología de la planta y no sobre el patógeno (Pastor Esteche, 2023).

- **Inducción de resistencia**

Al colonizar las raíces, *Trichoderma* activa mecanismos de defensa en las plantas, mejorando su capacidad de resistencia al ataque de patógenos, esto se denomina protección sistémica. Esta protección se da gracias al incremento de metabolitos y enzimas tales como la chalcona sintasa (CHS) y la fenilalanina amonio liasa (PAL), las cuales están asociadas en la biosíntesis de fitoalexinas, peroxidasa, glucanasas y quitinasas (Pastor Esteche, 2023).

- **Promoción del crecimiento**

Este hongo tiene la capacidad de penetrar las primeras capas de células de las raíces de las plantas y producir metabolitos como las citoquininas para mejorar el crecimiento y desarrollo de las raíces, la absorción de nutrientes, la resistencia al estrés abiótico y la productividad de los cultivos (Pastor Esteche, 2023).

- **Aplicaciones en la agricultura**

El hongo *Trichoderma harzianum* es conocido por su capacidad de estimular el crecimiento de diversos cultivos, se utiliza comúnmente para mejorar la salud de

las plantas, incrementar los rendimientos obtenidos y disminuir la necesidad de pesticidas químicos dañinos. En la agricultura forrajera, su empleo puede llevar a un desarrollo y calidad del forraje más notable, contribuyendo a un sistema de producción más sostenible y respetuoso con el medio ambiente (González León et al., 2023).

### 2.2.3 Bioestimulante Biotrich



**Figura 2**

### **Bioestimulante Biotrich**

Es un bioestimulante y biofungicida que contiene de esporas del hongo *Trichoderma harzianum*. Ayuda en el mejoramiento y restauración de la microflora benéfica del suelo y actúa como estimulador del crecimiento vegetal. Este bioestimulante es fabricado por la empresa Agearth, localizada en Guayaquil-Ecuador.

- **Características**

Su presentación es de 100 y 200 gramos. Tiene una humedad del 13,8% y un pH de 6,5

- **Beneficios**

- Efectivo en el control de *Fusarium* raza 4.
- Genera cierta resistencia a condiciones de estrés causadas por factores ambientales.
- Favorece a la microflora beneficiosa del suelo y activa la acción de resistencia inmunológica de la planta.
- Brinda protección a la raíz contra patógenos.
- Incentiva el desarrollo y crecimiento celular.

- **Modo de acción**

- Produce metabolitos que son tóxicos, los cuales inhiben el desarrollo de microorganismos maliciosos.
- Coloniza el medio de una manera rápida, reduciendo la capacidad de crecimiento de microorganismos perjudiciales.
- Sintetiza enzimas como celulasas y quitinasas, las cuales degradan las estructuras celulares de los microorganismos perjudiciales.
- Secreta hormonas de crecimiento vegetal como auxinas y giberelinas para estimular el desarrollo vegetal.
- Protege a las raíces del ataque de bacterias y hongos atrayendo a exudados radiculares y usándolos como alimento.

- **Compatibilidad**

Es compatible con fertilizantes orgánicos, químicos y foliares, insecticidas y herbicidas. No es compatible con fungicidas químicos.

- **Medidas de protección**
  - Utilizar equipos de protección personal como guantes, mascarilla y ropa de trabajo.
  - No utilizar agua caliente o que contenga cloro.
  - Lavar bien el equipo de fumigación antes y después de la aplicación.
  - No comer, beber o fumar durante la aplicación.
  - Mantener alejado de niños y animales domésticos (Agearth Ecuador, 2020).

#### **2.2.4 Producción de forrajes**

La siembra de forrajes abarca el cultivo de plantas usadas como comida para el ganado. Estas son esenciales para la alimentación animal, particularmente en sistemas ganaderos intensivos y extensivos. Tanto la calidad como la cantidad de forraje producido son factores determinantes para la salud y productividad del ganado (Álvarez Vázquez et al., 2022).

- **Valor nutricional**

El forraje posee un gran contenido de fibra vegetal, proteína bruta, carbohidratos, materia seca, minerales y vitaminas. La calidad de los forrajes o pastos dependerá del contenido de proteína que contenga (Perrusquía Tejeida, 2021).
- **Factores que afectan la productividad**
  - **Calidad del suelo**

La fertilidad del suelo es indispensable para la producción forrajera, ya que suelos pobres en nutrientes o con problemas de estructura pueden limitar el crecimiento y calidad de las plantas (Panadero Navas, Larrota Hernández & Mosquera Velásquez, 2021).

- **Clima**

Las condiciones climáticas, incluyendo la luminosidad, la temperatura y la precipitación, influyen en el desarrollo de las plantas forrajeras. La temperatura desempeña un papel fundamental en el desarrollo de forrajes, sobre todo cuando existen temperaturas bajas, ya que disminuye la producción de biomasa. La radiación solar es otro factor fundamental, ya que es necesaria para la síntesis de metabolitos, los cuales son necesarios para el crecimiento de los forrajes (Herrera, 2020).

- **Manejo agronómico**

Las prácticas de manejo agronómico son fundamentales para una producción efectiva y sostenible de forrajes. Ciertos factores como el riego, la fertilización y el control de plagas, afectan directamente en el crecimiento, salud, calidad y producción de forrajes (González Reyes, 2023).

### **2.2.5 Tipos de forrajes presentes en la Quinta “Los Titos”**

- **Pasto azul (*Dactylis glomerata* L.)**

El pasto azul es una gramínea originaria del Norte de África y Europa. Su crecimiento es robusto con tallos erectos que van desde los 15 a 140cm de

altura. Sus hojas son verdes, lampiñas y con vainas aquilladas, van desde los 10 a 60 cm de largo y desde los 2 a 14mm de ancho. Posee un sistema radicular denso el cual tiene efectos beneficiosos en la estructura del suelo, ya que ayuda a evitar la erosión. Posee propiedades medicinales, ya que ayuda a tratar las dolencias de vejiga y riñón (Herrera, 2019).

- o **Clasificación taxonómica**

**Tabla 2**

***Taxonomía del pasto azul.***

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Liliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Poales</i>
<b>Familia</b>	<i>Poaceae</i>
<b>Tribu</b>	<i>Poeae</i>
<b>Género</b>	<i>Dactylis</i>
<b>Especie</b>	<i>D. glomerata L. 1753</i>

Fuente: Clasificación taxonómica (Martínez Vilorio, 2020).

