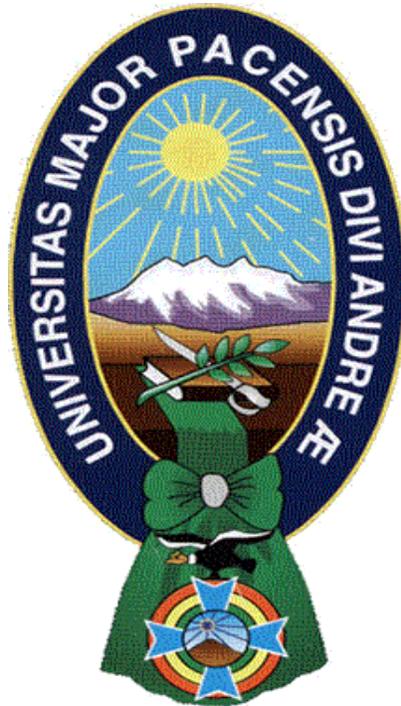


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ÁNDRES
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE (*Trichoderma harzianum*) Y DOSIS DE HUMUS DE LOMBRIZ EN EL CULTIVO DE TOMATE CHERRY (*Lycopersicon sculentum* Miller) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA.

REMBERTO IVAN MAMANI CALANI

LA PAZ – BOLIVIA

2022

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE (*Trichoderma harzianum*) Y DOSIS DE HUMUS DE LOMBRIZ EN EL CULTIVO DE TOMATE CHERRY (*Lycopersicon sculentum* Miller) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL PATACAMAYA.

Tesis de Grado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo

REMBERTO IVAN MAMANI CALANI

ASESORES:

Ing. M Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta

Ing. M Sc. Marco Antonio Patiño Fernández

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. William Alex Murillo Oporto

Ing. Esther Tinco Mamani

Ing. Freddy Carlos Mena Herrera

APROBADA

Presidente comité examinador

LA PAZ – BOLIVIA

2022

DEDICATORIA

Con todo cariño y agradecimiento a mis queridos padres:

Sr. Remberto Vicente Mamani Lojides y Sra. Julia Juana Calani

Kesso, por su apoyo sacrificado, incansable e incondicional

para mi formación personal y profesional.

Siendo ellos la razón y esfuerzo de superación ¡Gracias!

AGRADECIMIENTO

Expreso mis más sinceros agradecimientos:

A Dios quien me ha guiado y me ha dado fortaleza y el valor para seguir adelante.

A la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía Carrera Ingeniería Agronómica por haberme formado para mi vida profesional y a todo el plantel de docentes, de quienes llegue a obtener los conocimientos y experiencias durante el tiempo de mi formación, necesarios para encarar la presente investigación.

A la Estación Experimental Patacamaya, por abrirme sus puertas para realizar mi trabajo de Tesis, de donde me llevo los más gratos recuerdos de todos quienes que componen esta Estación.

Y de corazón a mis asesores:

M. Sc. Ingeniero Medardo Wilfredo Blanco Villacorta e M. Sc. Ingeniero Marco Antonio Patiño Fernández por las observaciones, sugerencias, apoyo, orientación y por todo el tiempo dedicado durante la revisión del documento.

Al tribunal examinador conformado por:

El Ingeniero William Alex Murillo Oporto, la Ingeniera Esther Tinco Mamani e Ingeniero Freddy Carlos Mena Herrera por las observaciones, sugerencias y enriquecimiento del presente trabajo.

Finalmente, a todos mis queridos amigos (as) de la Universidad por el aliento y apoyo incondicional en cada momento y nunca dejarme en los momentos que más los necesite, desde el fondo de mi corazón agradezco a cada uno de ustedes por el enorme cariño que me brindaron durante estos años y durante la investigación de campo hasta la culminación del presente trabajo.

A todos ellos ¡MUCHAS GRACIAS!

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xv

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Cultivo de tomate.....	4
3.1.1. Origen del tomate.....	4
3.1.2. Características botánicas.....	5
3.1.2.1. Clasificación taxonómica.....	5
3.1.2.2. Morfología.....	5
3.1.2.3. Fisiología.....	7
3.1.3. Uso y valor nutritivo del tomate.....	8

3.1.4. Agroecología del cultivo	9
3.1.4.1. Temperatura	10
3.1.4.2. Humedad relativa	11
3.1.4.3. Luminosidad	12
3.1.4.4. Requerimiento hídrico y calidad de agua de riego	13
3.1.4.5. Suelo	14
3.1.5. Fenología del cultivo	15
3.1.5.1. Fase vegetativa	16
3.1.5.2. Fase reproductiva.....	16
3.1.6. Manejo del cultivo	17
3.1.6.1. Germinadero o almacigo	17
3.1.6.2. Siembra directa a campo.....	18
3.1.6.3. Trasplante	18
3.1.6.4. Aporque.....	18
3.1.6.5. En tutorado	18
3.1.6.6. Poda de formación	19
3.1.6.7. Deshojado	19
3.1.6.8. Destallado	19
3.1.6.9. Control de malezas.....	20
3.1.6.10. Riego.....	20

3.1.6.11. Cosecha	20
3.1.7. Plagas y enfermedades	21
3.1.7.1. Plagas del tomate	21
3.1.7.2. Enfermedades del Tomate cherry	21
3.1.8. Ritmo de crecimiento	22
3.1.8.1. Crecimiento indeterminado	22
3.1.9. Nutrición.....	23
3.1.9.1. Requerimientos nutricionales	25
3.1.10. Importancia de los nutrientes en la producción	26
3.2. Microorganismos eficientes (EM).....	30
3.2.1. Grupos microbianos que componen los EM	31
3.2.2. Bacterias ácido lácticas (BAL).....	31
3.2.3. Bacterias fotosintéticas	31
3.2.4. Levaduras	32
3.2.5. Actinomicetes.....	33
3.2.6. Hongos fermentadores.....	33
3.3. <i>Trichoderma harzianum</i>	35
3.3.1. Características generales de <i>Trichoderma spp.</i>	35
3.3.2. Clasificación taxonómica.....	37
3.3.3. Ecología.....	37

3.3.4. Reproducción.....	38
3.3.5. Fisiología	39
3.3.6. Capacidad antagonista y estimuladora	39
3.3.7. Competencia.....	40
3.4. Principales mecanismos de acción de <i>T. harzianum</i>	41
3.4.1. Mecanismos directos	41
3.4.1.1. Mico parasitismo.....	41
3.4.1.2. Antibiosis	42
3.4.1.3. Competencia por espacios y nutrientes	43
3.4.2. Mecanismos indirectos.....	43
3.4.2.1. Desactivación de las enzimas de patógenos y estimulación del crecimiento vegetal	43
3.4.2.2. Inducción a la resistencia	45
3.5. Lombricultura.....	45
3.5.1. Lombricultura en Bolivia.....	46
3.5.2. Lombriz californiana	46
3.5.3. Clasificación taxonómica de la lombriz.....	47
3.5.4. Humus de lombriz o vermicomposta	47
3.5.5. Propiedades del humus de lombriz	48
3.5.5.1. Propiedades químicas	48

3.5.5.2. Propiedades físicas	48
3.5.5.3. Propiedades biológicas.....	49
3.5.5.4. Propiedades nutricionales	49
3.5.6. Características del humus de lombriz	50
3.5.6.1. Composición y calidad del humus de lombriz	51
3.5.6.2. Parámetros de calidad del humus de lombriz	52
3.5.7. Aplicación del humus de lombriz.....	52
3.5.8. Beneficios del humus de lombriz.....	54
4. LOCALIZACIÓN.....	55
4.1. Ubicación geográfica	56
4.2. Descripción del área de estudio.....	57
5. MATERIALES Y MÉTODOS	58
5.1. Materiales.....	58
5.1.1. Material biológico	58
5.1.2. Material orgánico	58
5.1.3. Material de campo	58
5.1.3. Material de gabinete.....	59
5.2. Metodología.....	59
5.2.1. Descripción del ambiente de estudio.....	59
5.2.2. Trabajos preliminares.....	59

5.2.3. Trabajo de campo	60
5.2.4. Toma de datos	65
5.2.4.1. Registro de temperatura	65
5.2.5. Diseño experimental	66
5.2.5.1. Tipo de muestreo.....	66
5.2.5.2. Modelo lineal aditivo	66
5.2.5.3. Factores de estudio	67
5.2.5.4. Tratamientos	68
5.2.5.4. Características del campo experimental	68
5.2.5.5. Croquis del experimento.....	69
5.2.5.6. Variables de respuesta	70
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	75
6.1. Condiciones de temperatura en el ambiente atemperado.....	75
6.1.1. Temperatura Promedio mensual (°C).....	75
6.2. Características físicas y químicas del suelo	76
6.3. Características físicas y químicas de humus de lombriz	79
6.4. Variables agronómicas	81
6.4.1. Altura de planta	81
6.4.2. Diámetro de tallo	86
6.4.3. Diámetro de fruto	93

6.4.4. Número de frutos por planta.....	97
6.4.5. Peso de fruto (gr/pl)	102
6.5. Variables fenológicas	107
6.5.1. Días a la floración	107
6.5.2. Días a la cosecha	111
6.6. Variables de rendimiento	118
6.6.1. Rendimiento por planta	118
6.6.2. Rendimiento kilogramo por m ²	124
6.7. Variables económicas	130
6.7.1. Evaluación económica	130
6.7.2. Beneficio bruto	130
6.7.3. Costos variables	131
6.7.4. Beneficio neto	133
6.7.5. Relación beneficio – costo	133
7. CONCLUSIONES.....	135
8. RECOMENDACIONES.....	137
9. BIBLIOGRAFÍA.....	138
10. ANEXOS.....	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características botánicas.....	5
Tabla 2. Valor nutricional del tomate (por 100 g).....	9
Tabla 3. Temperaturas Críticas del Tomate.....	11
Tabla 4. Relación de nutrientes y su efecto sobre el cultivo de tomate.....	24
Tabla 5. Antagonismos comunes que se presentan por exceso de algunos nutrientes	25
Tabla 6. Especies del género <i>Trichoderma</i> empleadas en el control biológico de hongos y bacterias Fito patógenas en diferentes cultivos.....	36
Tabla 7. Clasificación taxonómica de <i>Trichoderma harzianum</i>	37
Tabla 8. Clasificación taxonómica de la lombriz (<i>Eisenia foétida</i>).....	47
Tabla 9. Análisis químico del humus de lombriz.....	50
Tabla 10. Dosis de aplicación del humus en cultivos.....	53
Tabla 11. Detalle de la frecuencia de riego.....	63
Tabla 12. Factores en estudio.....	67
Tabla 13. Descripción de los tratamientos.....	68
Tabla 14. Características del campo experimental.....	69
Tabla 15. Análisis físico – químico del suelo.....	77
Tabla 16. Análisis físico químico del humus.....	79
Tabla 17. Análisis de varianza para altura de planta a los 90 días después del trasplante.....	81

Tabla 18. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> en la altura de planta de tomate cherry.....	82
Tabla 19. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en la altura de planta de tomate cherry.....	83
Tabla 20. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en la altura de planta tomate cherry.	84
Tabla 21. Análisis de Varianza del diámetro del tallo a los 90 días después del trasplante.	87
Tabla 22. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> en el diámetro de tallo de tomate cherry.....	88
Tabla 23. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en el diámetro de tallo de tomate cherry.	89
Tabla 24. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en el diámetro de tallo de planta tomate cherry.	90
Tabla 25. Análisis de Varianza para la variable diámetro de fruto.	93
Tabla 26. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> en el diámetro de fruto de tomate cherry.	94
Tabla 27. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en el diámetro de fruto de tomate cherry.	95
Tabla 28. Análisis de Varianza para la variable número de frutos por planta	97

Tabla 29. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> en número de frutos por planta de tomate cherry.	98
Tabla 30. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en número de frutos por planta de tomate cherry.	99
Tabla 31. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en el número de frutos por planta de tomate cherry.	100
Tabla 32. Análisis de Varianza para la variable peso de fruto por planta.	103
Tabla 33. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> en peso de fruto de tomate cherry.	104
Tabla 34. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en peso de fruto de tomate cherry.	104
Tabla 35. Análisis de Varianza para la variable días a la floración.....	107
Tabla 36. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> en los días a la floración de tomate cherry.	108
Tabla 37. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en días a la floración de tomate cherry.	109
Tabla 38. Análisis de Varianza para la variable días a la cosecha.....	112
Tabla 39. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> en los días a la cosecha de tomate cherry.....	113
Tabla 40. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en días a la cosecha de tomate cherry.	114

Tabla 41. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en días a la cosecha de tomate cherry.	115
Tabla 42. Análisis de Varianza para la variable rendimiento por planta	118
Tabla 43. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> en rendimiento por planta de tomate cherry.	119
Tabla 44. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en rendimiento por planta de tomate cherry.....	120
Tabla 45. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en rendimiento por planta de tomate cherry.	121
Tabla 46. Análisis de Varianza para la variable rendimiento kilogramos por m ²	124
Tabla 47. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de <i>Trichoderma harzianum</i> en rendimiento kilogramo por m ² de tomate cherry.....	125
Tabla 48. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en rendimiento kilogramo por m ² de tomate cherry.	126
Tabla 49. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en rendimiento kilogramo por m ² de tomate cherry.....	127
Tabla 50. Beneficio Bruto.	131
Tabla 51. Costos variables por m ²	132
Tabla 52. Beneficios netos por m ²	133
Tabla 53. Beneficio/costo.	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la planta de tomate cherry.....	7
Figura 2. Fases fenológicas de un cultivo de tomate cherry.....	17
Figura 3. Clasificación del tomate según habito de crecimiento: Indeterminado.....	23
Figura 4. Dinámica de absorción de macro y nutrientes secundarios por la planta de tomate.....	26
Figura 5. Imagen satelital de la E.E.P.	55
Figura 6. Exterior del invernadero	55
Figura 7. Mapa político de la Provincia de Aroma del Departamento de La Paz.	56
Figura 8. Croquis del proyecto de investigación	70
Figura 9. Temperaturas del ambiente atemperado durante la evaluación	75
Figura 10. Alturas de plantas de tomate cherry a los 90 días después del trasplante..	85
Figura 11. Diámetros de tallos de plantas de tomate cherry a los 90 días después del trasplante.....	91
Figura 12. Diámetros de frutos de plantas de tomate cherry.	95
Figura 13. Número de frutos por planta de tomate cherry.	101
Figura 14. Promedio de peso de fruto de tomate cherry.....	105
Figura 15. Promedio de los días a la floración de tomate cherry.	110
Figura 16. Promedio de los días a la cosecha de tomate cherry.	116
Figura 17. Promedio de rendimiento por planta de tomate cherry.	122

Figura 18. Promedio de rendimiento kilogramo por m² de tomate cherry. 128

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis físico – químico del suelo. 150

Anexo 2. Resultados de análisis físico – químico del humus de lombriz. 151

Anexo 3. Fotografías durante la Investigación de campo 152

RESUMEN

La presente investigación se realizó en los predios de la Estación Experimental Patacamaya que está situada en la Provincia Aroma del departamento de La Paz (Altiplano Central de Bolivia). Sus coordenadas geográficas son 17°15'32'' de Latitud Sur, y 67°56'29'' de Longitud Oeste, a una altitud de 2785 m.s.n.m. A una distancia de 101 km la ciudad de La Paz.

El objetivo del presente fue evaluar el efecto de la aplicación de (*Trichoderma harzianum*) y dosis de humus de lombriz en el cultivo de Tomate Cherry (*Lycopersicon esculentum* Miller) en la Estación Experimental Patacamaya. Se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial de 2*3 con seis tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: T0 = sin aplicación de *Trichoderma h.* y 0 kg/m² de humus de lombriz (Testigo), T1 = sin aplicación de *Trichoderma h.* y 1 kg/m² de humus de lombriz, T2 = sin aplicación de *Trichoderma h.* y 2 kg/m² de humus de lombriz, T3 = con aplicación de *Trichoderma h.* y 0 kg/m² de humus de lombriz, T4 = con aplicación de *Trichoderma h.* y 1 kg/m² de humus de lombriz, T5 = con aplicación de *Trichoderma h.* y 2 kg/m² de humus de lombriz.

Los resultados que se obtuvieron durante el estudio de campo, demuestran que las plantas de los tratamientos T3, T4 y T5, con aplicación de *Trichoderma harzianum*, respondieron de una manera más eficiente a sus variables de respuesta evaluadas como ser: Agronómicas, fenológicas, rendimiento y análisis económico. Observando así que la interacción frecuencia de *Trichoderma harzianum* – dosis de humus de lombriz, tuvieron mejores resultados en la producción del fruto, generando un mejoramiento en el rendimiento y económico de este cultivo.

ABSTRACT

This research was carried out on the grounds of the Patacamaya Experimental Station, which is located in the Aroma Province of the department of La Paz (Central Highlands of Bolivia). Its geographical coordinates are 17°15'32'' South Latitude, and 67°56'29'' West Longitude, at an altitude of 2785 m.s.n.m. At a distance of 101 km the city of La Paz.