- o **Adaptación y requerimientos**

Esta especie se da en zonas húmedas-lluviosas, con altitudes de 1500 a 3100msnm, con precipitaciones de 480 a 2000mm/año y con temperaturas entre los 4.3 y 20°C. Sin embargo, también se adapta a climas templados húmedos. Su mejor desarrollo se da en suelos

húmedos, fértiles, con pH de 6.0 a 8.0. Tolera suelos medianamente salinos. Generalmente se siembra con mezclas de gramíneas o leguminosas como trébol blanco o rojo.

- o **Pastoreo**

El más conveniente es el pastoreo en rotación, el cual tiene periodos de 5 a 7 días en el potrero por 35 a 42 días de descanso en épocas lluviosas. Los animales se deben incorporar en el potrero cuando este alcance los 30-50cm y se los debe retirar cuando la altura sea de aproximadamente 15cm de altura, esto con el fin de evitar el agotamiento del pasto (Herrera, 2019).

- **Raygrass (*Lolium perenne*)**

Se trata de una especie perenne de duración corta. Se origino en el norte de Europa y Asia, es capaz de alcanzar una altura de 60cm. Su color es verde con hojas angostas que van desde los 28 a 30cm de alto. Su crecimiento se da en matojos y su floración es en espigas (González, 2020).

- o **Clasificación taxonómica**

**Tabla 3**

***Taxonomía Raygrass***

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Liliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Poales</i>

<b>Familia</b>	<i>Poaceae</i>
<b>Tribu</b>	<i>Poeae</i>
<b>Género</b>	<i>Lolium</i>
<b>Especie</b>	<i>L. perenne</i> L.

Fuente: Ficha Técnica del Pasto Ray Grass Inglés (*Lolium perenne*) (González, 2020).

- **Adaptación y requerimientos**

Se puede adaptar a suelos fértiles, pesados y húmedos con pH de 5 a 7. No toleran los suelos salinos. Se da en alturas de 2400 a 3000m.s.n.m. con temperaturas desde los 10 a 14°C.

- **Pastoreo**

Es recomendable periodos cortos de pastoreo de entre 5 a 6 días, con descansos de 45 a 48 días (González, 2020).

- **Achicoria (*Cichorium intybus*)**

Se trata de una planta herbácea perenne. Procedente de Asia, África y Europa. Puede alcanzar alturas de entre los 20 a 30cm, su raíz es profunda, gruesa y cónica. Sus hojas son semicarnosas y espatuladas. Son plantas hermafroditas de reproducción autógama (iNaturalist Ecuador, s.f.).

- **Clasificación taxonómica**

**Tabla 4**

***Taxonomía Achicoria***

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>División</b>	<i>Tracheophyta</i>

<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Asterales</i>
<b>Familia</b>	<i>Asteraceae</i>
<b>Tribu</b>	<i>Cichorieae</i>
<b>Género</b>	<i>Cichorium</i>
<b>Especie</b>	<i>Cichorium intybus</i>

Fuente: Achicoria (iNaturalist Ecuador, s.f.).

- **Adaptación y requerimientos**

Tiene la capacidad de adaptarse a varios climas; sin embargo, prefiere temperaturas de entre los 10 a 20°C. El suelo franco arenoso es ideal para esta planta, con un nivel de pH de 6 a 7,5. La profundidad de siembra optima es de 1cm con espacios de entre 20 a 30cm entre plantas (Drippro, 2024).

- **Pastoreo**

Se puede realizar pastoreo de esta planta a partir de los 90 días posteriores a la fecha de siembra (Perović et al., 2021).

- **Trébol blanco (*Trifolium repens*)**

Es una leguminosa forrajera perenne, se originó en Europa, extendiéndose al oeste de Asia. A lo largo del tiempo se ha propagado por el mundo debido a su importancia como planta forrajera. Alcanza los 10cm de altura, se propaga a través de semillas y de estolones. Es una planta que posee

grandes cantidades de oxígeno, por lo que ayuda a la fertilidad del suelo (Arozamena, 2024).

- o **Clasificación taxonómica**

**Tabla 5**

***Taxonomía Trébol blanco***

<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>División</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Fabales</i>
<b>Familia</b>	<i>Papilionaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Trifolium</i>
<b>Especie</b>	<i>repens</i>

Fuente: Taxonomía del trébol blanco (García 2020).

- o **Adaptación y requerimientos**

Se desarrolla en suelos fértiles con buena humedad; sin embargo, es capaz de adaptarse a varios tipos de suelo con distintas condiciones climáticas. Sus cultivares se clasifican en dos tipos: Cultivares de foliolo pequeño, los cuales se caracterizan por tener estolones delgados y ramificados, se adaptan a climas fríos; mientras que, los cultivares de foliolos grandes presentan estolones gruesos y un sistema radicular más desarrollado, son sensibles a bajas temperaturas.

- o **Pastoreo**

A diferencia de otras especies, esta especie tiene la capacidad de rebrotar rápidamente bajo sistemas de pastoreos y buenas condiciones ambientales, esto gracias a sus yemas, las cuales son capaces de producir nuevos primordios de hojas (Arozamena, 2024).

## CAPÍTULO III: Diseño Metodológico

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Este trabajo de investigación tendrá un enfoque cuantitativo, ya que se medirá y analizará datos numéricos relacionados con el crecimiento de los forrajes.

Además, tendrá un diseño experimental para evaluar el impacto de *Trichoderma harzianum* en el crecimiento de forrajes. Este diseño incluirá parcelas tratadas con *Trichoderma harzianum* (en altas y bajas concentraciones) y parcelas sin tratamiento (control).

#### 3.1.1 Diseño de investigación

El diseño que se usará en la presente investigación será el Diseño Completamente al azar o DCA. En este tipo de diseño se consideran dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error. Este tipo de diseño recibe este nombre, ya que todas las repeticiones se realizan de manera aleatoria y no se tienen en cuenta otros factores (Yepes Piqueras, 2013). El presente estudio se enfocará en la evaluación del bioestimulante por lo que, cada tratamiento o parcela se distribuirá de manera al azar para que los posibles efectos ambientales se repartan equitativamente entre los tratamientos. A continuación, se presentará un esquema en donde se explicará de mejor manera los tratamientos y repeticiones mencionadas en el estudio.

Tabla 6

**Diseño de tratamientos.**

Tratamiento	Descripción	Objetivo	Dimensión
<b>T1</b> <i>Trichoderma harzianum</i> (baja concentración)	Tratamiento con el bioestimulante <i>Trichoderma harzianum</i> a una concentración de 2 gramos en 5 litros de agua	Evaluar el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> como bioestimulante a concentraciones bajas.	3 parcelas de 54,4m <sup>2</sup> cada una
<b>T2</b> <i>Trichoderma harzianum</i> (alta concentración)	Tratamiento con el bioestimulante <i>Trichoderma harzianum</i> a una concentración de 6 gramos en 5 litros de agua.	Evaluar el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> como bioestimulante a concentraciones altas.	3 parcelas de 54,4m <sup>2</sup> cada una
<b>T0</b> Control	Tratamiento con agua como control.	Tratamiento referencial para comparar el crecimiento de forrajes sin ningún aditivo.	3 parcelas de 54,4m <sup>2</sup> cada una
<b>Total, de parcelas para el estudio</b>			9 parcelas

**3.1.1 Total, de área utilizada**

El área de investigación fue de 500m<sup>2</sup>, de los cuales se dividió en 3 parcelas para así tener un área de 163,3m<sup>2</sup> para cada tratamiento, con separaciones de 0,5m.

por tratamiento. Cada uno de estos tratamientos conto con 3 repeticiones, las cuales tuvieron un área de 54,4m<sup>2</sup>.

## **3.2. La población y la muestra**

### **3.2.1 Características de la población**

La población está formada por forrajes de la Quinta “Los Titos”. Incluye una variedad de forrajes los cuales serán evaluados en términos de crecimiento. Con ayuda de Google Earth se obtuvo la ubicación exacta en coordenadas (Anexo 1).

### **3.2.2 Delimitación de la población**

La población se delimitará en parcelas de 54,4m<sup>2</sup> cada una. Las parcelas se dividirán en tres grupos: un grupo tratado con el bioestimulante *Trichoderma harzianum* en bajas concentraciones (T1), otro grupo tratado con el bioestimulante *Trichoderma harzianum* en altas concentraciones (T2) y un grupo control (T0). Se harán 3 repeticiones por cada grupo; es decir, se tendrá un total de 9 parcelas.

### **3.2.3 Tipo de muestra**

Se utilizaron muestras aleatorias de plantas de la especie Achicoria (*Cichorium intybus*) por cada parcela de forrajes de la Quinta “Los Titos”. Con el fin de asegurar que los resultados sean representativos.

### **3.2.4 Tamaño de muestra**

Gracias al análisis estadístico en ANOVA (Anexo 2), se escogió un tamaño de 5 muestras para cada nivel.

### **3.2.5 Proceso de selección de la muestra**

Para la obtención de resultados confiables y representativos se escogerán muestras aleatorias de 5 plantas por cada parcela. Al tener 9 parcelas, se tendrá un total de 45 plantas de achicoria para el estudio. A cada planta de estudio, se colocó una cinta pequeña para su identificación.

### **3.3. Métodos y técnicas**

#### **3.3.1 Instrumentos**

- Estacas
- Cintas
- Regla métrica
- Calendario

#### **3.3.2 Insumos**

- Bioestimulante Biotrich

#### **3.3.3 Método experimental de campo**

- **Delimitación de las parcelas**

Se llevó a cabo un experimento controlado en parcelas de forraje, las cuales tenían una dimensión de 54,4m<sup>2</sup> cada una. Se colocaron estacas de 45cm de largo con cintas amarillas para la delimitación de cada parcela y se etiquetó cada una con sus respectivos tratamientos (T0, T1 y T2). El gráfico de esta distribución se encuentra en el anexo 3.

- **Preparación del forraje**

Una vez listas las parcelas, se procedió a cortar el forraje hasta una altura de 4cm, con el fin de que todas las plantas del estudio crezcan desde una misma altura.

- **Preparación del bioestimulante**

El fabricante del bioestimulante “Biotrich” menciona que las dosis recomendadas para su uso son de 100 gr/ha para concentraciones bajas y de 300 gr/ha para concentraciones altas. En virtud de esto, se llevaron a cabo cálculos para determinar la cantidad necesaria del bioestimulante para su aplicación en el área de terreno disponible para el estudio.

Gracias a esto, se pudo determinar la cantidad de gramos y litros para la aplicación en las distintas dosis de bioestimulante.

- **Aplicación del bioestimulante**

Gracias a los cálculos obtenidos, se aplicó el bioestimulante Biotrich en concentraciones de 2gr/5lts (baja T1) y 6gr/5lts (alta T2). Además, se tuvo un grupo de control (T0) en el cual solo se aplicó agua.

- **Riego**

Se aplicó agua mediante una manguera dos veces por semana durante el transcurso del estudio.

### 3.3.4 Técnica de muestreo

- **Medición del crecimiento del forraje.**

Como se mencionó anteriormente, se escogieron 5 plantas por parcelas, a cada planta se midió la altura en centímetros desde la base

de la planta hasta el extremo de las hojas más altas con ayuda de una regla métrica. Esta medición se realizó en cada parcela incluyendo la parcela de control a los 45 días de crecimiento.

- **Medición del tamaño de las raíces**

Cuidadosamente, se extrajo las raíces de las plantas que se seleccionaron para medir el crecimiento. Se midió la longitud de las raíces con ayuda de una regla métrica. Esta medición se la realizó a los 45 días.

- **Tiempo de recuperación del forraje**

A los 45 días, se procedió a cortar el pasto de todos los tratamientos hasta los 4 cm. Posteriormente, se registró el número de días que el forraje tardó en alcanzar su altura óptima. Esto se lo realizó con todas las parcelas tratadas con el bioestimulante, con el fin de evaluar la rapidez con la que el forraje volvía a estar disponible para el pastoreo, comparado con las parcelas de control.

### **3.4. Procesamiento estadístico de la información**

#### **3.4.1 Evaluación del crecimiento**

Se registraron los datos de crecimiento y longitud de raíces de las 5 plantas por cada tratamiento y repetición (Anexo 8 y 9). Además, se registraron los datos de tiempo de recuperación del forraje después del corte (Anexo 10). Estas medidas proporcionaron información cuantitativa sobre el impacto de las distintas dosis de bioestimulante en cada tratamiento. Los resultados obtenidos de crecimiento y longitud de raíces fueron promediados.

Los datos recopilados se analizaron en el software estadístico MINITAB y la prueba de Tukey al 5% de significancia. Gracias a esta herramienta se pudo obtener y realizar el análisis estadístico para el estudio.

## **CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados**

### **4.1. Análisis e Interpretación de Resultados**

#### **4.1.1 Crecimiento del forraje (cm)**

La tabla 7 representa el análisis de varianza de las medias obtenidas del tamaño de las 5 plantas estudiadas, junto con los tratamientos. El nivel de significancia establecido para esta prueba es de 0.05, dado que este valor es estándar en las investigaciones científicas.