The objective of the present was to evaluate the effect of the application of (*Trichoderma harzianum*) and doses of worm humus in the Cherry Tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) crop at the Patacamaya Experimental Station. The was used Completely Random Design (DCA) with a factorial arrangement of 2 * 3 with six treatments and three repetitions. The evaluated treatments were the following: T0 = without application of *Trichoderma h.* and 0 kg / m² of worm humus (Control)., T1 = without application of *Trichoderma h.* and 1 kg / m² of worm humus, T2 = without application of *Trichoderma h.* and 2 kg / m² of worm humus, T3 = with application of *Trichoderma h.* and 0 kg / m² of worm humus, T4 = with application of *Trichoderma h.* and 1 kg / m² of worm humus, T5 = with application of *Trichoderma h.* and 2 kg / m² of worm humus.

The results obtained during the field study show that the plants of treatments T3, T4 and T5, with the application of *Trichoderma harzianum*, responded in a more efficient way to their evaluated response variables such as: Agronomic, phenological, yield and economic analysis. Thus, observing that the frequency interaction of *Trichoderma harzianum* - dose of worm humus, had better results in the production of the fruit, generating an improvement in the yield and economics of this crop.

1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia, el uso indiscriminado de plaguicidas en la agricultura, en el cultivo de tomate cherry, involucra una serie de riesgos de contaminación en los agricultores, en los recursos suelo, agua, micro flora, flora y fauna y de los alimentos destinados al consumo de la población. Existen evidencias sustanciales que han demostrado efectos negativos en la salud humana e impactos nocivos en el medio ambiente (MDRyT, 2017).

En la búsqueda del incremento de la producción y de la calidad del producto se han incorporado diversas tecnologías, una estrategia alternativa que está dando buen resultado para aumentar la productividad de cualquier cultivo es la utilización de microorganismos que además de ser antagonistas de los agentes infecciosos, desplazan a estos de una manera natural (control biológico). Alguna alternativa no química para el control del tomate cherry consistiría en la aplicación de hongos benéficos como *Trichoderma harzianum* un hongo que está presente en casi todos los suelos del mundo. Este se caracteriza por colonizar rápidamente las raíces de las plantas, logrando mecanismos para mejorar el desarrollo radicular de las plantas además de tener efectos antagónicos en patógenos del suelo (Ecoplexity, 2010).

Y el humus de lombriz ya que es un material natural que no es toxico para los humanos, los animales, las plantas o el ambiente. A diferencia de los fertilizantes químicos, puede ser utilizado puro, sin riesgo de afectar a las plantas y el suelo (Blanco, 2019).

Como otras muchas frutas y hortalizas, el tomate cherry llega concretamente de la zona de Perú-Ecuador, utilizándose en principio con fines ornamentales Hortoinfo (2017) hoy en día se cultiva y consume en todo el mundo, tanto fresco como procesado (Azafrán, 2021).

El tomate cherry (*Lycopersicon sculentum* M.) es el producto hortícola de consumo de la población boliviana y es considerado como una actividad productiva y económica de la región de los valles de Bolivia (Cesar, 2017).

La presente investigación se realizó en la localidad de Patacamaya Estación Experimental Patacamaya ubicado en el altiplano central de Bolivia, una región con diferentes manejos de suelos destinados a la producción agrícola en rotación y producción ganadera. Es por ello que la agricultura orgánica viene adquiriendo gran importancia social, por la seguridad que ofrece a la salud humana y medio ambiente. Incrementándose así el conocimiento de la biota del suelo para aplicar, en la descomposición de materia orgánica y abonos orgánicos aplicados de manera foliar y en el suelo, es por eso que en esté presente investigación se evaluó en ambientes atemperados el efecto de *Trichoderma harzianum* como un hongo parasitario benéfico, controlador y destructor de parásitos que causan enfermedades y así como su efecto fisiológico en el desarrollo y producción del cultivo en el tomate cherry. Además, se incorpora también humus de lombriz como abono orgánico, tomando en cuenta que para la producción de hortalizas cada vez se va extendiendo por sus interesantes características físicas, químicas y biológicas para el suelo. Este abono no tiene restricciones para su uso y contribuye a lograr resultados positivos en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz en el cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum* Miller) variedad Cherry en ambientes atemperados en la Estación Experimental Patacamaya.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum* Miller) Variedad Cherry bajo el efecto de *T. Harzianum* y la aplicación de diferentes dosis de humus de lombriz.
- Comparar el rendimiento de tomate (*Lycopersicum sculentum* Miller) bajo el efecto de la aplicación de *T. Harzianum* y Humus de lombriz.
- Determinar la viabilidad económica de cada tratamiento en estudio, a través de un análisis de relación beneficio-costos.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultivo de tomate

3.1.1. Origen del tomate

Lycopersicon sculentum Miller es la planta tomatera originaria de Perú y Ecuador, siendo una baya comestible muy coloreada con fuertes tonos del amarillo al rojo. Su probable ancestro de esta variedad cultivada es la silvestre Cerasiforme (forma de cereza), que crece en forma espontánea en varias regiones tropicales o subtropicales del mundo, sea de forma controlada o accidental (Montes, 2011).

Solo a partir del siglo XIX, adquirió gran importancia económica mundial, hasta llegar a ser junto con la papa, la hortaliza más difundida y predominante del mundo (Jaramillo *et al.*, 2007).

La distribución del tomate cherry como cultivo se extiende a zonas tropicales, sub tropicales, valles templados-fríos, llanos templados, y en climas fríos se puede cultivar en invernáculos al igual que en las cordilleras. No obstante, a ello, en Bolivia el tomate es cultivado con intensidad en los valles mesotérmicos de Santa Cruz, Cochabamba, La Paz y en menor proporción en zonas templadas como Tarija, Chuquisaca y otras regiones (Condori, 2009).

3.1.2. Características botánicas

3.1.2.1. Clasificación taxonómica

Tabla 1. Características botánicas.

TAXONOMÍA	
Dominio	<i>Eukarya</i>
Reino	<i>Plantas</i>
División	<i>Espermatofitas</i>
Clase	<i>Angiospermas</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Género	<i>Lycopersicum</i>
Especie	<i>L. sculentum</i> M.

Fuente: Rojas (2021).

3.1.2.2. Morfología

El tomate cherry es una planta que puede ser perenne o anual de porte arbustivo; se desarrolla de forma rastrera semi erecta o erecta.

Raíz: alcanza una profundidad de hasta 2 m, pivotante con muchas raíces secundarias.

Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, al dañarse la raíz pivotante la planta resulta en un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil (Crespo *et al.*, 2010).

Tallo: ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se desarrollan las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la

parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Crespo *et al.*, 2010).

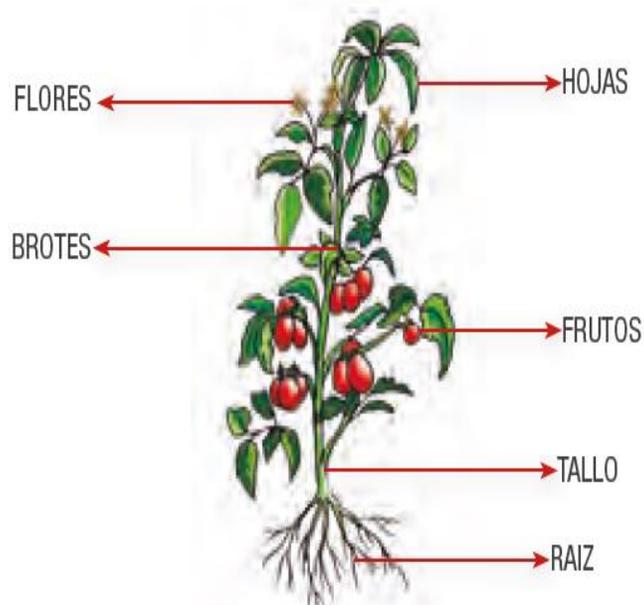
Hojas: son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo (Crespo *et al.*, 2010).

Flor: consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como “racimos”. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Crespo *et al.*, 2010).

Fruto: baya bi o plurilocular, puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Semilla: es pequeña, con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente elongada, plana, arriñonada, triangular con la base puntiaguda. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal recubierta de pelos. Las semillas dentro del lóculo, en sus últimas etapas de desarrollo, aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa (Jaramillo *et al.*, 2007).

Figura 1. Partes de la planta de tomate cherry.



Fuente: MDRyT (2017).

3.1.2.3. Fisiología

La fisiología del cultivo de tomate cherry depende de cada etapa de desarrollo (etapas fenológicas). La primera etapa de desarrollo conocida como desarrollo vegetativo se produce desde la germinación y emergencia de la plántula hasta la aparición del primer racimo floral. En general, el primer racimo floral surge después de la formación de 5 a 10 hojas, cuando la planta tiene una altura mayor a 40 cm.

En la segunda etapa de desarrollo se presenta un crecimiento simultáneo entre crecimiento vegetativo y reproductivo con la aparición de nuevas hojas y racimos florales a partir de los cuales se van formando progresivamente los frutos. Posteriormente, se inicia la etapa de producción en la cual los primeros frutos comienzan su madurez y cosecha (Argerich *et al.*, 2010).

En esta etapa, al mismo tiempo que se cosechan los frutos, la planta sigue desarrollando hojas y nuevos racimos florales. Finalmente se llega al estado de desarrollo en el cual,

debido a factores asociados al tipo de hábito de crecimiento o a las prácticas de manejo, se detiene de forma natural o inducida el crecimiento de la planta y solamente se mantiene el desarrollo de los frutos que ya se han formado (Argerich *et al.*, 2010).

3.1.3. Uso y valor nutritivo del tomate

El tomate cherry se utiliza de diferente forma, tanto en la industria como para el consumo fresco e incluso como producto medicinal. El tomate cherry es usado como ingrediente principal en jugos pastas bebidas y otros concentrados. (Sobrino, 1989, citado en Mena, 2011).

A partir de sus características fisicoquímicas, el tomate es fuente de vitaminas (A, B1, B2, B6, C y E) y de minerales como fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio. Tiene un importante valor nutricional ya que incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico (IICA, 2015).

Tabla 2. Valor nutricional del tomate (por 100 g).

Elemento	Cantidad
Agua	93,50%
Calcio	7,00 mg
Proteína	0,90 g
Hierro	0,70 mg
Grasa	0,10 g
Vitamina A	1,10 UI
Calorías	23,00 kcal
Vitamina B1	0,05 mg
Carbohidratos	3,30 g
Vitamina B12	0,02 mg
Fibra	0,80 g
Vitamina C	20,00 mg
Fósforo	19,00 mg
Niacina	0,60 mg

Fuente: IICA Caracterización del valor nutricional de alimentos (2015).

3.1.4. Agroecología del cultivo

El tomate cherry es una especie de estación cálida razonablemente tolerante al calor y a la sequía, pero sensible a las heladas. Es menos exigente en temperatura que la berenjena y el pimiento. Aunque se produce en una amplia gama de condiciones de clima y suelo, prospera mejor en climas secos con temperaturas moderadas. (Escalona *et al.*, 2009).

3.1.4.1. Temperatura

Es el principal factor climático que influye en la mayoría de los estados de desarrollo y procesos fisiológicos de la planta. El desarrollo satisfactorio de sus diferentes fases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos) depende del valor térmico que la planta alcanza en el invernadero o a campo abierto en cada periodo crítico (Jaramillo *et al.*, 2007).

El tomate cherry es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas. La temperatura óptima para el crecimiento está entre 21° y 27 °C y para el cuajado de frutos durante el día está entre 23° y 26 °C y durante la noche entre 14° y 17 °C. (Jaramillo *et al.*, 2007).

Según Jaramillo *et al.* (2007) se verá los efectos que se produce por las temperaturas:

Mínima 8 – 12°C: Los procesos de toma de nutrientes y crecimiento alcanzan una intensidad mínima o se detienen; si la temperatura mínima se prolonga por varios días la planta se debilita, y si ocurren temperaturas por debajo de este nivel, la planta sufre una progresiva decadencia o muerte.

Óptima 21 – 27°C: Todos los procesos bioquímicos se desarrollan normalmente; el crecimiento vegetativo, la floración y el fructificación son adecuados.

Máxima 32 – 36°C: Los procesos bioquímicos y de toma de nutrientes están al máximo, son excesivos y agotadores para la planta, se presentan desordenes fisiológicos y se detiene la floración; cuando estas temperaturas se prolongan ocurre la muerte de la planta.

Tabla 3. Temperaturas Críticas del Tomate.

Efectos en la planta		Temperatura (°C)
Se hiela la planta		-2
Detiene su desarrollo		10 – 12
Desarrollo normal de la planta		18 – 25
Mayor desarrollo de la planta		21 – 24
Germinación óptima		25 – 30
Temperaturas óptimas		
Desarrollo	Diurna	23 – 26
	Nocturna	13 – 26
Floración	Diurna	23 – 26
	Nocturna	15 – 18
Maduración		15 – 22

Fuente: Escalona et al. (2009).

3.1.4.2. Humedad relativa

El tomate cherry es una planta sensible a humedades relativas altas o bajas, por tanto, es necesario mantener estas dentro del rango óptimo para el desarrollo del cultivo. La humedad relativa ideal debe estar entre 65 y 75% para su óptimo crecimiento y fertilidad, aunque algunos autores la fijan entre 60 y 85% (Jaramillo *et al.*, 2007).

Cuando la humedad relativa es alta, favorece el desarrollo de enfermedades fungosas y bacterianas como *Phytophthora infestans*, *Botrytis cinerea* y *Erwinia carotovora* y se presentan desordenes que afectan los frutos, por ejemplo: el manchado, grietas o

rajaduras concéntricas y frutos huecos; además, se dificulta la fecundación por la compactación del polen y las flores pueden caerse (Jaramillo *et al.*, 2007).

Cuando la humedad relativa es baja y la temperatura es alta se debe ventilar para facilitar la circulación del aire, originando mayor tasa de transpiración y puede causar estrés hídrico, mayor actividad radicular y cierre estomático, lo que reduce la actividad fotosintética de la planta y la absorción de agua y nutrientes (Jaramillo *et al.*, 2007).

3.1.4.3. Luminosidad

El tomate cherry requiere días soleados para un buen desarrollo de la planta y lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta y reduce la absorción de agua y nutrientes (Argerich *et al.*, 2010).

Tanto la poca luminosidad incidente, como el sombreado producido por la utilización de alta densidad de plantas, hace que la luz roja lejana (730 nm) aumente en relación a la roja cercana (660 nm), de esta manera el fitocromo inducirá a la planta a aumentar el crecimiento de los entrenudos, por lo tanto, la planta resultante será de mayor altura, tallos más finos y con menor sistema radicular. Para resolver este problema se recomienda aumentar el espaciamiento de las macetitas o realizar el trasplante antes. Un fenómeno similar suele ocurrir cuando la temperatura es elevada (Argerich *et al.*, 2010).

En el manejo del cultivo bajo cubierta, la producción y su calidad se ven severamente afectadas por la sombra artificial o por la acumulación de polvo sobre la superficie externa de los plásticos, reduciendo la cantidad e intensidad de la luz dentro del invernadero. Si la reducción es excesiva los tallos desarrollan débiles, la viabilidad del polen se reduce,

se limita la evapotranspiración, absorción de agua y nutrientes, siendo un probable efecto la deficiencia de calcio en frutos (Jaramillo *et al.*, 2007).

En el caso del tomate cherry, en general los días cortos provocan la aparición del primer racimo floral emitiendo pocas hojas, mientras que días largos causan la aparición de la inflorescencia más arriba. Respecto a la intensidad, se observa una influencia en la relación entre la parte aérea y las raíces, aumentando al disminuir la intensidad lumínica (Argerich *et al.*, 2010).

3.1.4.4. Requerimiento hídrico y calidad de agua de riego

Para lograr una mejor productividad es importante y de mucha influencia la calidad y cantidad del agua de riego. Se debe cultivar una superficie acorde con las necesidades de riego en el periodo crítico, que se extiende a partir de 15 días de iniciada la floración y por cinco semanas. Se deberá incorporar 400 mm de agua al suelo en ese periodo, manteniéndolo a un 70 % de capacidad de campo como mínimo, o que la tensión en el suelo no supere los 45 centibares, o reponiendo 130 % de la evapotranspiración diaria en ese periodo (Jaramillo *et al.*, 2007).

Respecto a la calidad del agua, el tomate cherry es un cultivo de mediana tolerancia a salinidad, dependiendo de la variedad, no podrá tener una conductividad eléctrica superior a 2,5 dS/m. Puede tolerar mayor salinidad inicial cuando la textura es más arenosa que cuando es arcillosa. Si se riega con conductividad eléctrica superior a 1,5 dS/m y Sodio medido como RAS superior a 6, el suelo debe ser permeable, el drenaje adecuado, la cantidad de agua aplicada debe ser mayor (Jaramillo *et al.*, 2007).

Los límites máximos de cationes en agua tolerados por tomate son: Boro 4 mg/L, de Cloro inferior a 178 mg/L, de Arsénico, Cobalto y Plomo 10 µg/L, Aluminio, Cromo, Hierro

y Manganeso 20 µg/L, Cadmio y Selenio 0,05 µg/L, Cobre hasta 5 µg/L, Flúor hasta 15 µg/L. (Argerich *et al.*, 2010).

3.1.4.5. Suelo

Aunque el tomate cherry puede producirse en una amplia gama de condiciones de suelos, los mejores resultados se obtienen en suelos profundos (1 m o más), de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en el perfil. Suelos con temperaturas entre los 15 y 25 °C favorecen un óptimo establecimiento del cultivo después del trasplante (Escalona *et al.*, 2009).