Se observa que el valor F calculado es de 21.54, con un valor p de 0.002. Este valor es menor al nivel de significancia establecido, por lo que, se sugiere que existen diferencias estadísticamente significativas en la altura promedio de las plantas entre los tratamientos, es decir, que los tratamientos tienen un efecto significativo en la altura de las plantas de achicoria.

**Tabla 7****Análisis de varianza (Altura VS Tratamientos).**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	130.55	65.276	21.54	0.002
Error	6	18.18	3.030		
Total	8	148.73			

En el análisis de medias (Tabla 8) se observa que el tratamiento con una concentración alta de bioestimulante presentó la media más alta 24.47cm, seguido del tratamiento con concentración baja de bioestimulante 20.17cm y el grupo de control 15.15cm. Las desviaciones de los tres grupos son similares, con un valor de 1.74069, que sugiere una variabilidad homogénea.

**Tabla 8****Análisis de medias.**

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%	
Concentración Alta	3	24.47	2.04	(22.01,	26.93)
Concentración Baja	3	20.173	1.572	(17.714,	22.632)
Control	3	15.153	1.572	(12.694,	17.612)

*Desv.Est. agrupada = 1.74069*

Para poder determinar si estas diferencias en las medias son estadísticamente significativas, se realizó un análisis de comparaciones múltiples usando el método de Tukey (Tabla 9). Estos resultados agrupan los tratamientos en dos grupos. En el grupo denominado con la letra "A", se encuentra la concentración alta y baja del bioestimulante, mientras que en el grupo "B" se encuentra el control. Esto indica

que entre el grupo de concentración alta y baja no existen diferencias significativas entre sí, pero si difieren del grupo de control.

**Tabla 9**

**Comparaciones en parejas de Tukey con una confianza de 95%.**

Tratamiento	N	Media	Agrupación
Concentración Alta	3	24.47	A
Concentración Baja	3	20.173	A
Control	3	15.153	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

#### 4.1.2 Dimensión de la radícula (cm)

La tabla 10 representa el ajuste del modelo, dando valores de R-cuadrado de 96.34% y R-cuadrado ajustado de 95.12%, lo que indica que el 96.34% de la variabilidad en el crecimiento de las raíces es explicado por los tratamientos aplicados.

**Tabla 10**

**Resumen del modelo ANOVA (Raíces VS Tratamientos)**

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.943822	96.34%	95.12%	91.76%

La tabla 11 representa el análisis de varianza de un solo factor. Con un valor F de 78.93 y un valor p de 0.000 lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre el promedio de crecimiento de las raíces y los tratamientos aplicados.

**Tabla 11**

**Análisis de varianza (Raíces VS Tratamientos)**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	140.630	70.3148	78.93	0.000
Error	6	5.345	0.8908		
Total	8	145.974			

Las medias presentadas en la tabla 12, indican diferencias estadísticamente significativas. Al ser el valor p menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se confirma que al menos uno de los tratamientos tiene un efecto significativo en el crecimiento de las raíces. Gracias a las medias presentadas en esta tabla, se visualiza que el tratamiento con el bioestimulante a concentraciones altas obtuvo mayor crecimiento de raíces, con una media de 15.533 cm y un intervalo de confianza del 95% entre los valores de 14.200 y 16.867cm. Por otro lado, el tratamiento con el bioestimulante a concentraciones bajas mostro un crecimiento moderado con una media de 7853cm y un intervalo de confianza del 95% entre los valores de 6.520 y 9.187cm. Y finalmente, el grupo control mostro el menor crecimiento con una media de 6.587cm con un intervalo de confianza del 95% entre los valores de 5.253 y 7.920cm.

**Tabla 12**

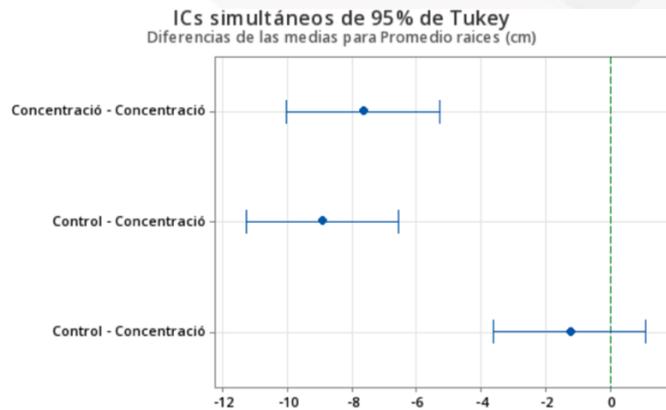
**Efecto de los tratamientos en el crecimiento de raíces.**

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Concentración Alta	3	15.533	0.703	(14.200, 16.867)
Concentración Baja	3	7.853	0.450	(6.520, 9.187)
Control	3	6.587	1.406	(5.253, 7.920)

*Desv.Est. agrupada = 0.943822*

Como se mencionó anteriormente, también se utilizó el método de comparación de medias de Tukey con un nivel de confianza del 95%. La figura 4 muestra las diferencias de medias entre los tratamientos. En el caso de la comparación del bioestimulante en concentraciones altas y bajas el intervalo no cruza el 0, lo que significa que existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas concentraciones, esto también ocurre entre la comparación de la concentración alta y el control. Mientras que, la comparación entre el control y el bioestimulante a concentraciones bajas, el intervalo si cruza el 0, por lo que sugiere que no existe diferencias significativas entre estos grupos.



**Figura 3**

### Intervalos de Confianza Simultáneos al 95% de Tukey para las Diferencias de Medias entre Tratamientos

#### 4.1.3 Tiempo de recuperación del forraje

La tabla 10 muestra los resultados obtenidos con un valor F de 23.45 y un valor p de 0.001, lo que indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los grupos.

**Tabla 13**

#### *Análisis de varianza (Tiempo de recuperación VS Tratamientos)*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	161.56	80.778	23.45	0.001
Error	6	20.67	3.444		
Total	8	182.22			

La tabla 11 presenta las medias obtenidas en el análisis del tiempo de recuperación del forraje con el tipo de tratamiento usado en las parcelas. El grupo con el bioestimulante en concentraciones altas tuvo un tiempo promedio de recuperación de 20 días, con una desviación estándar de 2 días. El grupo con el

bioestimulante en concentraciones bajas presento un tiempo promedio de recuperación de 26 días, con una desviación estándar de 2 días. Y el grupo control presento un tiempo promedio de recuperación más prolongado de 30.33 días, con una desviación estándar de 1.53 días. Todos estos grupos, tuvieron intervalos de confianza del 95%.

**Tabla 14**

***Días para la recuperación del forraje.***

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Concentración Alta	3	20.00	2.00	(17.38, 22.62)
Concentración Baja	3	26.00	2.00	(23.38, 28.62)
Control	3	30.333	1.528	(27.711, 32.955)

*Desv.Est. agrupada = 1.85592*

El análisis con el método de Tukey fue empleado para determinar que tratamientos presentan diferencias significativas en los días hasta la recuperación. Los resultados presentados en la tabla 12 muestran que los tratamientos se dividen en dos grupos.

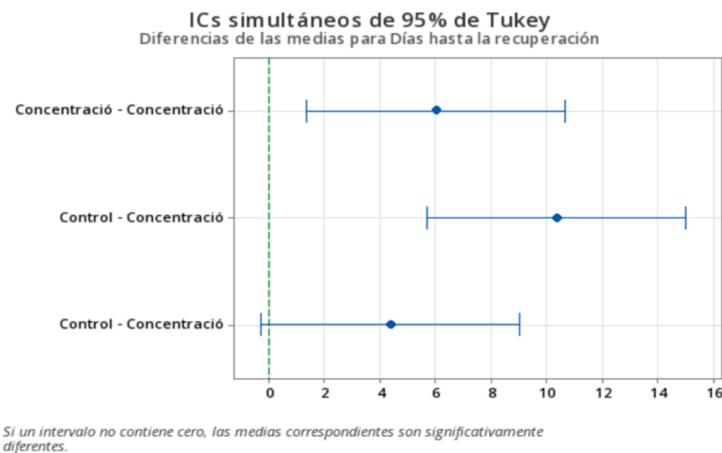
**Tabla 15**

***Agrupación utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%***

Tratamiento	N	Media	Agrupación
Control	3	30.333	A
Concentración Baja	3	26.00	A
Concentración Alta	3	20.00	B

*Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

Los tratamientos de control y concentración baja de bioestimulante forman parte del mismo grupo identificado con la letra “A”, mientras que el tratamiento de concentración alta forma otro grupo identificado con la letra “B”, lo que indica que es significativamente distinto de los otros dos tratamientos. La figura 5 refuerza estos resultados, ya que la diferencia entre el tratamiento de concentración alta y los otros dos tratamientos son estadísticamente significativos porque no incluyen el valor 0. Por el contrario, el intervalo entre los tratamientos de control y concentración baja incluye el valor cero por lo que, no existe diferencia estadísticamente significativa entre estos grupos.



**Figura 4**

**Intervalos de Confianza Simultáneos al 95% de Tukey para las Diferencias de Medias entre Tratamientos**

## CAPÍTULO V: Conclusiones, Discusión y Recomendaciones

### 5.1. Discusión

Los resultados del crecimiento del forraje son consistentes con otros estudios, los cuales han demostrado la eficacia de los bioestimulantes en promover el crecimiento de las plantas. Tal es el caso del estudio en donde se utilizó *Trichoderma harzianum* en cultivos de tomate, aquí se encontró que este hongo promovió el crecimiento de estas plantas al aumentar su altura en comparación con aquellas plantas que se utilizaron como control (Mollá Hernández et al., 2024). Además, se sabe que *Trichoderma harzianum* tiene la capacidad de liberar péptidos, auxinas y otros tipos de metabolitos que promueven la absorción de nutrientes y podría ayudar en el crecimiento y rendimiento de las plantas (López Bucio, Pelagio Flores y Herrera Estrella, 2015). Por lo que, esto podría haber sido un factor en los resultados del presente estudio en donde se evidencio un efecto positivo en las dos concentraciones del bioestimulante, esto apoya la hipótesis de que la aplicación del bioestimulante a base de *Trichoderma harzianum* promueve e incrementa el desarrollo de forrajes.

Sin embargo, no se observó diferencia significativa entre las concentraciones de bioestimulante, lo que indica que una dosis baja del bioestimulante podría ser suficiente para obtener el beneficio máximo en términos de crecimiento. Esto concuerda con estudios en los que se menciona que los efectos de los bioestimulantes no siempre son proporcionales a la dosis aplicada y existe la posibilidad de que la respuesta pueda saturarse con dosis altas. Este efecto sucede en varios cultivos en donde se puede explicar que el aumento en las

concentraciones de bioestimulantes no siempre activa mecanismos adicionales en las plantas y puede provocar efectos no deseados en las mismas. Un estudio reciente en donde se utilizaron bioestimulantes y biorreguladoras en el crecimiento de arándano biloxi, demostró que dosis elevadas de bioestimulantes y biorreguladoras provocaron efectos negativos en la planta como fitotoxicidad, lo que limitó el crecimiento y rendimiento de esta (García Vázquez, Calderón Zavala & Arévalo Galarza, 2023).

También se presentan los resultados de la dimensión de la radícula los cuales fueron obtenidos mediante el análisis de Tukey con un nivel de confianza del 95%, estos revelan diferencias significativas entre los tratamientos. Como se mencionó anteriormente, el tratamiento con el bioestimulante en concentraciones altas tiene un efecto significativamente mayor en el crecimiento de las raíces de achicoria en comparación con el tratamiento en concentraciones bajas y el control. Esta diferencia coincide con lo que se ha reportado en otros estudios sobre el efecto de la aplicación de especies de *Trichoderma* en raíces, en donde se demostró que tratamientos con cantidades mayores de *Trichoderma* en el cultivo de chile son más efectivos en comparación con tratamientos en donde se aplicó cantidades menores (Brenes Madriz, 2019). Además, la inoculación de plantas con este hongo da como resultado una mayor cantidad de raíces secundarias al igual que raíces más robustas y profundas (Olowe et al., 2022).

Por otro lado, no hubo diferencias significativas entre la aplicación del bioestimulante a concentraciones bajas y el control. Esto sugiere que a niveles más bajos de concentración el tratamiento no es lo suficientemente potente para

producir cambios significativos en las raíces de las plantas de achicoria. Estudios han señalado que, en muchos casos, es necesario superar un umbral mínimo en la concentración de nutrientes o estimulantes para que estos tengan un efecto positivo en las plantas en cuanto a su crecimiento y metabolismo. Este umbral también depende de las condiciones ambientales y los tipos de nutrientes necesarios para cada planta (Hauer Jákli & Tränkner, 2019). Es por ello, que este umbral mínimo podría estar entre la concentración de bioestimulante baja y alta, ya que en esta última es en donde se evidencia un cambio significativo.