El pH debe oscilar entre 6 y 7. La conductividad eléctrica óptima está entre 1,5 y 2,0 dS/m. La productividad y sostenibilidad de los suelos dependen de un manejo adecuado de las propiedades físicas (textura, densidad, porosidad, entre otras), las cuales determinan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Textura: Suelo con cantidades aproximadamente iguales de arena, limo y arcilla, cuya textura ha de ser franca. Los denominados suelos medianos son ricos en nutrientes, no se encharcan y son fáciles de cultivar. Son considerados los mejores suelos para la producción agrícola. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Densidad aparente: Determina la fertilidad y el grado de compactación del suelo. Puede variar entre 0,3 – 0,8 g/cm³ en los suelos con alto contenido de materia orgánica o suelos arcillosos, y entre 1,3 – 1,8 g/cm³ en suelos con textura arenosa o compactados. Los suelos con densidad aparente mayor a 1,8 g/cm³ limitan el desarrollo radical. (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Porosidad: Importante para el movimiento y retención del agua en el suelo. El tamaño para dar equilibrio entre los macro poros y los meso poros esta entre 1 y 3 mm, pues permite el suministro de aire adecuado para el desarrollo de los cultivos. La capacidad de retención de agua es una de las características más importantes del suelo para cultivos ya que determina la cantidad y frecuencia de los riegos, según Suarez, G. 1986 (citado por Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo; No se podrá cultivar tomate si el terreno presenta los siguientes impedimentos (Argerich *et al.*, 2010):

- Granulometría con porcentaje superiores a 30 de arena gruesa.
- Pendientes de riego superiores al 0,3 %. En los casos de lotes con pendiente 0 se deberá prever la salida del agua para cultivar dichos terrenos.
- Relación de absorción de sodio superior a 10.
- Conductividad eléctrica superior a 4 dS/m.
- Napa freática inferior a 1m.
- Presencia del nematodo *Nacobbus aberrans*.

3.1.5. Fenología del cultivo

El cultivo de tomate cherry tiene varias etapas durante su crecimiento y desarrollo. Cada una de las estas presenta diferencias en cuanto a las necesidades de nutrientes, agua, luz y manejo. Con lo cual, se puede lograr mejorar aspectos como la productividad, sanidad y calidad del fruto (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Según diversos autores, se diferencian dos fases de desarrollo del cultivo: una vegetativa y otra reproductiva, considerando en cada una las etapas intermedias pero diferenciadas.

La respuesta y duración del ciclo del cultivo está determinada por las condiciones climáticas de la zona, en la cual se establece el cultivo, el suelo, el manejo agronómico que se dé a la planta, el número de racimos que se van a dejar por planta y la variedad utilizada del cultivo, entre otros (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

A diferencia de los cereales, el tomate cherry no detiene el desarrollo y crecimiento de nuevas hojas una vez iniciada la floración o etapa reproductiva. Particularmente los de tipo indeterminado, mantienen en forma simultánea el crecimiento del follaje y de los frutos a lo largo de todo el ciclo del cultivo (Dogliotti, 2006).

3.1.5.1. Fase vegetativa

Se inicia desde la siembra en semillero y finaliza con la aparición del primer racimo floral. Se divide en dos etapas; la primera, desde la siembra hasta el trasplante y la segunda, desde el establecimiento de la planta en campo definitivo hasta la aparición de la primera inflorescencia (Jaramillo *et al.*, 2007).

La primera fase está compuesta por la germinación, la emergencia y el trasplante a campo, proceso que dura entre 30 a 35 días después de la siembra, y la segunda, a partir del trasplante hasta el inicio o aparición del primer racimo floral (Jaramillo *et al.*, 2007).

Pasados 70 días, el desarrollo vegetativo es mínimo, así como la acumulación de materia seca en hojas y tallos.

3.1.5.2. Fase reproductiva

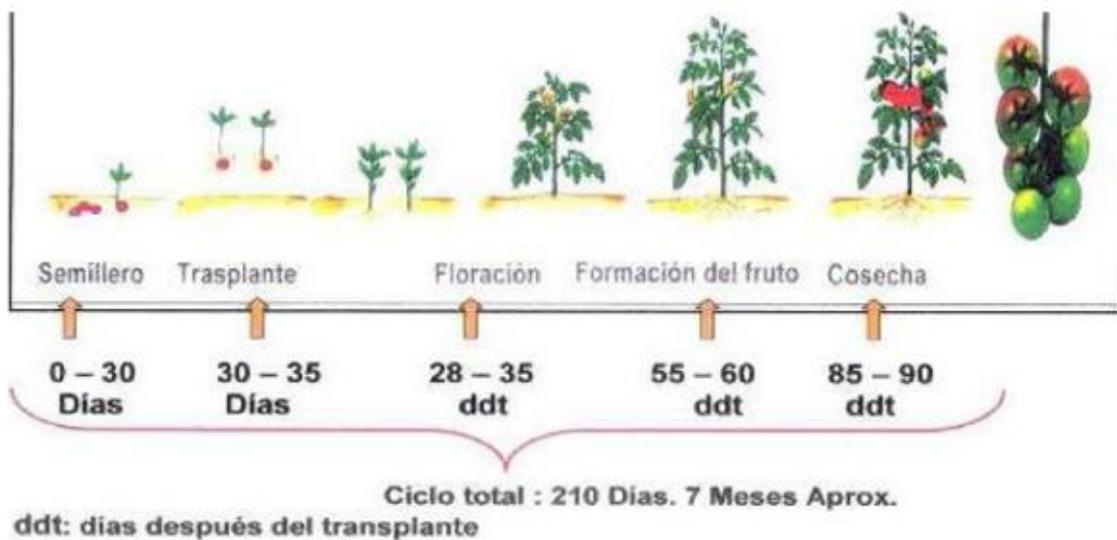
Según MDRyT (2017) la fase reproductiva: se inicia desde la formación del botón floral (30 a 35 días después del trasplante), considera el llenado del fruto (60 días para el primer racimo) y la maduración o cosecha. En esta fase se consideran tres etapas:

Floración y cuaja: Empiezan alrededor de 20 - 40 días después del trasplante (dependiendo de la variedad, las condiciones medioambientales y el manejo del cultivo) y continúan durante el resto del ciclo de crecimiento.

Desarrollo del fruto: La fruta empieza a desarrollarse y a crecer acumulando en este periodo la mayor cantidad de materia seca a un ritmo relativamente estable.

Madurez fisiológica y cosecha: La madurez de la fruta se logra entre 80 a 120 días después del trasplante. La cosecha es permanente; sin embargo, se puede ver limitada por factores climáticos (heladas) o fisiológicos (deficiencia de nutrientes).

Figura 2. Fases fenológicas de un cultivo de tomate cherry.



Fuente: Nuez (2001).

3.1.6. Manejo del cultivo

3.1.6.1. Germinadero o almacigo

La semilla germina en promedio de cinco a ocho días después de la siembra. Sin embargo, la germinación depende de la calidad de la semilla (vigor), en la que influye la temperatura (óptima de 16 °C a 28 °C) y la humedad de sustrato (capacidad de campo) (Monge, 2016).

3.1.6.2. Siembra directa a campo

Es el más utilizado y consiste en exponer la planta de manera directa a las condiciones del medioambiente (Díaz, 2007).

3.1.6.3. Trasplante

Es un proceso mediante el cual las plántulas del semillero pasan a su lugar definitivo, sea al campo o al invernadero. Se realiza aproximadamente entre veinticinco y treinta días después de la siembra, de acuerdo con la calidad y el vigor de la planta.

El almacigo debe ser transportado del vivero al campo durante las horas frescas de la mañana o después de las tres de la tarde y debe ser colocado en un sitio sombreado, para evitar la desecación y la deshidratación de las plántulas (Monge, 2016).

3.1.6.4. Aporque

Moreno (2005) Práctica que se realiza en suelos enarenados tras la poda de formación, con el fin de favorecer la formación de un mayor número de raíces, y que consiste en cubrir la parte inferior de la planta con arena. El rehundido es una variante del aporcado que se lleva a cabo doblando la planta, tras haber sido ligeramente rascada, hasta que entre en contacto con la tierra, cubriéndola ligeramente con arena, dejando fuera la yema terminal y un par de hojas.

3.1.6.5. En tutorado

Moreno (2005) indica que esta actividad consiste en ponerle un sostén a las plantas para el mejor manejo del cultivo y mayor aprovechamiento de los frutos. El apoyo y colocación de los tutores se realiza inmediatamente después del trasplante una vez que la planta alcanza una altura de 35 a 50 cm, los tutores deben medir 2.5 metros o más dependiendo de la altura de la variedad y deben colocarse con un distanciamiento de 3 metros entre

cada uno. Las plantas se sostienen con hileras de alambre galvanizado o pita de nylon las cuales deben colocarse según el crecimiento de la planta cada 30 centímetros, es importante que las guías se vayan ordenando para evitar su caída.

3.1.6.6. Poda de formación

Esta práctica, importante para los cultivares de crecimiento semideterminado e indeterminado, se realiza entre los veinte y treinta días posteriores al trasplante. Consiste en dejar uno, dos o tres ejes (tallos) por planta. Lo más común es utilizar dos ejes por planta, conservando el tallo con mayor vigor y grosor y el eje ubicado por debajo de la primera inflorescencia, a fin de formar una arquitectura en forma de V. A través de esta práctica se eliminan los primeros tallos laterales y las hojas más viejas que se hallan por debajo del primer racimo floral. En el cultivo del tomate tipo cherry suelen dejarse de tres a cuatro ejes (Escobar & Lee, 2009).

3.1.6.7. Deshojado

Es la eliminación de hojas enfermas y senescentes esto para la facilitación de la aireación y mejorar el color de los frutos, evitando así la fuente de inóculo. A esta práctica se añade el despunte de inflorescencias y aclareo de frutos con el fin de homogeneizar, y aumentar el tamaño y calidad de los frutos restantes. Es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de inóculo (CENTA, 2000).

3.1.6.8. Destallado

Jano (2006) menciona que consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse a primeras horas del día, con la mayor

frecuencia posible variando entre 7 a 15 días.

3.1.6.9. Control de malezas

El control de maleza es un problema serio se presenta, en la siembra directa o al encarar la producción en grandes superficies, la complementación de la labor manual de aporque y la aireación del terreno limitaron la difusión en gran escala de los herbicidas. Algunos de los productos utilizados son: Difenamida, Trifluralina, Metribuzin, Dinitramina, Diniter etc. (Vigliola, 1989) citado en Blanco (2018).

3.1.6.10. Riego

Moreno (2005) indica que es importante la buena distribución del riego durante todo el ciclo del cultivo, principalmente antes de la formación de frutos. El consumo diario de agua por planta adulta de tomate es de aproximadamente 1.5 a 2 lts/día, la cual varía dependiendo de la zona, las condiciones climáticas del lugar el riego por goteo se aplica para no tener pérdida de agua.

3.1.6.11. Cosecha

El tiempo que transcurre desde la plantación hasta la primera recolección de frutos es aproximadamente 60-90 días dependiendo de los factores climáticos, sobre todo temperatura, acelera la maduración de los frutos, continuando hasta 180 días o más, aquí juegan otras variables como el estado sanitario del cultivo, la decisión de continuarlo o no, por lo comercial y los objetivos de la producción (Carchuna, 2003).

Normalmente, cuando cosechan el fruto, los agricultores eliminan el cáliz y el pedúnculo (Escalona *et al.* 2009) indica que cuando los frutos se venden en racimos, le dejan el pedúnculo adherido al fruto.

La cosecha se debe realizar con mucho cuidado para evitar hacerle heridas al fruto y este se debe colocar en tinas plásticas limpias, sin tirarlos, para evitar golpes, magulladuras y heridas (Cerdas & Montero, 2002).

3.1.7. Plagas y enfermedades

Espinoza & Andrade (1998) citado en Condori (2009) señala que el cultivo de tomate cherry puede verse afectado por un buen grupo de plagas, enfermedades y otras alteraciones, especialmente en el cultivo intensivo de invernadero; ya que en el huerto al aire libre suele haber muchos menos problemas de plagas y enfermedades. Aquí se tiene la lista y descripción de algunas enfermedades, plagas y trastornos del tomate que están más difundidas.

3.1.7.1. Plagas del tomate

Layme (2005) indica que las plagas más comunes y de mayor importancia son:

- Pulgones aphididae y Homópteras, son pequeños insectos chupadores de 2 a 3 mm. Extrae la savia ocasionando, el debilitamiento y necrosis de la hoja.
- Polilla de tomate (*Keiferia licopersicella walsn*), este insecto ataca a las hojas construyendo galerías y perforando los frutos.
- Gusano nocturno (*Heliothis sp.*), el daño que ocasiona consiste en atacar a las plantas jóvenes cortándolas al nivel del suelo y otras devoran las hojas y los frutos.

3.1.7.2. Enfermedades del Tomate cherry

Layme (2005) menciona que las enfermedades según sus causas pueden ser las siguientes:

- De origen vegetal, estas son causadas por hongos y bacterias entre ellas podemos citar: el tizón temprano, el tizón tardío, la marchitez por *Fusarium* y la pudrición de la fruta u ojo de gallo.
- Causadas por virus, entre las enfermedades virosas de mayor frecuencia están el mosaico amarillento y el mosaico común, ambas se presentan con una decoloración o moteado de las hojas.
- Fisio-génicas, estan causadas por deficiencia de nutrientes y por factores adversos del clima, entre ellos estan: la deficiencia de magnesio que se presenta con un amarillento de las hojas a media altura de la planta, las grietas concéntricas y las grietas radiales son causadas por excesiva insolación del fruto y por excesiva absorción de agua respectivamente.

3.1.8. Ritmo de crecimiento

3.1.8.1. Crecimiento indeterminado

El tomate cherry tiene un crecimiento indeterminado que se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. La planta produce la primera inflorescencia entre 7-12 hojas y luego, normalmente aparece una inflorescencia cada tres hojas en forma indefinida, el crecimiento vegetativo es continuo; la floración, fructificación y cosecha se extienden por periodos muy largos. Estas plantas son empleadas para agroindustria, tomate de mesa y tipo cherry (Argerich *et al.*, 2010).

Figura 3. Clasificación del tomate según habito de crecimiento: Indeterminado.



Fuente: Jaramillo *et al.* (2007).

3.1.9. Nutrición

Es una práctica de manejo para aportar los nutrientes esenciales a los cultivos cuando el suelo no los provee en una cantidad y un tiempo adecuados. El plan de fertilización para tomate se basa en un análisis de fertilidad del suelo que permite identificar limitantes químicas como acidez, exceso de sales, deficiencia o excesos de nutrientes o desbalance de estos (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Una fertilización eficiente es aquella que, con base en los requerimientos nutricionales de la planta y el estado nutricional del suelo, proporciona los nutrientes en las cantidades suficientes y en épocas precisas para el cultivo. Una buena fertilización no solamente implica aplicar el elemento faltante, sino también mantener un balance adecuado entre los elementos, tanto en el suelo como en las diferentes estructuras de la planta (Jaramillo *et al.*, 2007).

Tabla 4. Relación de nutrientes y su efecto sobre el cultivo de tomate

Relación	Rango/unidades	Efecto
K/Ca+Mg	Menor 0,5 mEq	Falta de color en el fruto
	0,5 a 1 mEq	Óptimo
	Mayor de 1 mEq	Pudrición apical del fruto (deficiencia de calcio)
Ca/Mg	Menor de 2 mEq	Deficiencia de calcio
	4 a 5 mEq	Óptimo
	Mayor de 10 mEq	Deficiencia de magnesio
Mg/K	Menor 0,1 mEq	Deficiencia de magnesio
	0,2 a 0,4 mEq	Óptimo
	Mayor 0,5 mEq	Deficiencia de potasio
K/N	Menor 1 mEq	Frutos blandos y maduración manchada
	1,2 a 1,8 mEq	Óptimo
	Mayor 2 mEq	Hombres verdes

Fuente: Jaramillo et al. (2007).