En cuanto al tiempo de recuperación del forraje, los resultados obtenidos demostraron que los tratamientos tienen un impacto considerable en el mismo. Esta diferencia es notoria en el tratamiento en donde se aplicó el bioestimulante en concentración alta, ya que este tuvo un tiempo de recuperación de 20 días. Estas diferencias fueron confirmadas gracias al análisis de Tukey en donde se demostró que los tratamientos con las concentraciones alta y baja no son significativamente diferentes entre sí, pero sí lo son en comparación con el control. Evidencia científica ha demostrado la importancia de las concentraciones adecuadas de nutrientes y estimulantes en la recuperación del forraje. Un ejemplo, son los estudios realizados por Ihtisham et al. (2020)., donde se menciona que las aplicaciones de estimulantes o nutrientes pueden tener un impacto positivo en el tiempo de recuperación de forrajes como el pasto, favoreciendo a una mayor tasa de crecimiento después del corte. Además, se ha mencionado que los hongos del género *Trichoderma* favorecen a las plantas en la toma y disponibilidad de nutrientes, lo que podría favorecer en el desarrollo de los forrajes (Mesa Vanegas,

Marín & Calle Osorno, 2019). Esto va de la mano con los resultados de esta investigación en donde el tratamiento con mayor concentración de bioestimulante redujo los días de recuperación de forraje.

## 5.2. Conclusiones

Gracias a esta investigación se pudo determinar que:

1. El hongo *Trichoderma harzianum* como bioestimulante es efectivo en promover el crecimiento y desarrollo de la planta achicoria.
2. Los distintos tratamientos aplicados en este estudio no solo mejoraron el crecimiento de la planta y el crecimiento radicular si no también aceleraron el tiempo de recuperación tras el corte.
3. Los análisis estadísticos confirmaron que las diferencias observadas entre los dos tratamientos con *Trichoderma* y el control eran estadísticamente significativos, dando como resultado la efectividad de este hongo en la promoción del crecimiento.
4. La dosis alta del bioestimulante presenta ventajas significativas en la longitud de raíces y el tiempo de recuperación, sin embargo, no existe diferencia significativa en el crecimiento de las plantas entre la dosis alta y baja.
5. En términos de longitud de raíces y tiempo de recuperación la concentración baja no se diferencia significativamente del control, sugiriendo un umbral mínimo de bioestimulante.
6. Se podrá reducir el consumo y o dependencia de insumos químicos, promoviendo así un enfoque más sostenible y a la vez mejorando la

productividad de los cultivos, evitando posibles pérdidas para los agricultores.

7. El uso de *Trichoderma harzianum* como bioestimulante es una alternativa sostenible en la agricultura.

### **5.3. Recomendaciones**

La presente investigación destaca los beneficios del hongo *Trichoderma harzianum* en el crecimiento y desarrollo de las plantas, sin embargo, es necesario tomar en cuenta algunos factores para garantizar que estas prácticas sean seguras y efectivas a largo plazo.

Se recomienda realizar estudios similares en otras especies de plantas o de interés agrícola, de esta manera se podrá evaluar de una mejor manera el efecto de este hongo y observar si el efecto positivo causado en la planta achicoria es el mismo en otras especies de plantas.

Es importante realizar un estudio de suelo y determinar si el bioestimulante tuvo efectos en el mismo. De esta manera se podrá determinar los beneficios o limitaciones que tiene este hongo y así asegurar una aplicación adecuada y segura.

También se recomienda realizar otros estudios que incluyan concentraciones intermedias de bioestimulante y combinaciones con otros agentes o nutrientes para así poder determinar una dosis óptima que ayude a maximizar el crecimiento de los cultivos sin incurrir en efectos de saturación o costos innecesarios. A la vez, se recomienda tener un número mayor de parcelas y objetos de estudio para obtener una mayor precisión estadística al momento del análisis.

Por último, aunque gracias a la literatura citada se sabe que *Trichoderma* es un hongo beneficioso y seguro, es importante realizar estudios para destacar efectos negativos que pudieran manifestarse a lo largo del desarrollo vegetal o en la biodiversidad del suelo, sobre todo en aplicaciones intensivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acurio Vásconez, R. D., & España Imbaquingo, C. K. (2017). Aislamiento, caracterización y evaluación de *Trichoderma* spp. como promotor de crecimiento vegetal en pasturas de raygrass (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 25(1), 53-61.
- Agearth Ecuador. (2020). *Ficha Técnica BIOTRICH*. Obtenido de <https://www.agearthecuador.org/wp2020/wp-content/uploads/2020/11/Ficha-Tecnica-BIOTRICH.pdf>
- Alava Mora, J.P. (2021). *Análisis del impacto ambiental de los productos químicos utilizados en la agricultura del Ecuador* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021).
- Álvarez-Vázquez, P., Rojas-García, A. R., Joaquin-Cancino, S., Velázquez-Martínez, M., Rodríguez-Ortega, L. T., & Hernández-Guzmán, F. J. (2022). Producción de forraje y semilla de ocho pastos al establecimiento en Tulancingo, Hidalgo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(6), 1041-1053.
- AME. (2010). Cantón Chambo. *AME*. Obtenido de <https://ame.gob.ec/2010/05/20/canton-chambo/>
- Angamarca García, N. M. (2020). *Evaluación de zeolitas naturales en un cultivo asociado de Ray grass (*Lolium perenne*) y Trébol blanco (*Trifolium repens*)* (Bachelor's thesis).

- Arozamena, A. N. (2024). Caracterización agronómica de germoplasma de trébol blanco (*Trifolium repens* L.).
- Brenes-Madriz, Jaime, Zúñiga-Vega, Claudia, Villalobos-Araya, Marvin, Zúñiga-Poveda, Cristian, & Rivera-Méndez, William. (2019). Efectos de *Trichoderma Asperellum* en la estimulación del crecimiento en chile dulce (*Capsicum annum*) variedad Nathalie en ambientes protegidos. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(3), 79-86. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v32i2.4481>
- Cuesta Onofre, J. J. (2023). Problemas del suelo por el uso excesivo de productos químicos en la agricultura del Ecuador (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023).
- Cumbagin Torres, A. J., & Flores Morales, C. A. (2020). *Evaluación de sustratos orgánicos destinados a la propagación de Trichoderma harzianum como biocontrolador para fincas agroecológicas de la ASOCAMCAY, al norte de la provincia de Pichincha-Ecuador* (Bachelor's thesis).
- Drippro. (2024). Cultivo e irrigación de achicoria: una guía completa. *Drippro*.  
Obtenido de <https://drippro.com/es/academy/p/27>
- García Vázquez, I., Calderón Zavala, G. & Arévalo Galarza, M. (2023). Biorreguladores y bioestimulantes en el desarrollo, crecimiento y rendimiento de fruto de arándanos biloxi. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 46 (4).  
Obtenido de <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/46-4/6a.pdf>
- González Reyes, F. J. (2023). *Manejo agronómico de girasol como fuente de forraje* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Chapingo).