Tabla 5. Antagonismos comunes que se presentan por exceso de algunos nutrientes

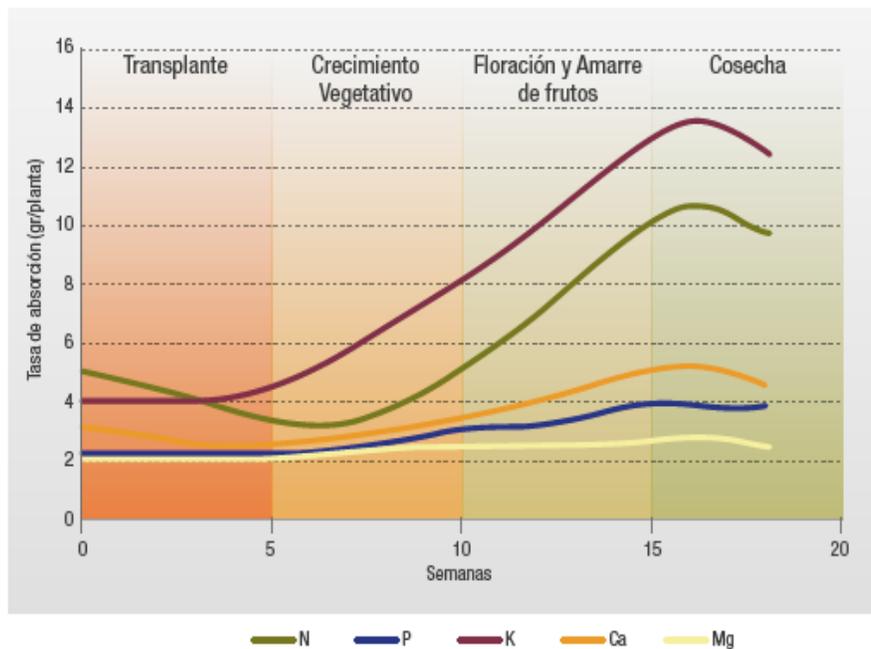
NUTRIENTE EN EXCESO	DEFICIENCIA INDUCIDA
Nitrógeno	Potasio, magnesio
Potasio	Nitrógeno, calcio, magnesio
Cloro	Nitrógeno
Azufre	Molibdeno
Sodio	Potasio, calcio, magnesio
Calcio	Potasio, magnesio, boro, manganeso, zinc
Magnesio	Calcio
Manganeso, cobre, hierro	Zinc
Hierro	Manganeso, zinc
Manganeso, zinc	Hierro
Fósforo	Hierro, zinc

Fuente: Jaramillo et al. (2007).

3.1.9.1. Requerimientos nutricionales

El nitrógeno (N) y el potasio (K) se absorben inicialmente en forma lenta y se incrementa la rapidez de su absorción durante las etapas de floración. El potasio tiene un pico de absorción durante el desarrollo del fruto, mientras el pico de absorción del nitrógeno ocurre principalmente después de la formación de los primeros frutos. El fosforo (P) y nutrientes secundarios, Ca y Mg, son requeridos en relativamente dosis constantes a través de todo el ciclo de crecimiento de la planta de tomate (Haifa Chemicals Ltda., (s.f.)).

Figura 4. Dinámica de absorción de macro y nutrientes secundarios por la planta de tomate



Fuente: Haifa Chemicals Ltda. (s.f).

La mayor absorción de nutrientes se da en las semanas 8 a 14 del crecimiento y otro pico toma lugar en el primer corte de frutos; por lo tanto, la planta requiere altas cantidades de nitrógeno, al inicio de la etapa de crecimiento con aplicaciones suplementarias después del inicio de la etapa de fructificación. Cuando el N se aplica en sistemas de fertirriego acolchado, se mejora la eficiencia del N y se consiguen mayores rendimientos. Al menos el 50% del N total debe aplicarse como nitrógeno nítrico (NO_3^-). Además de la cantidad de nutrientes que demande el cultivo, es importante mantener una adecuada relación entre ellos de acuerdo al estado fenológico (Argerich *et al.*, 2010).

3.1.10. Importancia de los nutrientes en la producción

Según Fuentes (1999) citado en Blanco (2018) son muchas las funciones que realizan los nutrientes como el:

- **Nitrógeno(N):** hace que la planta se desarrolle bien y que tenga un intenso color verde en sus hojas. Los cultivos bien fertilizados con nitrógeno tienen rendimientos mayores de las cosechas. La falta de este elemento afecta el desarrollo de la planta, el follaje se vuelve verde pálido o amarillo, las hojas jóvenes y las ramificaciones son finas produce florecimiento tardío y disminución en el peso de los frutos. El exceso de N desequilibra la disponibilidad de K y P, y trae como consecuencia un excesivo desarrollo vegetativo en perjuicio en el fructificación; se producen frutos huecos y livianos, con poco jugo, pocas semillas, tallos suculentos, las hojas crecen excesivamente y la planta se vuelve susceptible a enfermedades.
- **Fósforo (P):** favorece el desarrollo de las raíces al comienzo de la vegetación. Imprescindible para la fotosíntesis. Se activa la flora microbiana de los suelos y, con ello, la descomposición de la materia orgánica y fijación del nitrógeno atmosférico. Favorece el fructificación es temprana, mejora la producción y la calidad del fruto. La falta de fósforo disminuye la absorción de nitrógeno, provoca la reducción del crecimiento, reduce la floración, fructificación y desarrollo de los frutos. Los síntomas deficiencia en fósforo son la coloración rojiza o púrpura (violáceo) en las hojas jóvenes y en el envés o parte dorsal de las hojas.
- **El potasio (K):** aumenta el peso de los granos y frutos, haciendo a éstos más azucarados y de mejor conservación., estimula la formación de flores y frutos, regula las funciones de la planta, aumenta la eficiencia del nitrógeno, aumenta la resistencia a las heladas al aumentar la concentración salina de las células, aumento de sustancias sólidas, coloración y brillantez de los frutos, favoreciendo la asimilación de los minerales esenciales, su carencia se manifiesta en la reducción del crecimiento

de los tallos. El K juega el papel importante en la cantidad de azúcares que acumula el fruto; al igual que el fósforo, ayuda a aumentar la cantidad de materia seca y vitamina C.

- **Calcio (Ca):** Este elemento estimula la formación de raíces y hojas, provee energía a las células y regula el flujo de nutrientes hacia ellas, la deficiencia provoca marchitamiento de la planta, muerte de la parte superior del tallo y de los puntos de crecimiento, los frutos en estado verde sazón muestran el tejido de la base hundido y duro, su color cambia de verde a negro.
- **Azufre (S):** Este elemento es vital para el crecimiento de la planta y para el desarrollo de proteínas y semillas, participa en la formación de ácidos amínicos, vitaminas y clorofila. Facilita la asimilación del N. Las deficiencias de azufre son amarillamiento intervenal en las hojas, se enrojecen los pecíolos y tallos, los entrenudos más cortos y hojas más pequeñas. Las hojas más jóvenes y próximas a las yemas son las más afectadas; reduce el rendimiento y la calidad de los frutos.
- **Magnesio (Mg):** componente de la clorofila esencial para el proceso de fotosíntesis, es el pigmento verde de las plantas, en el cual las plantas combinan dióxido de carbono y agua para formar azúcares, las deficiencias de este elemento se muestra en la etapa de crecimiento aparece clorosis en la punta de las hojas inferiores, evidenciándose entre las nervaduras, pero en estados avanzados todas las hojas se torna de color amarillo, este síntoma se extiende a las hojas medias, en la etapa de fructificación, la clorosis en las hojas adquieren un color morado.

Los micro elementos que más exige el tomate son: boro, manganeso, zinc y hierro.

- **Boro (B):** esencial para la polinización, favorece el cuajado de flores y frutos y el desarrollo de la semilla. Interviene en la división celular, traslocación de azúcares, almidones y metabolismo de carbohidratos y proteínas. Su carencia perturba el crecimiento celular, muerte del ápice, provocando la muerte en los puntos de crecimiento, en el tallo, raíz, retraso en el desarrollo de las yemas florales, desintegración del tejido radicular, destrucción y ennegrecimiento de los tejidos.
- **Manganeso (Mn):** Además de fomentar resistencia contra plagas y enfermedades, el manganeso actúa como catalizadores en las acciones enzimáticas y fisiológicas; se relaciona con la respiración y la síntesis de clorofila, la deficiencia se observa como una decoloración verde pálido y manchas cloróticas de tejido muerto entre las nervaduras de las hojas jóvenes, en las hojas viejas aparecen manchas intervenales, no se observa una separación entre el tejido sano, las hojas más jóvenes se observan que las venas se conservan verdes.
- **Zinc (Zn):** elemento de gran importancia en el crecimiento y producción; actúa como elemento regulador de crecimiento, su deficiencia puede llegar a causar reducción en la longitud de los entrenudos y alteraciones en el tamaño y forma de las hojas, causa total deformación en las hojas nuevas, los entrenudos se reducen de tamaño.
- **Hierro (Fe):** cumple funciones específicas en la activación de los meristemáticos; la formación de la clorofila está relacionada con la presencia de este elemento; interviene en los procesos enzimáticos, asociado con la síntesis de la proteína cloro plasmático, actúa como catalizador en procesos metabólico, las deficiencias de este elemento, las hojas jóvenes detienen el crecimiento al no haber movimiento del elemento y presentan una clorosis de coloración totalmente blanquecina.

3.2. Microorganismos eficientes (EM)

Los EM surgen desde la década de los años 60, aunque los mayores avances comienzan con los estudios del profesor de horticultura Teruo Higa, de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa aproximadamente en 1970. Este investigador se motivó por la búsqueda de alternativas naturales en la producción agrícola, el mismo había sufrido efectos tóxicos de plaguicidas químicos en sus primeros años de ejercitar su profesión (Quispe & Chávez, 2017).

Los microorganismos eficientes ayudan al proceso de descomposición de materiales orgánicos y durante la fermentación produce ácidos orgánicos que normalmente no está disponible como: ácidos lácticos, ácidos acéticos, aminoácidos y ácidos málicos, sustancias bioactivas y vitaminas. Un ingrediente primordial en este proceso es la materia orgánica que es suministrada por el reciclado de residuos de los cultivos, materia verde y desechos animales (Blanco, 2019).

Asimismo, este proceso lleva a un incremento de humus en el suelo: Las bacterias ácido lácticas, que es un importante microorganismo en el EM, suprimen microbios patogénicos directa e indirectamente por la producción de actinomicetes. También se conoce que el efecto antioxidante del EM mejora el sistema inmunológico de plantas y animales (Blanco, 2019).

Los EM han mostrado efectos beneficiosos para el tratamiento de aguas negras, reducción de malos olores, en la producción de alimentos libres de agroquímicos, el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, la industria de procesamiento de alimentos, fábricas de papel, mataderos y municipalidades, entre otros (Feijoo, 2016).

3.2.1. Grupos microbianos que componen los EM

Los EM se componen de cinco grupos microbianos generales:

- Bacterias ácido lácticas
- Bacterias fotosintéticas
- Levaduras
- Actinomicetes
- Hongos filamentosos con capacidad fermentativa

3.2.2. Bacterias ácido lácticas (BAL)

Son microorganismos que tienen diversas aplicaciones, siendo una de las principales la fermentación de alimentos como la leche, carne y vegetales para obtener productos como el yogur, quesos, encurtidos, embutidos, ensilados, bebidas y cervezas, entre otros (Torres *et al.*, 2015).

Son cocos o bacilos Gram positivos, no esporulados, no móviles, anaeróbicos, microaerofílicos o aero tolerantes; oxidasa, catalasa y bencidina negativas, carecen de citocromos, no reducen el nitrato a nitrito y producen ácido láctico como el único o principal producto de la fermentación de carbohidratos (Soto *et al.*, 2017).

Además, las BAL son ácidos tolerantes pudiendo crecer algunas a valores de pH tan bajos como 3, 2; otras a valores tan altos como 9, 6; y la mayoría crece a pH entre 4 y 4,5. Estas características le permiten sobrevivir naturalmente en medios donde otras bacterias no lograrían sobrevivir (Souza *et al.*, 2015).

3.2.3. Bacterias fotosintéticas

Son un grupo de microorganismos representados fundamentalmente por las especies *Rhodospseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, microorganismos autótrofos

facultativos. Este grupo utiliza como fuente de carbono moléculas orgánicas producidas por los exudados de las raíces de las plantas y como fuente de energía utilizan la luz solar y la energía calórica del suelo (Su *et al.*, 2017).

Entre las bacterias fotosintéticas que forman parte de los ME, *R. palustris* es una bacteria foto trófica facultativa clasificada como una bacteria púrpura no de azufre. Esta especie es capaz de producir aminoácidos, ácidos orgánicos, hormonas, vitaminas y azúcares, donde todos ellos pueden ser utilizados por microorganismos heterótrofos para su crecimiento (Feijoo, 2016).

3.2.4. Levaduras

Las levaduras son un grupo microbiano presente en la preparación de los ME capaces de utilizar diversas fuentes de carbono (glucosa, sacarosa, fructuosa, galactosa, maltosa, suero hidrolizado y alcohol) y de energía. Varias especies del género *Saccharomyces* conforman esta comunidad microbiana, aunque prevalece las especies *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*. Estos microorganismos requieren como fuente de nitrógeno el amoníaco, la urea o sales de amonio y mezcla de aminoácidos. No son capaces de asimilar nitratos ni nitritos (Fayemi & Ojokoh, 2014).

Otros nutrientes requeridos por estos microorganismos es el fósforo que se puede administrar en forma de ácido fosfórico, magnesio (sulfato de magnesio), el calcio, el hierro, el cobre, el zinc, vitaminas del complejo B. las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de azúcares y de aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas. Producen hormonas y enzimas que pueden ser utilizadas por las BAL. Como parte de su metabolismo fermentativo producen etanol el cual en elevadas concentraciones pueden tener actividad anti fúngica (Meena & Meena, 2017).

3.2.5. Actinomicetes

Los actinomicetos son bacterias filamentosas con cierta similitud con los hongos. El crecimiento consiste en un micelio ramificado que tiende a fragmentarse en elementos bacterianos. Muchos actinomicetos son de vida libre, particularmente en el suelo. Se destacan por su papel principal en la solubilización de la pared celular o componentes de las plantas, hongos e insectos. Por ello tienen gran importancia en el compostaje y en la formación de suelos. Algunas especies de actinomicetes pueden ser endófitos en tejidos vegetales. Como componentes de ME *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* son las principales especies de actinomicetes informadas (Vurukonda *et al.*, 2018).

Varias especies de actinomicetos, principalmente las que pertenecen al género *Streptomyces*, son excelentes agentes de control biológico debido a su amplio repertorio para producir compuestos anti fúngicos que inhiben el crecimiento micelial de varios hongos Fito patógenos. La actividad antagonista de *Streptomyces* contra hongos patógenos generalmente está relacionada con la producción de compuestos anti fúngicos como: enzimas hidrolíticas extracelulares (quitinasas y B-1,3-glucanasa), se consideran enzimas hidrolíticas importantes en la lisis de las paredes celulares de *Fusarium oxysporum* Schtdl., *Sclerotinia minor* Jagger y *Sclerotium rolfsii* Sacc. (Chaurasia *et al.*, 2018).

3.2.6. Hongos fermentadores

Los hongos contribuyen con los procesos de mineralización del carbono orgánico del suelo; además una gran cantidad de los hongos son antagónicos de especies Fito patógenas. Por otro lado, los hongos poseen la capacidad de reproducirse tanto sexual

como asexualmente, en donde la segunda les permite multiplicarse de forma rápida bajo condiciones favorables (sustratos ácidos y ricos en carbono) y la sexual (esporas) es más común bajo condiciones desfavorables. Los hongos poseen requerimientos relativamente bajos de nitrógeno, lo cual les brinda una ventaja competitiva en la descomposición de materiales como la paja y la madera (Yang *et al.*, 2017).

Dentro de los principales representantes de estos hongos encontramos a las siguientes especies: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp y *Mucor hiemalis* Wehmer. *A. oryzae* es un hongo microscópico, aeróbico y filamentoso. (El-Gendy *et al.*, 2017).

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* sp. se caracterizan por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica. Las especies de *Trichoderma* se encuentran presentes en todas las latitudes, desde las zonas polares hasta la ecuatorial. Esta distribución tan amplia y su plasticidad ecológica están estrechamente relacionadas con la alta capacidad enzimática que poseen para degradar sustratos, un metabolismo versátil y resistencia a inhibidores microbianos. Las especies de *Trichoderma* pueden ejercer diferentes mecanismos biocontroladores como: competencia por espacio y nutrientes, el mico parasitismo, la antibiosis y la inducción de resistencia (Horwath, 2017).

3.3. *Trichoderma harzianum*

3.3.1. Características generales de *Trichoderma spp.*

El género *Trichoderma* fue descrito por Persoon en 1794. Posteriormente, Rifai M. (1969) hizo el primer agrupamiento en especies agregadas que se utiliza hasta el presente, a pesar de las dificultades que se presentan para la identificación de especies por este método, debido a la cercanía morfológica y la evolución de las mismas. Son hongos saprofitos del suelo y la madera, de crecimiento muy rápido.

Las especies de este género se encuentran ampliamente distribuidas por todas las latitudes, y se presentan naturalmente en diferentes ambientes, especialmente en aquellos que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición. (Villegas, 2010).

La acción de *Trichoderma* como mico parásito natural se demostró por Weindling en 1932, y su utilización en experimentos de control biológico se implementó a partir de 1970, cuando se incrementaron los estudios de campo para su uso en cultivos de hortalizas y ornamentales. No obstante, la información sobre su empleo en la producción agrícola es insuficiente y dispersa (Chet, 1990).

Estos hongos compiten bien en la rizósfera de la planta, como endófitos, siendo capaces de colonizar completamente la superficie radicular. Además, penetran en el tejido de la raíz, normalmente hasta la primera o segunda capa de células, y solo en los espacios intercelulares (Brotman *et al.*, 2010).

Todas estas características hacen de este hongo uno de los principales ACBs utilizados en agricultura (Tabla 6). Cerca del 50% de los ACBs fúngicos del mercado pertenecen al género *Trichoderma* (Whipps & Lumsden, 2001).

Tabla 6. Especies del género *Trichoderma* empleadas en el control biológico de hongos y bacterias Fito patógenas en diferentes cultivos.