- González-León, Y., Ortega-Bernal, J., Anducho-Reyes, M. A., & Mercado-Flores, Y. (2023). *Bacillus subtilis* y *Trichoderma*: Características generales y su aplicación en la agricultura. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 25(1), 1-14.
- González, K. (02 de octubre de 2020). Ficha Técnica del Pasto Ray Grass Inglés (*Lolium perenne*). *Info Pastos y Forrajes*. Obtenido de [https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo-de-clima-frio/pasto-ray-grass-ingles-lolium-perenne/#Potencial\\_de\\_Produccion\\_Pasto\\_Ray\\_Grass\\_Ingles](https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo-de-clima-frio/pasto-ray-grass-ingles-lolium-perenne/#Potencial_de_Produccion_Pasto_Ray_Grass_Ingles)
- Guevara Villalta, T. M. (2024). Evaluación de los efectos de la aplicación in vitro de bioestimulantes a base de *Trichoderma* spp. para potenciar la germinación y crecimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Obtenido de <https://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/7409/GUEVARA%20VILLALTA%20TABATA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gupta, N. (2020). *Trichoderma* as Biostimulant: Factors Responsible for Plant Growth Promotion. In: Manoharachary, C., Singh, H.B., Varma, A. (eds) *Trichoderma: Agricultural Applications and Beyond*. Soil Biology, vol 61. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54758-5\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54758-5_13)
- Hauer Jákli, M. & Tränkner, M. (17 de junio de 2019). Critical Leaf Magnesium Thresholds and the Impact of Magnesium on Plant Growth and Photo-Oxidative Defense: A Systematic Review and Meta-Analysis From 70 Years of Research. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2019.00766/full>

- Hernández-Melchor, Dulce Jazmín, Ferrera-Cerrato, Ronald, & Alarcón, Alejandro. (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. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>
- Herrera, C. (2019). Azul orchoro – *Dactylis glomerata* L. *Forestal Mederero*.  
Obtenido de <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/azul-orchoro-dactylis-glomerata-l.html>
- Herrera, R. S. (2020). Relación entre los elementos climáticos y el comportamiento de los pastos y forrajes en Cuba. *AIA avances en investigación agropecuaria*, 24(2), 23-38.
- Ihtisham, M., Liu, S. , Shahid, M.O., Khan, N. , Lv, B. , Sarraf, M. , Ali, S. , Chen, L. , Liu, Y. , Chen, Q. (9 de diciembre de 2020). La fertilización optimizada de N, P y K para el rendimiento del césped integrado de Bermudagrass durante el establecimiento y su importancia para la gestión sostenible de los espacios verdes urbanos. *Sostenibilidad*, 12, 10294. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/su122410294>
- iNaturalist Ecuador. (s.f.). *Cichorium intybus*. iNaturalist Ecuador. Obtenido de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/52913-Cichorium-intybus>
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2021). Uso de bioestimulantes en el cultivo del garbanzo. *Cultivos Tropicales*, 42(4).

- Martínez Vilorio, F. (04 de marzo de 2020). Ficha Técnica de Pasto Azul Orchoro (*Dactylis glomerata*). *Info Pastos y Forrajes*. Obtenido de <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo-de-clima-frio/ficha-tecnica-de-pasto-azul-orchoro-dactylis-glomerata/>
- Mesa Vanegas, A. M., Marín, A. & Calle Osorno, J. (2019). Metabolitos secundarios en *Trichoderma* spp. y sus aplicaciones biotecnológicas agrícolas. Antioquia. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/341271>
- Mollá Hernández, Ó., Urbaneja, A., Granero-García, B., Ortells-Fabra, R., & Pérez-Hedo, M. (2024). Uso combinado de *Trichoderma harzianum* y *Nesidiocoris tenuis* en el cultivo de tomate. *Llibre d'actes del II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*.
- Murillo Cuevas, F. D., Cabrera Mireles, H., Adame García, J., Vásquez Hernández, A., Martínez García, A. D. J., & Moctezuma, R. L. (2021). Bioestimulantes en la calidad de frutos de chile habanero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(8), 1473-1481.
- Olowe, O; Nicola, L; Dare, M; Olalekan, A; Oluranti, O. (Abril 2022). *Trichoderma*: Potential bio-resource for the management of tomato root rot diseases in Africa. *Microbiological Research* 257:126978.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.126978>
- Panadero, A. N., Larrota, J. D. H., & Mosquera, J. C. V. (2021). Producción y calidad de forraje de *Sambucus nigra* en cercas vivas, trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 523-537.

- Pani, S., Kumar, A., & Sharma, A. (2021). *Trichoderma harzianum*: An overview. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Science*, 10(6), 32-39.
- Pastor Esteche, E. (2023). *Mecanismos de acción de Trichoderma harzianum para el biocontrol de Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Perović, J., Šaponjac, V. T., Kojić, J., Krulj, J., Moreno, D. A., García-Viguera, C., ... & Ilić, N. (2021). Chicory (*Cichorium intybus* L.) as a food ingredient— Nutritional composition, bioactivity, safety, and health claims: A review. *Food chemistry*, 336, 127676.
- Perrusquía Tejeida, V. M. (2021). *Determinación de la producción de gas in vitro y valor nutricional de forrajes y suplementos para ovinos y caprinos* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Ríos Cando, L. R. (2022). El ensilaje y henolaje como estrategia de conservación de forraje para la alimentación bovina en época de sequía o presencia de ceniza volcánica. *Escuela superior politécnica de chimborazo*. Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16281/1/17T01696.pdf>
- Rivera Vásquez, J. I. (2020). La malnutrición infantil en Chimborazo: una mirada multidimensional.
- Rodríguez García, D. & Vargas Rojas, J. (2022). Efecto de la inoculación con *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetativo del tomate (*Solanum*