Especie	Antagonista frente a	Cultivo
<i>T. atroviride</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Patata (Lahlali y Hijri, 2010)
	<i>Botrytis cinérea</i>	Fresa (Faize y col., 2003)
	<i>Sclerotinia sclerotium</i>	Alfalfa (Li y col., 2005)
	<i>Armillaria mellea</i>	Uva (Savazzini y col., 2008)
<i>T. asperellum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	Tomate (Cotxarrera y col., 2002; segarra y col., 2010)
	<i>Pseudomonas syringae</i>	Pepino (Yeddidia y col., 2003)
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Pepino (Trillas y col., 2006)
	<i>Pythium sp.</i>	Tomate (Aerts y col., 2002)
<i>T. harzianum</i>	<i>Botrytis cinérea</i>	Pepino (Elad, 2000), tomate (Fiume y Fiume, 2006) Abeto de Douglas (Mousseaux y col., 1998), melón
	<i>Fusarium oxysporum</i>	(Lopez-Mondejar y col., 2010), vid (El-Mohamedy y col., 2010)
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Tomate (Strashnov y col., 1985; Amer y Abou-El-Seound, 2008), rábano (Lee y col., 2008)
	<i>Pythium sp.</i>	Maíz (Harman y col., 2004), tomate (Aerts y col., 2002)
	<i>Bipolaris oryzae</i>	Arroz (Abdel-Fattah y col., 2007)
	<i>Phaeoemoniella chlamydospora</i>	Vid (Di Marco y Osti, 2007)

Fuente: López (2011).

3.3.2. Clasificación taxonómica

Las especies del género *Trichoderma* representan un grupo de hongos filamentosos que pertenecen a:

Tabla 7. Clasificación taxonómica de *Trichoderma harzianum*

Clasificación taxonómica de <i>Trichoderma harzianum</i>	
Reino	Fungi
División	Eumycota
Subdivisión	Ascomycotina
Clase	Sordariomycetes
Orden	Hypocreales
Familia	Hypocreaceae
Género	<i>Trichoderma</i>
Especie	<i>T. harzianum</i>

Fuente: Jaklitsch *et al.* (2006).

Caracterizados por tener ascos unitunicados en peritecios, el género *Trichoderma* se propuso por primera vez por Persoon en 1794 sobre la base de un material recogido en Alemania (Samuels, 2006).

3.3.3. Ecología

Según Harman *et al.* (2004) las especies de *Trichoderma* son hongos de vida libre, comunes en el suelo y en la rizósfera de las plantas de diferentes ecosistemas.

Se los puede encontrar en un amplio rango de ambientes, como son suelos agrícolas, praderas, bosques, salinas y en zonas de clima desérticos. *Trichoderma* prevalece particularmente en resto de materia orgánica húmeda (Klein & Eveleigh, 1998).

Se caracterizan por un rápido crecimiento, que esporulan abundantemente y son resistentes a compuestos químicos nocivos. Estos hongos en general tienen requerimientos nutricionales mínimos y producen una alta variedad de metabolitos secundarios (Klein & Eveleigh, 1998).

Además, poseen la capacidad de utilizar como nutrientes una amplia variedad de materiales orgánicos naturales y de origen xenobiótico. Son reconocidos por producir una gran cantidad de proteínas extracelulares, destacándose por su capacidad para generar enzimas que degradan la celulosa y la quitina (Harman *et al.*, 2004).

Por lo tanto, son considerados descomponedores secundarios de la materia orgánica del suelo. A su vez existen cepas de *Trichoderma* que son parásitos de otros hongos, generando importantes pérdidas económicas en la producción de hongos comestibles. Contrariamente, no afectan a las plantas y actúan como inductores del crecimiento de las mismas. (Klein & Eveleigh, 1998).

3.3.4. Reproducción

El género *Trichoderma* en su estado vegetativo presenta micelio con septos simples. Las especies son haploides y su pared está compuesta por quitina y glucano. Se reproducen asexualmente por conidios. Presentan conidióforos hialinos ramificados, fiálides simples o en grupos, conidios de 3 a 5 μm de diámetro, generalmente ovalados, unicelulares, coloreados (usualmente verdes); de rápido desarrollo en medios sintéticos. Tiene la capacidad de producir clamidosporas en sustratos naturales que, son unicelulares, pero pueden unirse entre dos o más. Estas estructuras son de vital importancia para la sobrevivencia del género en el suelo bajo condiciones adversas. El organismo crece y

se ramifica desarrollando típicas hifas, de 5 a 10 μm de ancho consultado por (Harman, (s.f.)).

3.3.5. Fisiología

Para Besoain (2011) las especies de *Trichoderma* no son exigentes con relación al pH del sustrato. Pueden crecer en suelos con pH desde 5,5 a 8,5. Aunque los valores óptimos se encuentran entre 5,5-6,5, es decir en un ambiente ligeramente ácido.

El desarrollo de *Trichoderma* se activa con la presencia de humedad, con óptimo de 60% de la capacidad de retención de humedad del suelo. A porcentajes mayores de saturación, la colonización y sobrevivencia disminuyen por baja disponibilidad de oxígeno. Los aislamientos de *Trichoderma* ayudan a la descomposición de materia orgánica, además de los hongos a los cuales degrada (Páez, 2006).

Se encuentran en suelos con abundante materia orgánica (Arias, 2004) y por su relación con esta, es ubicado en el grupo de hongos hipogeos, lignícolas y predadores (Villegas, 2010).

3.3.6. Capacidad antagonista y estimuladora

Esta capacidad depende de la especificidad de la cepa y de sus modos de acción; es decir pueden existir aislamientos que sean más eficientes para el control de un patógeno que de otro; por tal motivo, la especificidad debe ser evaluada. Esto evidenció, que es imprescindible la selección de aislamientos promisorios para el control de un agente plaga, que incluye el estudio de los mecanismos relacionados con dicho control (Martínez *et al.*, 2008).

Entre estos se encuentran: antibiosis, competencia (por espacio y nutrientes), mico parasitismo, desactivación de enzimas de los patógenos y otros (Harman, 2000). Harman

& Vinale *et al.* (2008) informaron nuevos mecanismos con los cuales *Trichoderma* ejerce su acción como antagonista y colonizador de las raíces, como son:

- Aceleración del desarrollo del sistema radicular que posibilita la tolerancia al estrés por parte de la planta.
- Solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos.
- Estimulación del crecimiento vegetal.
- Inducción de resistencia

Estos actúan indirectamente sobre los patógenos, ya que su acción es licitar o impulsar mecanismos de defensa fisiológicos y bioquímicos en la planta. El estudio de estos modos de acción en condiciones de campo es complejo, pues *Trichoderma* es un hongo cuyo hábitat es el suelo y la mayoría de estos procesos se efectúan en la rizosfera (Vinale *et al.*, 2008).

Según Mello *et al.* (2006) en las interacciones antagónicas pueden estar involucrados diferentes mecanismos de acción. La multiplicidad de estos en un aislamiento es una característica importante para su selección como agente de control biológico (Hoyos *et al.*, 2008).

3.3.7. Competencia

La presencia de *Trichoderma* en suelos agrícolas y naturales en todo el mundo es una evidencia, de que es un excelente competidor por espacio y recursos nutricionales (Hjeljord L, 1998), y de su plasticidad ecológica (Infante *et al.*, 2009).

La competencia por nutrientes de *Trichoderma*, es principalmente por carbono, nitrato y hierro. De forma general, entre las cualidades que favorecen la competencia de este antagonista se encuentran, la alta velocidad de crecimiento que posee gran parte de sus

aislamientos y la secreción de metabolitos de diferente naturaleza, que frenan o eliminan a los competidores en el microambiente. Este modo de acción influye en “bloquear el paso” al patógeno y resulta importante para la diseminación del antagonista (Sivan & Chet, 1989).

3.4. Principales mecanismos de acción de *T. harzianum*

Los modos de acción de estos hongos antagonistas pueden resumirse en mecanismos directos, que engloban el mico parasitismo, la antibiosis y la competición; e indirectos, que incluyen la estimulación del crecimiento y la inducción de resistencia vegetal a estrés biótico y abiótico. Todos estos mecanismos pueden darse de forma simultánea en un mismo aislado, no siendo excluyentes ninguno de ellos. De la eficacia de cada uno de ellos o de su combinación dependerá el éxito en la supresión de la enfermedad del aislado (López, 2011).

3.4.1. Mecanismos directos

3.4.1.1. Mico parasitismo

Según Harman & Howell, *et al.* (2004) indican que este es un proceso complejo en la interacción antagonista-patógeno, que ocurre en cuatro etapas:

- Crecimiento quimio trófico: donde *Trichoderma* puede detectar a distancia a sus posibles hospedantes.
- Reconocimiento: Se considera que existe una alta especificidad del antagonista por su sustrato.
- Adhesión y enrollamiento: Ocurre por la asociación de un azúcar de la pared del antagonista con una lectina presente en la pared del patógeno.

- Actividad lítica: Producción de enzimas líticas extracelulares, fundamentalmente quitinasas, glucanasas y proteasas, que degradan las paredes celulares del patógeno y posibilitan la penetración de las hifas de *Trichoderma*.

Uno de los principales modos de acción de *T. harzianum* relacionado directamente con el control biológico de fitopatógenos se basa en su capacidad de parasitar otros hongos (Chet *et al.*, 1998).

El mico parasitismo concluye con la pérdida del contenido citoplasmático de la célula hospedante, mostrando síntomas de disgregación. Diferentes interacciones hifales están involucradas en el mico parasitismo, tales como: enrollamiento, penetración, vacuolización, granulación, coagulación, desintegración y lisis. En el parasitismo a nivel microscópico no todas estas interacciones son siempre observadas, pues al parecer dependen del aislamiento de *Trichoderma*, del patógeno y de las condiciones del ambiente (Nico *et al.*, 2005).

Por otro lado, el crecimiento de *Trichoderma* sobre el patógeno en cultivo dual, no es garantía de alta capacidad parasítica, ya que las hifas de ambos pueden compartir espacios en el sustrato sin llegar a parasitarlo (datos no publicados del autor).

3.4.1.2. Antibiosis

Los metabolitos con actividad anti fúngica secretados por *Trichoderma* constituyen un grupo de compuestos volátiles y no volátiles, muy diverso en cuanto a estructura y función. Muchas cepas de *Trichoderma* producen estos metabolitos secundarios, algunos de los cuales inhiben otros microorganismos, con los que no se establece contacto físico y estas sustancias inhibitorias fueron consideradas “antibióticos” (Hjeljord & Tronsmo, 1998).

Con relación al efecto de *Trichoderma* sobre nematodos se notificó que las quitinasas y proteasas de *Trichoderma* spp. que son muy similares a las de los hongos nematófagos poseen potencial para atacar estos invertebrados. El proceso parasítico y el efecto de las enzimas y metabolitos de *Trichoderma* sobre nematodos pueden ocurrir en el suelo, en el interior de las raíces o sobre la superficie de estas (Morton *et al.*, 2004).

La capacidad de una misma cepa de *Trichoderma* de secretar varios compuestos antifúngicos simultáneamente, limita el riesgo de aparición de microorganismos resistentes a estos metabolitos, aspecto relevante desde el punto de vista práctico. Estos resultados ejemplifican la importancia de la antibiosis como parte de la actividad antagonista de este hongo (Morton *et al.*, 2004).

3.4.1.3. Competencia por espacios y nutrientes

Los aislados de *T. harzianum* se caracterizan por presentar un rápido crecimiento, que le confiere mayor capacidad a la hora de colonizar un espacio. De este modo, compiten directamente por los mismos nichos que algunos hongos Fito patógenos (Sivan & Chet, 1989).

Algunos de estos nutrientes son esenciales para el desarrollo de los Fito patógenos, como el hierro, que es secuestrado del medio por la acción de sideróforos producidos por *T. harzianum* (Verma *et al.*, 2007).

3.4.2. Mecanismos indirectos

3.4.2.1. Desactivación de las enzimas de patógenos y estimulación del crecimiento vegetal

Es posible que el potencial enzimático de *Trichoderma* para detener el proceso infeccioso de los patógenos sea mucho mayor, pues este controlador biológico secreta más de 70

metabolitos, entre ellos: sustancias estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas (Harman *et al.*, 2004).

Según Harman *et al.* (2004) durante muchos años se supo de la habilidad de estos hongos para estimular el crecimiento de las plantas, en especial el sistema radicular, sin embargo, aún no se conocen con certeza los mecanismos involucrados.

Recientemente, se encontró que una cepa de *Trichoderma* contribuye al crecimiento de las raíces de maíz y algunos pastos, haciendo que estos cultivos sean más resistentes a la sequía (Paéz, 2006).

Paéz (2006) también observó, que aislamientos seleccionados de *Trichoderma* estimularon la germinación y la altura de plantas de frijol con una ganancia en peso de 60% aproximadamente.

Por su parte, Mathivanan *et al.* (2005) obtuvieron incremento significativo del crecimiento y floración en plantas de arroz con aplicaciones de *T. viride* con relación a ese efecto existen opiniones divergentes.

Por su parte, Altomare *et al.* (1999) sugirieron que la promoción del desarrollo se debe a que *Trichoderma* tiene la capacidad de solubilizar manganeso, sin importar el pH del medio, ni la disponibilidad del mismo, es decir, que lo solubiliza constantemente, y como este micro elemento es requerido para funciones fisiológicas de las plantas, como fotosíntesis, metabolismo del nitrógeno, síntesis de los compuestos aromáticos, y además, para precursores de aminoácidos y hormonas, de fenoles y de lignina, se asegura en parte el crecimiento y la resistencia a enfermedades en las plantas.

Lo C. *et al.* (1998) refirieron que *Trichoderma* incrementaba la absorción de nutrientes a través del mejoramiento del desarrollo radicular o promoviendo la disponibilidad de

nutrientes necesarios. La demostración de estas hipótesis requerirá de investigaciones futuras.

3.4.2.2. Inducción a la resistencia

Harman *et al.* (2004) realizaron estudios a niveles celular y molecular explican la diversidad de vías y mecanismos de acción de este hongo descubriéndose, que algunas cepas de *Trichoderma* pueden activar un mecanismo nativo de defensa en las plantas, conocido como Inducción de Resistencia Sistémica (por sus siglas en inglés IRS).

Esto supone que puedan controlar a patógenos distantes del lugar donde se encuentra físicamente el antagonista. Prueba de ello, fue que la colonización de las raíces de pepino con *T. asperellum*, indujo resistencia a *Pseudomonas syringae* pv. *Lachrymans* (Shoresh *et al.*, 2010). También existen evidencias de este modo de acción frente a nematodos (Sharon *et al.*, 2011).

Salas (2007) indicó que aún se esclarecen y amplían los conocimientos acerca de *Trichoderma* como inductor de resistencia, pero es indiscutible su función en la defensa de las plantas.

3.5. Lombricultura

Durán (2009) define lombricultura a la explotación técnica de la lombriz, para producir humus, y/o lombriz. Además, se constituye como un medio de descontaminación ambiental al utilizar una serie de materiales biodegradables a los que da un valor agregado para la utilización final.

La lombricultura es un beneficio para la producción agraria, a través de esta técnica se puede mejorar y enriquecer la actividad agrícola, además de garantizar la seguridad alimentaria y fortalecer los suelos señala López (2011), experto en esta técnica.

3.5.1. Lombricultura en Bolivia

En la granja ecológica de Sica - Sica, capital de la provincia Aroma de la Paz comenzaron la producción de lombrices rojas californianas el año 1986, donde se logró observarlas y analizarlas durante 6 años de crianza hasta conseguir la estabilidad de la población en un clima y altura adversos al propio (Rojas, 1999). Actualmente continúan con la producción de humus.

3.5.2. Lombriz californiana

La lombricultura hoy en día es una actividad alternativa en la agropecuaria, que se rige por normas similares a las utilizadas para la producción de cualquier animal doméstico, requiriendo conocimientos sobre la biología de los anélidos y sobre la tecnología para su crianza, alimentación y reproducción (Paco *et al.*, 2011).

Según Hernández *et al.* (2000) la lombriz roja (*Eisenia spp.*) se desarrolla bien bajo temperaturas promedio de 30° C y en un amplio rango de restos agrícolas, lo que permite utilizarla en condiciones climáticas cálidas para el reciclaje de estiércoles de animales y restos de cosecha para la producción de humus de lombriz y proteína animal con la subsiguiente disminución de la contaminación.

3.5.3. Clasificación taxonómica de la lombriz

Tabla 8. Clasificación taxonómica de la lombriz (*Eisenia foétida*)

Clasificación taxonómica de la lombriz (<i>Eisenia foétida</i>)	
Reino	Animal
Subreino	Metazoos
Phylum	Protosomia
Grupo	Anelida
Orden	Oligochaeta
Familia	Lumbricidae
Especie	<i>Eisenia foetida</i>
Tipo	Red hibrid

Fuente: Rodríguez (2016).

En el orden de las oligoquetas hay aproximadamente 1800 especies agrupadas en cinco familias, distribuidas en todo el mundo y la familia lombricidas tiene unas 120 especies con tamaños que oscilan desde pocos milímetros hasta más de un metro, pero la mayoría están comprendidas entre 2 y 20 centímetros (Díaz, 2002).

3.5.4. Humus de lombriz o vermicomposta

Guerrero (2007) describe al vermicompost como el excremento de las lombrices dedicadas especialmente a transformar la materia orgánica y los residuos orgánicos en un estiércol especial.

Para Choque (2008) el humus de lombriz o vermicompost, es un abono orgánico de primer orden, además de mejorar la textura del suelo, aumenta el contenido de materia orgánica e incorpora valiosos elementos nutritivos para las plantas. También favorece el

desarrollo de bacterias benéficas indispensables para la transformación del suelo, mejorando las condiciones para el desarrollo de los cultivos.

El vermicompost o humus de lombriz, está compuesto por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrogeno, así como elementos menores y presencia de microorganismos, dependiendo del tipo de sustrato que se ofrezca a la lombriz como alimento (Pineda & Arnold, 2006).

3.5.5. Propiedades del humus de lombriz

3.5.5.1. Propiedades químicas

ADEX (2002) indica que al incorporar a la biosfera nutrientes en forma inmediatamente asimilables potencializa a los cultivos como ser:

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre y fundamentalmente actúa favorablemente respecto al nitrógeno.
- Incrementa la eficiencia de fertilización particularmente con el nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo debido a su alto poder buffer.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias patógenas.

3.5.5.2. Propiedades físicas

- Posee propiedades coloidales que al aumentar la porosidad y aireación del suelo contribuye a la infiltración y retención del agua y al desarrollo radicular.
- Mejora la estructura, dándoles menor densidad aparente a los suelos pesados y compactos aumentando la unión de todas las partículas en los suelos arenosos.
- Mejora la permeabilidad y aireación.
- Reduce la erosión del suelo.

- Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- Confiere color oscuro al suelo reteniendo calor (ADEX, 2002).

3.5.5.3. Propiedades biológicas

- Estimula la vida al tener los mismos microorganismos benéficos del suelo, pero en mayor cantidad, creando un medio antagónico para algunos patógenos existentes, neutraliza sustancias tóxicas como restos de herbicidas, insecticidas y solubiliza elementos nutritivos poniéndolos en condiciones de ser aprovechados por las plantas gracias a la presencia de las enzimas que incorpora y sin las cuales no sería posible ninguna reacción bioquímica.
- Controla el dumping o mal de almacigo por su pH cercano a 7 y su actividad microbiana ya que no ofrece un medio óptimo para el desarrollo de los hongos patógenos.
- Es una fuente de energía, incentiva la actividad microbiana, optimiza la aireación, permeabilidad, pH, e incrementa y diversifica la flora microbiana (Díaz, 2002).

3.5.5.4. Propiedades nutricionales

Según Brechelt (2004) las propiedades nutricionales del vermicompost varían mucho, según el material utilizado para su alimentación, su proporción y el tiempo del almacenamiento del humus. Es importante tener presente que el vermicompost contiene, además de los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio), pequeñas cantidades de micronutrientes esenciales (boro, zinc, hierro, manganeso, molibdeno y cobre), (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis químico del humus de lombriz.

Macro elementos	
pH	5.6 – 7.9
Materia Orgánica	30 – 75 %
Nitrógeno (N)	1.4 – 3.0 %
Fósforo (P ₂ O ₅)	1.5 – 2.5 %
Potasio (K ₂ O)	1.5 – 2.5 %
Humedad	30 – 66 %
Cenizas	15 – 65 %
Micro elementos	
Ca	2.0 – 12 %
Mg	0.2 – 2.6 %
Fe	0.6 – 9.0 %
Mn	88 – 1.467 ppm
Cu	34 – 490.00 ppm
Zn	87 – 1.600.00 ppm
B	26 – 89.00 ppm
Co	9- 48.00 ppm
Flora bacteriana	
Población	2 x 10 ¹²

Fuente: Centro Agroecológico Wallipini (2008).

3.5.6. Características del humus de lombriz

A diferencia de los fertilizantes químicos, este puede ser utilizado puro, sin riesgo de afectar a las plantas, además de mejorar la producción de ellas, también conserva e incrementa la fertilidad de los suelos, mejora su estructura, retiene de manera óptima el

agua y el aire, reduce la contaminación y tiene sustancias activas que favorecen las condiciones del suelo y de las plantas que crecen sobre el humus de lombriz. (Capistrán *et al.*, 2004).

3.5.6.1. Composición y calidad del humus de lombriz

La composición y calidad de la lombri-composta está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz. Un manejo adecuado de los desechos, una mezcla bien balanceado, permite obtener un material de excelente calidad (Martínez, 1999).

Bollo (2001) indica que el humus está compuesto por ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, las huminas y ulminas:

a) Ácidos húmicos

El término ácidos húmicos incluye aquellas sustancias extraídas normalmente del humus con un agente alcalino o neutro y que forman un precipitado amorfo con los ácidos, tienen más carbono que los ácidos fúlvicos, alrededor del 50 – 62%.

b) Ácidos fúlvicos

Quizás de todas las fracciones del humus sea el grupo de los ácidos fúlvicos el que más controversias han suscitado. Existen en la fracción soluble que queda al tratar el extracto alcalino con ácido.

c) Humina y ulminas

Las huminas y ulminas constituyen la parte no soluble y por tanto no extraíble de las sustancias húmicas. Sin embargo, su insolubilidad explica por el grado de unión con las partes minerales.

3.5.6.2. Parámetros de calidad del humus de lombriz

Bollo (2001) menciona que el humus está compuesto por ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, las huminas y ulminas. El mismo autor menciona, para poder determinar que el humus es de buena calidad, tendremos en cuenta entre parámetros como:

- pH neutro, en un rango entre 6.7 a 7.3.
- Contenidos de materia orgánica superiores a 28 %.
- Nivel de nitrógeno superior a 2 %.
- Relación C/N en un rango entre 9 a 13.
- Contenido de cenizas no superior al 27 %.

Así mismo menciona que un alto contenido de cenizas nos permite concluir que el manejo del proceso no ha sido el adecuado y que ha habido mucha contaminación con tierra. Lo que se quiere es mejorar el suelo y no aumentar su volumen.

3.5.7. Aplicación del humus de lombriz

El humus es un abono orgánico altamente nutritivo para todo tipo de plantaciones en la agricultura ya sea en especies anuales, perennes y generalmente en la producción de plantones en viveros.

Tabla 10. Dosis de aplicación del humus en cultivos.

CULTIVOS	DOSIS DE HUMUS
Hortalizas y legumbres	60/100 gr
Arvejas	800 kg/ha
Berenjena	60/80 gr/planta
Cebolla	2000 kg/ha
Espinaca	450 gr/m ²
Lechuga	350 gr/m ²
Pepinos	70/80 gr/planta
Pimientos	90/100 gr/planta
Remolacha	1000 kg/ha
Tomate	80/100 gr/planta
Estacas, frutillas, cerezas	150 gr
Flores y plantas de interior	200 gr
Macetas	½ cucharada c/mes
Vajillas	4/8 cucharadas c/2 meses
Arbustos	250 gr
Rosales y leñosas	500 gr
Zapallo, melón, sandía	400 gr
Césped por m ²	200/500 gr
Cítricos, frutales, olivos	½ kg
Manzana, peral, duraznero	1kg/planta c/3 meses
Naranja, limonero	1,5/2kg/planta c/3 meses
Vid	1,5 kg/planta

Fuente: ADEX (2002).

3.5.8. Beneficios del humus de lombriz

Por su alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos (moléculas orgánicas complejas formadas por la descomposición de materia orgánica, diferenciadas por su solubilidad en diferentes solventes), permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y tiene un efecto regulador de nutrición, dado que estos ácidos incrementan la permeabilidad de las membranas en las plantas y por ende estimulan la absorción de nutrientes (Avilés, 2011).

Por su alta carga microbiana (*Asospirillum*, *Bacillus Megaterum*, *Frauteria aurentia*, *Trichoderma viride*, *Pseudomona Fluorescens*, *Bacillus Subtillis*, *Metarhizium Anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*) restaura la actividad biológica del suelo puesto que esta carga microbiana facilita la absorción de nutrientes por las raíces al aumentar la disponibilidad de nutrientes asimilables y además protege a la raíz de otros tipos de bacterias patógenas, nematodos, hongos e insectos del suelo (Avilés, 2011).

Mejora la estructura del suelo haciéndolo más permeable, aumentando la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar nutrientes requeridos por las plantas.

Tiene un pH neutro por lo que puede aplicarse en cualquier dosis sin riesgos para las plantas y el suelo, y debido a su gran bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción, desarrolla y diversifica la micro flora y micro fauna del suelo (Avilés, 2011).

4. LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en la Estación Experimental de Patacamaya (E.E.P.), perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Originalmente estos predios pertenecían al Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), fundada en 1975 y finalizo en 1998. La E.E.P. se encuentra a 10 minutos sobre la carretera Tambo Quemado. La figura muestra la ubicación satelital.

Figura 5. Imagen satelital de la E.E.P.



Fuente: Google Earth (2016).

Figura 6. Exterior del invernadero

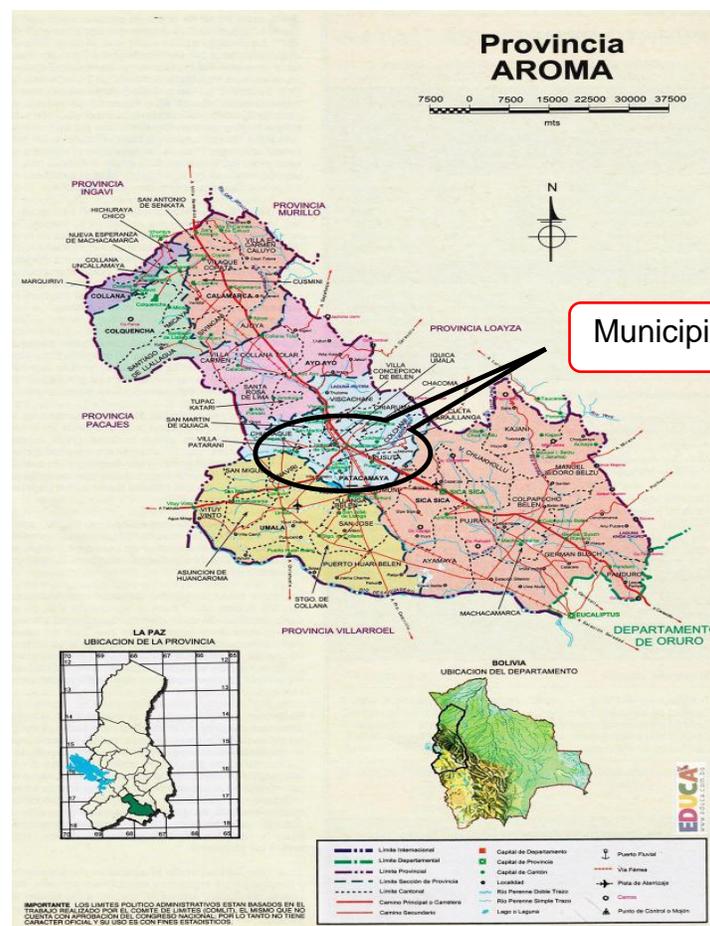


Fuente: Archivo personal (2019).

4.1. Ubicación geográfica

La estación Experimental de Patacamaya se ubica en el Municipio de Patacamaya de la Provincia Aroma del departamento de La Paz (Altiplano Central de Bolivia). Sus coordenadas geográficas son 17°15'32'' de Latitud Sur, y 67°56'29'' de Longitud Oeste, a una altitud de 2785 m.s.n.m. A una distancia de 101 km la ciudad de La Paz (PDM Patacamaya, 2006 – 2010).

Figura 7. Mapa político de la Provincia de Aroma del Departamento de La Paz.



Fuente: Educa (s.f.).

4.2. Descripción del área de estudio

Clima: El Municipio de Patacamaya es una región que se caracteriza por un clima frío, seco y semiárido de extensa planicie, la época de lluvia comienza en noviembre y dura hasta marzo, la precipitación anual es 368,7 mm, se presentan granizadas entre los meses de octubre y marzo coincidiendo con la época de lluvias, la ocurrencia de heladas suele ser de 300 días durante el año. (SENAMHI, 2016).

Temperatura: La media anual es 9,4°C, la máxima anual alcanza 20,3°C en noviembre, mientras que la mínima anual es -6,1°C en junio, la menor amplitud térmica diaria ocurre en la época lluviosa de enero a febrero, la mayor amplitud térmica diaria ocurre de mayo a agosto. (SENAMHI, 2016).

Vegetación: La formación vegetal en el Municipio es xerofítica y composición florística variada, las especies más comunes son, Cola de Ratón (*Hordueum miticum*) forraje, Mostacilla (*Brassica campestris*) medicinal, Pasacana (*Cactus sp.*) construcción y alimento humano, cebadilla (*Bromus catarticus*) forraje, Iru ichu (*Festuca orthophylla*) construcción y forraje, Chua chua (*Baccharis obtussifolia*) leña y forraje (PDM Patacamaya 2006-2010).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material biológico

- 1 onza de semilla de tomate cherry
- *Trichoderma harzianum*

5.1.2. Material orgánico

Se utilizó los siguientes materiales obtenidos de la Estación Experimental Patacamaya.

- Humus de lombriz
- Estiércol de ovino
- Estiércol de camélido

5.1.3. Material de campo

Se utilizaron las siguientes herramientas de trabajo:

- Pala
- Picota
- Rastrillo
- Cinta métrica
- Letreros de identificación
- Marbetes
- Regla
- Termómetro
- Balanza analítica
- Mochila aspersora
- Vernier

5.1.3. Material de gabinete

Para la parte de trabajo de gabinete se utilizaron los siguientes materiales:

- Hojas de registro
- Computadora
- Cuaderno de campo
- Lapicero
- Tijera
- Cámara fotográfica
- Software Infostat

5.2. Metodología

5.2.1. Descripción del ambiente de estudio

Para el desarrollo de investigación, la Estación Experimental Patacamaya (E.E.P.) proporcionó un ambiente atemperado con medidas de 12.5 m de largo y 3 m de ancho, 37.5 metros cuadrados.

5.2.2. Trabajos preliminares

a) Análisis de suelo

Se procedió a tomar muestras de la capa arable del suelo a una profundidad de 5 a 15 cm con el método de zigzag de cada bloque obteniendo como resultado 5 muestras del área total del experimento, las cuales fueron mezcladas, cuarteadas, hasta obtener un kilo de muestra de suelo; posteriormente fueron enviadas al laboratorio de la Facultad de Agronomía en el cual se analizaron las propiedades físico – químicas del suelo, ver anexo 1.

b) Análisis del humus de lombriz

Posteriormente, se tomó una muestra del humus de lombriz y se envió al laboratorio de la Facultad de Agronomía en el cual se analizaron las propiedades físico – químicas del humus de lombriz ver anexo 2.

5.2.3. Trabajo de campo

a) Preparación del terreno o sitio experimental

Para la preparación del terreno se procedió a la remoción, desterronado, mullido y emparejamiento del suelo mediante herramientas manuales teniendo, así como resultado el suelo preparado, para que las plantas tengan suficiente aireación y mayor captación de agua.

Aplicándose así también estiércol de ovino y camélido 5kg/m², es decir 50 TM/ha Esto es porque según, Espinoza & Andrade (1998), explican que el cultivo de tomate es bastante exigente en suelos fértiles con alto contenido de materia orgánica, la aplicación de fertilizantes preferentemente debe realizarse con un análisis de suelos; sin embargo, en suelos cultivados se recomienda aplicaciones de estiércol en el orden de 20 – 30 e incluso 100 TM/ha.

Seguidamente se hizo una desinfección del suelo con el objetivo de eliminar o, en su defecto, reducir la población de patógenos (bacterias, hongos, nematodos) que habitan en el suelo, los cuales provocan mermas en la producción por el método de biosolarización. Según Pérez *et al.* (2015) es la técnica, que combinando la solarización y la biofumigación, consigue alcanzar temperaturas superiores a las conseguidas con la solarización clásica y acumular una mayor cantidad de gases bajo la cubierta.

b) Delimitación de parcelas y aplicación de tratamientos

Luego de la preparación del terreno se procedió a delimitar las parcelas, para lo cual se midió las parcelas de 3.50 m de largo por 0.45 m de ancho utilizándose 3 parcelas para cada tratamiento.

Para el tratamiento 0 (testigo) en el cultivo de tomate cherry (*Lycopersicum sculentum* M.) no se aplicó *Trichoderma harzianum* y no se aplicó humus de lombriz.

Para el tratamiento 1 en el cultivo de tomate cherry (*Lycopersicum sculentum* M.) no se aplicó *Trichoderma harzianum* y se aplicó 1 kg/m² de humus de lombriz.

Para el tratamiento 2 en el cultivo de tomate cherry (*Lycopersicum sculentum* M.) no se aplicó *Trichoderma harzianum* y se aplicó 2 kg/m² de humus de lombriz.

Para el tratamiento 3 en el cultivo de tomate cherry (*Lycopersicum sculentum* M.) se aplicó *Trichoderma harzianum* y no se aplicó humus de lombriz

Para el tratamiento 4 en el cultivo de tomate cherry (*Lycopersicum sculentum* M.) se aplicó *Trichoderma harzianum* y se aplicó 1 kg/m² de humus de lombriz.

Para el tratamiento 5 en el cultivo de tomate cherry (*Lycopersicum sculentum* M.) se aplicó *Trichoderma harzianum* y se aplicó 2 kg/m² de humus de lombriz.

c) Preparación de almacigo

La siembra de semilla de tomate, se realizó el 8 de agosto de 2019, en la almaciguera.