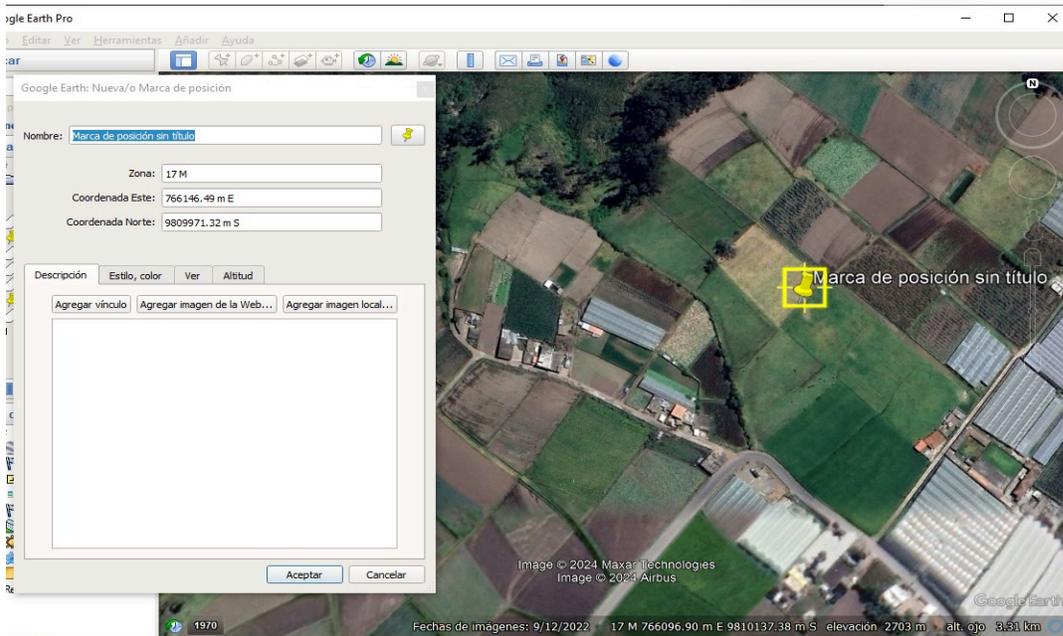
- lycopersicum*). *Agronomía Costarricense*, 46(2), 47-60. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.15517/rac.v46i2.52045>
- Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. (2019). La contaminación del suelo: una realidad oculta. *Roma*, FAO.
- Shutterstock (20 de noviembre de 2020). *Trichoderma harzianum* en placa agar PDA. *Shutterstock*. Obtenido de <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/trichoderma-harzianum-pda-agar-plate-341844638>
- Sible, C. N., Seebauer, J. R., & Below, F. E. (2021). Plant Biostimulants: A Categorical Review, Their Implications for Row Crop Production, and Relation to Soil Health Indicators. *Agronomy*, 11(7), 1297. <https://doi.org/10.3390/agronomy1107129>
- Xiao Z, Zhao Q, Li W, Gao L and Liu G and (2023) Strain improvement of *Trichoderma harzianum* for enhanced biocontrol capacity: Strategies and prospects. *Front. Microbiol.* 14:1146210. doi: 10.3389/fmicb.2023.1146210
- Yáñez-Yáñez, Wilfrido, Núñez-Torres, Oscar Patricio, Rivera-Guerra, Verónica Elizabeth, López-Villacís, Isabel Cristina, & Velástegui-Espín, Giovanni Patricio. (2017). Niveles de nitrógeno en suelos del cantón Chambo, provincia de Chimborazo. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(2), 152-159. Recuperado en 03 de septiembre de 2024, de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2308-38592017000200010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592017000200010&lng=es&tlng=es).
- Yepes Piqueras. (27 de abril de 2019). Diseño completamente al azar y ANOVA. *Universitat Politècnica de Valencia*. Obtenido de

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/04/27/disenio-completamente-al-azar-y-anova/>

# ANEXOS

## Anexo 1

### Coordenadas de la ubicación de la Hacienda "Los Titos".



## Anexo 2

### Tamaño de la muestra ANOVA

Potencia y tama... ▾ ×

Hoja de trabajo 1

Potencia y tamaño de la muestra

ANOVA de un solo factor

$\alpha = 0.05$  Desviación estándar asumida = 0.8

Factores: 1 Número de niveles: 3

#### Resultados

Diferencia máxima	Tamaño de la muestra	Potencia objetivo	Potencia real
2	5	0.8	0.883287

El tamaño de la muestra es para cada nivel.

### Anexo 3

#### *Distribución de parcelas para el estudio.*



#### **Anexo 4**

***Preparación de bioestimulante para su aplicación.***



#### **Anexo 5**

**Aplicación de bioestimulante en las parcelas.**



## Anexo 6

### Medición de la altura de plantas de Achicoria.



## Anexo 7

### Obtención de raíces de Achicoria.



## Anexo 8

### Datos crecimiento de las plantas de Achicoria a los 30 días.

Días	Tratamiento	Repetición	Altura plantas (cm)					Medias
			Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5	
30	T0 (Control)	1	13,6	15,8	19,3	17,4	14,6	16,14
		2	10	19,3	14,7	22,5	13,4	15,98
		3	12,6	11,5	15,4	13,5	13,7	13,34
	T1 (Concentración baja)	1	17,8	17,9	18,4	19,2	18,5	18,36
		2	18,4	17,9	21,4	26,7	20,6	21
		3	22,3	21,9	21,5	19,7	20,4	21,16
	T1 (Concentración alta)	1	23,7	19,6	25,6	25,9	24,6	23,88
		2	27,6	19,4	28,7	29,4	28,6	26,74
		3	23,6	24,6	21,6	21,9	22,3	22,8

## Anexo 9

### Tamaño de raíces a los 30 días.

Días	Tratamiento	Repetición	Tamaño raíces (cm)					Promedio
			Planta 1	Planta 2	Planta 3	Planta 4	Planta 5	
30	T0 (Control)	1	5,8	3,2	6,2	5,5	5,6	5,26
		2	6,4	5,4	7,2	6,8	6,4	6,44
		3	5,4	4,7	4,3	6,3	3,9	4,92
	T1 (Concentración baja)	1	8,9	7,5	8,8	7,2	7,9	8,06
		2	8,8	5,4	9,8	8,5	6,8	7,86
		3	7,7	6,6	6,9	7,4	8,4	7,40
	T1 (Concentración alta)	1	13,5	15,6	17,6	12,4	15,5	14,92
		2	13,6	13,8	15,2	15,6	18,7	15,38
		3	19,9	17,8	14,4	14,8	14,6	16,30

## Anexo 10

### Tiempo de recuperación del forraje.

Tratamiento	Replicas	Altura de corte (cm)	Fecha de corte	Fecha de recuperación	Días hasta la recuperación
T0 (Control)	1	4	1 de julio 2024	31 de julio 2024	30
	2	4	1 de julio 2024	30 de julio 2024	29
	3	4	1 de julio 2024	02 de agosto 2024	32
T1 (Concentración baja)	1	4	1 de julio 2024	27 de julio 2024	26
	2	4	1 de julio 2024	25 de julio 2024	24
	3	4	1 de julio 2024	29 de julio 2024	28
T2 (Concentración alta)	1	4	1 de julio 2024	21 de julio 2024	20
	2	4	1 de julio 2024	23 de julio 2024	22
	3	4	1 de julio 2024	19 de julio 2024	18