La densidad de siembra que se utiliza normalmente es de 5 g/m² de terreno en invernadero, en 1 gr entran 300 – 400 semillas. Para la siembra en el almacigo, se utilizó botellas pet de 2.5 lts cortados transversalmente y en la cual se sembró a una distancia de 2 x 3 cm, colocando una semilla a la vez, la profundidad en el que fueron sembrados fue de 0.3 a 0.4 cm (3 a 4 mm).

d) Trasplante

El trasplante se realizó el 1 de octubre de 2019 al lugar de ensayo definitivo. Se seleccionaron plantas homogéneas entre alturas de 15 a 18 cm y con un tallo de 0,4 mm de diámetro, las plantas contaban con cinco a siete hojas verdaderas. Plantines que se desarrollaron entre aproximadamente en 6 y 8 semanas después de su siembra en almacigo.

Se procedió a la apertura de hoyos pequeños a una profundidad de 7 a 10 cm con la ayuda de una pala de jardinería, a la cual se colocó el plantin cuidando que las raíces estén bien dispuestas para luego cubrirlas con tierra hasta el nivel del tallo. Después de la plantación, se realizó un riego pesado, con cuidado, para asegurar un buen prendimiento de las plantas.

e) Refallo

Luego de 2 semanas después del trasplante el 15 de octubre se evaluó el prendimiento de los plantines, teniendo así 3 plantines que no prendieron por lo cual se reemplazó por otros debidamente regados antes y después de su refallo.

f) Aporque y deshierbe

El aporque se realizó manualmente una vez por mes hasta la floración del cultivo, para el enraizamiento adecuado, formación del follaje y la aireación a la planta. Durante el ciclo fenológico del cultivo se presencié algunas hierbas y malezas, las cuales fueron controladas con herramientas manuales para su respectivo sacado con el fin de evitar la competencia de absorción de nutrientes con el cultivo las veces que eran necesarias.

g) Riego

Se debe recordar que el riego es fundamental para los cultivos, en la etapa de almácigo, se riega cada día hasta que se presenten sus hojas verdaderas. Posteriormente, cuando el cultivo estuvo en el terreno definitivo la frecuencia de riego por goteo fue 2 veces por semana con una duración de 30 minutos en cada riego.

Tabla 11. Detalle de la frecuencia de riego.

MES	FASES FENOLOGICAS	FRECUENCIA DE RIEGO	TEMPERATURA PROMEDIO
Agosto	Almacigo	Todos los días	19.05°C
Octubre	Trasplante y establecimiento	2 veces por semana	19.75°C
Noviembre	Desarrollo y Crecimiento vegetativo	2 veces por semana	21.55°C
Noviembre Diciembre	– Floración y cuajado	2 veces por semana	21.45°C
Diciembre – Enero	Desarrollo del fruto	2 veces por semana	21.20°C
Enero, Febrero Marzo	a Madurez fisiológica y cosecha	2 veces por semana	21.62°C

Fuente: Elaboración propia (2020).

h) Primera incorporación de humus de lombriz

Para la primera incorporación de humus de lombriz se realizó antes de la floración porque en ese momento el cultivo requiere de más nutrientes para que tenga una buena floración

i) Segunda incorporación de humus de lombriz

Para la segunda incorporación de humus de lombriz se realizó en la floración porque en ese momento el consumo de nutrientes aumenta pasando por el desarrollo del fruto y hasta la cosecha.

j) Aplicación por frecuencias de *Trichoderma harzianum*

La aplicación por frecuencias de *Trichoderma harzianum* se realizó después de un mes del trasplante en el terreno definitivo, una vez por semana aplicándose así foliarmente y al suelo con una mochila aspersora.

k) Tutorado

El tutorado se realizó con el objetivo de sostener el peso de la planta en la cual fue realizado por medio de un sistema vertical de pitas de un grosor de 2 mm de diámetro, colgando de alambres galvanizados e instalados en forma horizontal, cada planta tuvo su tutor. Este sistema de tutorado para invernadero es muy práctico. El tutorado fue realizado sujetando del tallo algo floja para no estrangularlas y enroscando las plantas en sentido de las agujas del reloj, teniendo cuidado de no romper las yemas terminales de crecimiento.

l) Poda

Se hizo diferentes tipos de poda para optimizar la producción del cultivo de tomate. Estas son:

Brotos:

Consistió en eliminar los brotes axilares, cuando están pequeños entre 6 y 10 cm de longitud. Con esta práctica se evitó la pérdida de energía, la cual aprovecha la planta en desarrollo de la flor y fruto

Follaje:

Consistió en la eliminación de hojas; con ello se favoreció a la aireación de la planta evitando también enfermedades del follaje y permitiendo el equilibrio entre el follaje, fecundación y el desarrollo de los frutos. Este tipo de poda se realiza en las hojas que se encuentran cercanas al suelo, por debajo del primer racimo floral y continuando hasta una altura de 0.35 a 0.40 m. Esta práctica debe hacerse con mucho cuidado, para evitar eliminar hojas en exceso.

m) Cosecha

Se realizó 3 cosechas cada 15 días manualmente, posteriormente se efectuó el pesado y registro de datos.

- Primera cosecha 14 de enero.
- Segunda cosecha 29 de enero
- Tercera cosecha 13 de febrero

5.2.4. Toma de datos

La selección de plantas para la toma de muestras se realizó al azar, se efectuó el marbeteo para el muestreo de 3 plantas por unidad experimental, dicha actividad se tomó los datos genéricos desde el momento de la aplicación de la *Trichoderma harzianum* después de un mes del trasplante.

5.2.4.1. Registro de temperatura

Para el registro de temperatura dentro del invernadero se utilizó un termómetro de máxima y mínima, instalado al centro del área del cultivo a una altura de 1.20 m lo que permitió registrar datos de temperatura sin ser afectado con la temperatura del suelo, cuidando que las plantas crezcan de manera óptima, también se procedía abrir ventanas

para ventilar las plantas. Los datos registrados indicaron una temperatura máxima durante la cosecha en el mes de marzo con 37 °C y una temperatura mínima registrada durante el trasplante y establecimiento en el mes de octubre con 5.20 °C.

5.2.5. Diseño experimental

Para el estudio del trabajo de investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de 2*3, con dos frecuencias para el factor A (frecuencia de *Trichoderma*) y dosis de humus de lombriz para el factor B (kilogramos) con seis tratamientos y tres repeticiones llegando a conformar 18 unidades experimentales. El ensayo se realizó en una carpa solar de 37.50 m², de 12.50 m de largo y 3.00 m de ancho, observando todo el desarrollo vegetativo de la planta, para evaluar sobre todo el rendimiento a través de los tratamientos.

5.2.5.1. Tipo de muestreo

Se usó el muestreo probabilístico en la que la totalidad de la población del experimento reunirá las características para su selección y representación del presente trabajo.

5.2.5.2. Modelo lineal aditivo

El modelo lineal aditivo que se utilizó para el análisis estadístico en el presente estudio fue el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + E_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Observación del i-esimo tratamiento en la j-esimo repetición.

μ = Media general.

α_i = Efecto del i-esimo tratamiento del factor A frecuencia de *Trichoderma*.

β_j = Efecto del i-esimo tratamiento del factor B dosis de humus de lombriz.

$\alpha\beta_{ij}$ = Interacción de los i-esimos tratamientos de los dos factores A, B.

E_{ij} = Error experimental de la interacción en estudio.

5.2.5.3. Factores de estudio

Para el presente estudio de tesis se tomaron dos factores de estudio; frecuencia de aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz, los cuales fueron:

Tabla 12. Factores en estudio

Factor A: Frecuencia de Aplicación de <i>Trichoderma harzianum</i>	Factor B: Dosis de humus de lombriz
a_1 = sin aplicación	b_1 = 0 kg/m ² de humus de lombriz
a_2 = con aplicación	b_2 = 1 kg/m ² de humus de lombriz
	b_3 = 2 kg/m ² de humus de lombriz

Fuente: Elaboración propia (2020).

5.2.5.4. Tratamientos

Los tratamientos fueron agrupados y asignados de acuerdo al diseño experimental.

Tabla 13. Descripción de los tratamientos

Factor A:	Factor B:	Combinación	Tratamiento
Frecuencia de Aplicación de <i>Trichoderma harzianum</i>	Dosis de humus de lombriz		
$a_1 = \text{sin aplicación}$	$b_1 = 0 \text{ kg/m}^2 \text{ de humus de lombriz}$	$a_1 \text{ vs } b_1$	Tratamiento 0
$a_1 = \text{sin aplicación}$	$b_2 = 1 \text{ kg/m}^2 \text{ de humus de lombriz}$	$a_1 \text{ vs } b_2$	Tratamiento 1
$a_1 = \text{sin aplicación}$	$b_3 = 2 \text{ kg/m}^2 \text{ de humus de lombriz}$	$a_1 \text{ vs } b_3$	Tratamiento 2
$a_2 = \text{con aplicación}$	$b_1 = 0 \text{ kg/m}^2 \text{ de humus de lombriz}$	$a_2 \text{ vs } b_1$	Tratamiento 3
$a_2 = \text{con aplicación}$	$b_2 = 1 \text{ kg/m}^2 \text{ de humus de lombriz}$	$a_2 \text{ vs } b_2$	Tratamiento 4
$a_2 = \text{con aplicación}$	$b_3 = 2 \text{ kg/m}^2 \text{ de humus de lombriz}$	$a_2 \text{ vs } b_3$	Tratamiento 5

Fuente: Elaboración propia (2020).

5.2.5.4. Características del campo experimental

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Patacamaya en el Municipio de Patacamaya de la Provincia Aroma del departamento de La Paz (Altiplano Central de Bolivia), sus características fueron las siguientes:

Tabla 14. Características del campo experimental

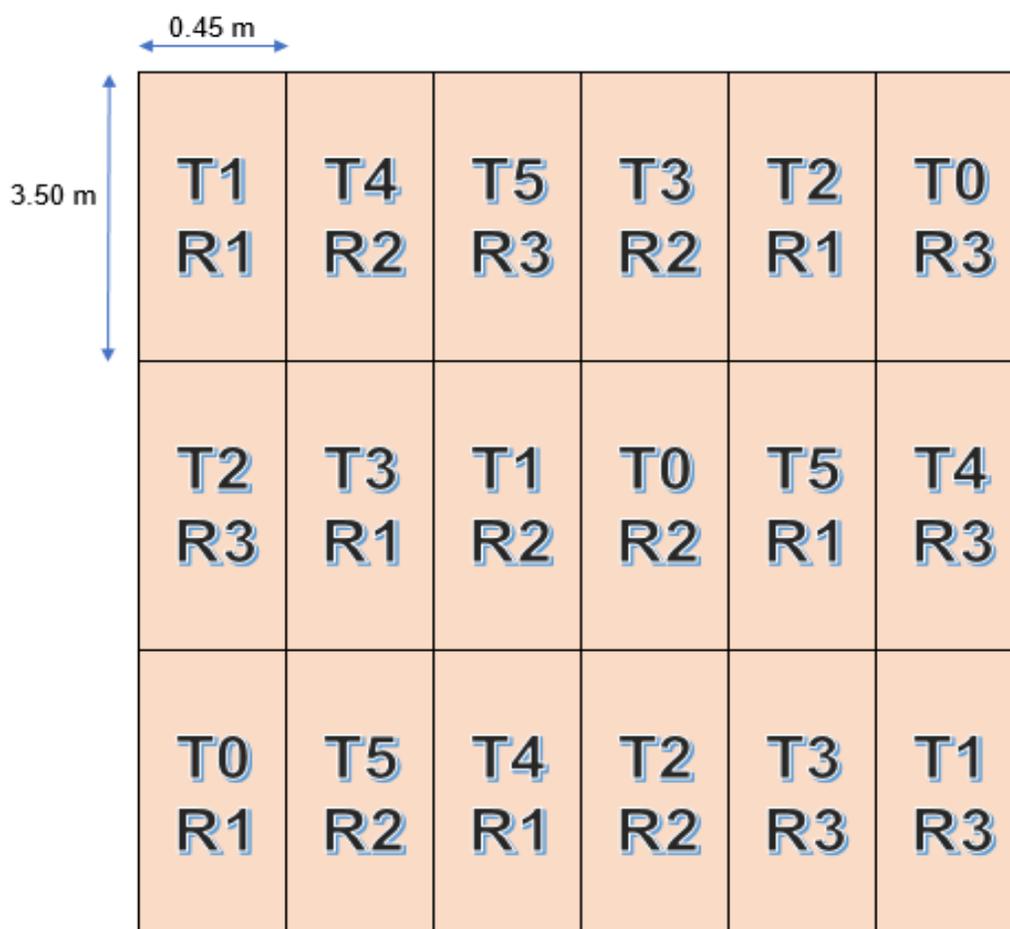
PARAMETRO	UNIDAD
Número total de tratamientos	6
Número de repeticiones	3
Área total del experimento	37.50 m ²
Área neta del experimento	28.35 m ²
Número total de parcelas	18
Largo de parcelas	3.50 m
Ancho de parcelas	0.45 m
Área de las parcelas	1.58 m ²
Distancia entre plantas	0.50 m
Distancia entre líneas	0.45 m
Número de plantas por parcela	6 plantas

Fuente: Elaboración Propia (2020).

5.2.5.5. Croquis del experimento

Para las unidades experimentales, y una mejor visión y tratar de reducir el error experimental se instalaron 18 unidades experimentales, cada unidad experimental con 6 plantines distribuidas, en función al requerimiento del terreno del cultivo de tomate, las características se detallan en el siguiente croquis. Contando con un número total de 108 plantas de tomate cherry.

Figura 8. Croquis del proyecto de investigación.



Fuente: Elaboración propia (2020).

5.2.5.6. Variables de respuesta

a) Variables agronómicas

- Altura de planta

La altura de la planta se midió en centímetros (cm) con un flexómetro desde la base de la planta hasta una altura promedio de las últimas hojas de la planta, a los 90 días después del trasplante.

- Diámetro de tallo

Los diámetros de los tallos fueron medidos de las muestras de cada tratamiento con un vernier, a los 90 días después del trasplante, a una altura de 15 cm expresado en mm.

- Diámetro de fruto

Esta actividad se realizó cuando los frutos alcanzaron la madurez fisiológica, midiendo la parte central del fruto, con la ayuda de un vernier, la medición fue manual expresados en mm.

- Número de frutos por planta

Para saber el número de frutos por planta se realizó un conteo escalonado de las mismas de cada muestra por cada tratamiento

- Peso de fruto a la cosecha

Para saber el peso de los frutos a la cosecha, se registraron el peso individual del fruto a la cosecha de las muestras de cada tratamiento para posteriormente sacar un promedio, expresando estos valores en gramos.

- Número de plantas muertas

No se registraron plantas muertas, solo un refallo de 3 plantines después de dos semanas del trasplante.

b) Variables fenológicas

- Días a la floración

Para esta actividad se registró los días transcurridos desde el trasplante hasta el momento en que más del 50% de las plantas llegan a florecer.

- Días a la cosecha

Para esta actividad se tomó en cuenta los días transcurridos desde el trasplante hasta la maduración fisiológica del más del 50%, cuando los frutos presentaron un color pintoresco.

c) Variables de rendimiento

- Rendimiento de planta

El rendimiento total por planta, se obtuvo mediante el total de frutos registrados por planta y por tratamiento, se evaluó tres cosechas y se expresó en kilogramos por planta (kg/pl).

- Rendimiento de Tomate kg/m²

Se evaluó el rendimiento después de las tres cosechas, tomando el peso total de 4 plantas que estuvieron dispuestos por m² y diferentes tratamientos. Expresando estos valores a TM/ha.

d) Variables económicas

- Análisis económico de costos parciales por tratamientos

Para finalizar se realizó el análisis económico en forma de costos parciales por tratamiento, contemplando el costo variable de producción y el ingreso por venta del rendimiento del cultivo, por ende, el análisis económico permite dar las mejores alternativas al campesino productor, utilizando el método de Perrin (1998) para este efecto.

- Beneficio Bruto (BB)

Es llamado también ingreso bruto, es el rendimiento ajustado, multiplicado por el precio del producto (CIMMYT, 1998).

$$\text{BB} = \text{R} \times \text{PP} \text{ (Ec. 1)}$$

Donde:

BB = Beneficio Bruto (Bs)

R = Rendimiento Ajustado (Bs)

PP = Precio del producto (Bs)

- Costos Variables (CV)

Los costos variables son costos relacionados con los insumos comprados y la mano de obra utilizada para la actividad productiva, que varían de un tratamiento a otro. Es fundamental tomar consideración todos los costos relacionados con los insumos afectados por el cambio de tratamiento. Estos son los elementos relacionados con las variables experimentales (CIMMYT, 1998).

- Beneficio Neto (BN)

Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción (BB), menos los costos de producción (CV).

$$\mathbf{BN = BB - CV (Ec. 2)}$$

Donde:

BN = Beneficios Netos (Bs) CV = Costos de producción (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

- Relación Beneficio Costo (B/C)

La relación de Beneficio/Costo es la comparación sistemática previa a una inversión, es decir si es factible realizar o rechazar una inversión en un determinado rubro considerando los costos totales de producción y los beneficios brutos a obtenerse, para esto se tiene las siguientes relaciones:

Si el valor de B/C es mayor a 1 = Inversión aceptada

Si el valor de B/C es igual a 1 = Inversión dudosa

Si el valor de B/C es menor a 1 = Inversión rechazada

$$\mathbf{B/C = BB / CP (Ec. 3)}$$

Donde:

B/C = Beneficio Costo (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

CP = Costos de Producción (Bs)

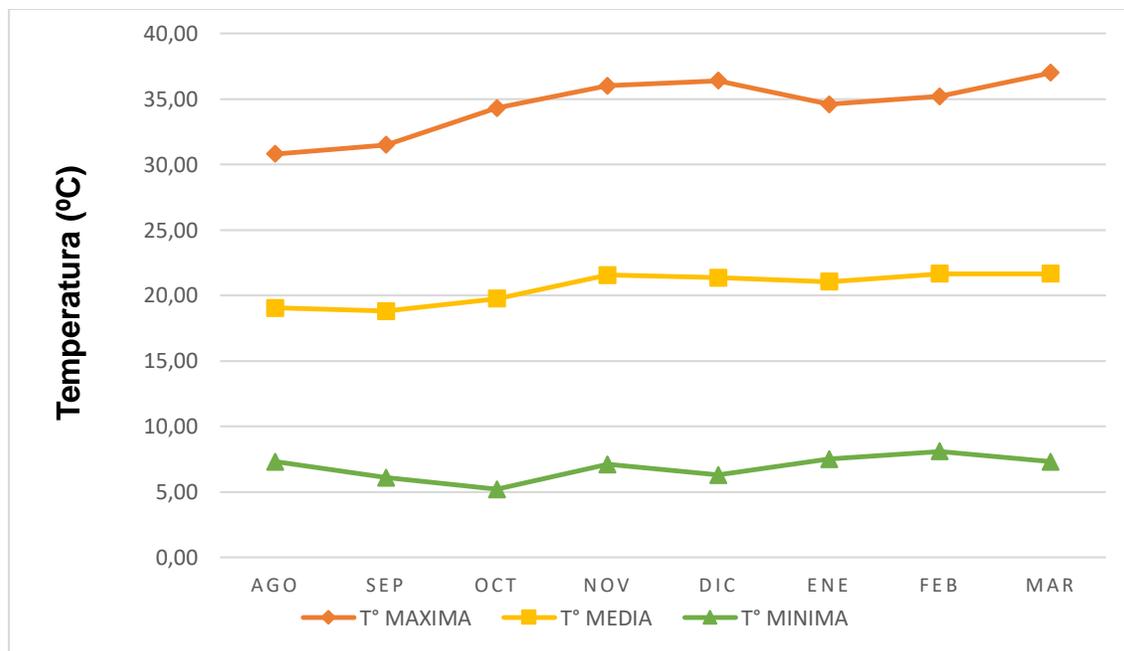
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Condiciones de temperatura en el ambiente atemperado

6.1.1. Temperatura Promedio mensual (°C)

La toma de datos de temperatura se inició desde el mes de agosto hasta cumplir el ciclo de cosecha del cultivo. En la figura 9, se muestran las variaciones de las temperaturas máximas, mínimas y medias donde la temperatura extrema más alta se registró durante la cosecha en el mes de marzo con 37 °C y una temperatura mínima registrada durante el trasplante y establecimiento en el mes de octubre con 5.20 °C, la temperatura media durante la floración y cuajado en los meses de noviembre y diciembre fue de 21.45 °C y durante la cosecha en los meses de febrero y marzo fue de 21.90 °C. La cual estuvo en los rangos aceptables en cuanto al requerimiento del cultivo.

Figura 9. Temperaturas del ambiente atemperado durante la evaluación



Fuente: Elaboración en base a datos de Temperatura, tomados en el ambiente atemperado (2021).

En ambiente atemperado en los valles de Bolivia Jaramillo *et al.* (2007) señala que el tomate es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas. La temperatura óptima para el crecimiento está entre 21° y 27 °C y para el cuajado de frutos durante el día está entre 23 y 26 °C. a temperaturas máximas prolongadas de 32° y 36 °C se presentan desordenes fisiológicos y se detiene la floración provocando abortos florales y muertes de la planta.

Los Huertos (2016) manifiesta que el tomate cherry se desarrolla bien con temperaturas de 15 °C a 40 °C; a temperaturas mayores la formación de frutos es mínima debido a los abortos florales y muerte de la planta, como también necesita de 6 a 8 horas luz para un buen desarrollo fisiológico.

Y sabiendo estos datos con respecto a nuestra presente investigación los estándares de nuestras temperaturas son aceptados por que las temperaturas medias oscilan entre los 20°C - 21°C, y en cuanto a las horas luz el área de ensayo si estaba en condiciones favorables para recibir las horas luz necesarias para el cultivo de tomate cherry.

6.2. Características físicas y químicas del suelo

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio de la Facultad de Agronomía en suelos y aguas (Anexo 1), presenta los siguientes resultados:

Tabla 15. Análisis físico – químico del suelo

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Clase textural	-	Franco Arenoso
pH	-	7.24
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmho/cm	3.36
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/100g S.	43.17
Materia orgánica	%	5.30
Nitrógeno disponible	%	0.58
Fosforo disponible	ppm	4.50
Potasio disponible	meq/100g S.	5.20

Fuente: LAFASA (2020).

El análisis físico del suelo demuestra que es un suelo franco arenoso el mismo que permite afirmar que el suelo es adecuado para el cultivo. Al respecto Cruz (2004) señala que los suelos preferidos para el tomate son los suelos ligeros arenosos-arcillosos, con buen drenaje y materia orgánica.

El pH obtenido fue de 7.24 definido como neutro al respecto Martínez (2007) nos indica que el suelo es moderadamente apto para el cultivo de tomate cherry. El pH apropiado de acuerdo con lo establecido del tomate es moderadamente tolerante a la acidez del suelo; puede tolerar un pH de hasta 5.5, aunque el pH ideal del suelo para el cultivo es 6.0 a 6.8. Niveles de pH menores de 5.5 pueden afectar la disponibilidad de algunos nutrimentos tales como el calcio, el fósforo, el magnesio y el molibdeno.

La conductividad eléctrica fue de 3.36 mmho/cm indicándonos que existe un ligero problema de sales, pero según Argerich *et al.* (2010) indica que no se podrá cultivar tomate cherry si es superior a 4 mmho/cm por lo tanto es apto para el cultivo.

La capacidad de Intercambio Catiónico fue de 43.17 meq/100g S. calificado como muy alto y según, Toledo (2016) sostiene que tiene mayor capacidad de retener nutrientes y así normalmente los hace más fértiles.

El contenido de materia orgánica (MO) del suelo fue de 5.30% calificado como alto y el contenido de nitrógeno total presento 0.58%, el cultivo puede verse favorecido teniendo una buena cantidad de clorofila una óptima velocidad en su crecimiento y en su rendimiento del mismo, sin embargo, esta tendencia tendría una posibilidad de disminuir sino se realiza una adecuada reposición del Nitrógeno en forma de abonos orgánicos (Chilon, 2014).

El fosforo disponible fue de 4.50 ppm calificado como bajo y según Jaramillo *et al.* (2007) su deficiencia disminuye drásticamente la floración, la producción y calidad del fruto; produce raquitismo en la planta, los tallos son delgados y fibrosos con una coloración purpura opaca; las hojas adquieren una coloración verde oscuro o azulado, acompañada de tintes bronceados o purpuras.

En cuanto al potasio se tuvo un valor de 5.20 meq/100g de suelo calificado como muy alto y según Jaramillo *et al.* (2007) indica que es vital para la fotosíntesis y esencial en la síntesis de proteína; ayuda a que la planta haga un uso más eficiente del agua, por su efecto osmorregulador.

La productividad y sostenibilidad de los suelos dependen de un manejo adecuado de las propiedades físicas (textura, densidad, porosidad, entre otras), las cuales determinan la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Tanto los macro elementos como el N, P, K, como los micro elementos como calcio, boro, cloro, cobre, hierro, magnesio y otros más son indispensables para un cultivo (Hartman, 2000).

Asimismo, Condori (2004) manifiesta que no debe de olvidarse que la asimilación de nutrientes por la planta depende de muchos factores como ser la temperatura, la humedad y la vida microbiana en el suelo.

6.3. Características físicas y químicas de humus de lombriz

De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio de la Facultad de Agronomía en suelos y aguas (Anexo 2), presenta los siguientes resultados:

Tabla 16. Análisis físico químico del humus

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	-	8.03
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmho/cm	3.14
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/100g S.	40.79
Materia orgánica	%	7.76
Nitrógeno disponible	%	4.12
Fosforo disponible	ppm	36.33
Potasio disponible	meq/100g S.	5.11

Fuente: LAFASA (2020).

Según el análisis físico químico del humus de lombriz se tiene un pH de 8.03 la cual según Chilon (2014) es calificado como moderadamente alcalino, por tanto, fue influenciado en el rendimiento comercial del cultivo.

La conductividad eléctrica (C.E.) en el humus de lombriz analizado presento (3.14 mmho/cm, estos valores nos indican que hay ligeros problemas de sales. Al respecto

Aguilar (2016) afirma que la conductividad eléctrica mide la concentración de sales disueltas en el agua. En general, la conductividad eléctrica del agua, de calidad buena es inferior a 0.75 mmho/cm; permisible con valores entre 0.75 a 2 mmho/cm.

Pero sin embargo Argerich *et al.* (2010) indica que los cultivos hortícolas, como el tomate, son más o menos resistentes a la salinidad pudiendo tolerar un valor de conductividad eléctrica hasta de 4 mmho/cm.

La capacidad de Intercambio Catiónico fue de 40.79 meq/100g S. calificado como muy alto y según Toledo (2016) sostiene que tiene mayor capacidad de retener nutrientes y así normalmente los hace más fértiles.

El contenido de materia orgánica (MO) del humus de lombriz fue de 7.76% calificado como alto y el contenido de nitrógeno total presento 4.12% teniendo así un adecuado nivel de nitrógeno contribuyendo a un adecuado crecimiento de la planta.

Al respecto Jaramillo *et al.* (2007) indica que el cultivo puede verse favorecido teniendo una buena cantidad de clorofila una óptima velocidad en su crecimiento promoviendo la formación de flores y frutos y regulando la maduración de la planta, mejora el color y tamaño del fruto y disminuye la aparición de hombros verdes.

Vigliola (1992) indica que este nutriente (nitrógeno) influye sobre el momento de cosecha, acelerando la madurez comercial en las hortalizas cuya parte comestible es la vegetativa.

El fósforo disponible fue de 36.33 ppm calificado como alto y según Jaramillo *et al.* (2007) es fundamental en la fotosíntesis y en la respiración celular, necesaria para el desarrollo de estructuras reproductivas y del sistema radical; promueve el crecimiento y el desarrollo de las raíces y mejora la calidad del cultivo; es vital para la formación de semillas, y ayuda a aumentar la resistencia de enfermedades.

El potasio registro un valor de 5.11 meq/100g S. calificado como muy alto y al respecto Jaramillo *et al.* (2007) indica que es vital para la fotosíntesis y esencial en la síntesis de proteína; ayuda a que la planta haga un uso más eficiente del agua, por su efecto osmorregulador, aumenta la tolerancia a heladas, es importante tanto en la formación y calidad de los frutos como en la activación de las enzimas y aumenta la resistencia a enfermedades; además, ayuda a las plantas a soportar el estrés causado por nematodos, y sobre todo, mejora considerablemente la calidad de los cultivos y sus cosechas.

6.4. Variables agronómicas

6.4.1. Altura de planta

En la tabla 17, se muestra el análisis de varianza para la variable altura de planta, en la cual nos muestra un coeficiente de variación CV = 3,14 % el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa (2009), el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 17. Análisis de varianza para altura de planta a los 90 días después del trasplante

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p-valor	Nivel de significancia al 5%
Frecuencia	1	1984,50	1984,50	132,79	<0,0001	**
Dosis	2	1344,78	672,39	44,99	<0,0001	**
Frecuencia*Dosis	2	394,33	197,17	13,19	0,0009	**
Error	12	179,33	14,94			
Total	17	3902,94				

Descripción: (**) Altamente significativo, (*) significativo, (N.S.) no significativo

Fuente: Elaboración propia (2021).

En el análisis de varianza se puede apreciar que los factores, frecuencia de aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz, mostraron diferencias altamente significativas, al igual que la interacción frecuencia – densidad, los dos factores no son independientes.

En la tabla 18, se muestra que mediante la prueba de Duncan al 5%, para el factor de frecuencia de *Trichoderma harzianum* en primer lugar obtuvo el con aplicación, reportando una media de 133,56 cm y el segundo lugar al sin aplicación con una media de 112,56 cm.

Tabla 18. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de *Trichoderma harzianum* en la altura de planta de tomate cherry.

Frecuencia	Promedio altura de planta (cm)	Prueba de Duncan 5%
Con aplicación	133,56	A
Sin aplicación	112,56	B

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 18, estadísticamente indica que existe diferencias entre las frecuencias de *Trichoderma harzianum*, donde se muestra que con aplicación obtuvo mayor desarrollo con una media de 133,56 cm de altura, esto debido a que el *Trichoderma harzianum* tiene una estimulación del crecimiento vegetal, con respecto al sin aplicación que obtuvo un menor desarrollo con una media de 112,56 cm de altura.

En la tabla 19, se presenta que mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%, para el factor de Dosis de humus de lombriz, la dosis con 2 kg/m² obtuvo un primer lugar con una media de 133,50 cm; y la dosis con 1 kg/m² reportó una media de 123,33

cm, siguiendo la dosis con 0 kg/m² presento una media de 112,33 cm quedando en el menor de todas las dosis de humus de lombriz.

Tabla 19. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en la altura de planta de tomate cherry.

Dosis	Promedio altura de planta (cm)	Prueba de Duncan 5%
2 kg/m ²	133,50	A
1 kg/m ²	123,33	B
0 kg/m ²	112,33	C

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 19, estadísticamente indica que existe diferencias entre las dosis de humus de lombriz, reportándonos que con 2 kg/m² obtuvo un mayor desarrollo con una media de 133,50 cm de altura y la dosis con 1 kg/m² con una media de 123,33 cm de altura, por lo tanto, el que obtuvo el menor valor fue la dosis de 0 kg/m² con una media de 112,33 cm de altura, y esto probablemente nos indica que a mayor dosis de humus de lombriz mayor será la altura de la planta apoyándonos a la disponibilidad de nutrientes que contienen el humus de lombriz.

El análisis de la interacción para la altura de planta (cm) entre frecuencia – dosis, se puede observar en la tabla 20; donde los resultados de la altura de planta (cm) se verán influenciados por la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Tabla 20. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en la altura de planta tomate cherry.

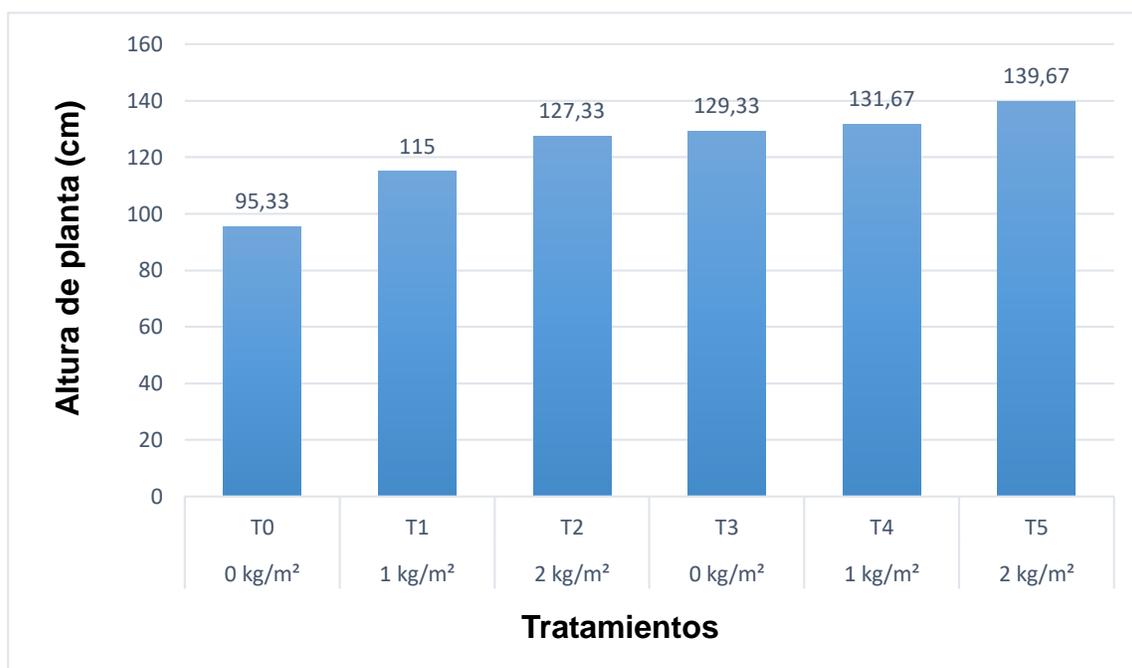
Tratamientos	Frecuencia	Dosis	Promedio de altura (cm)	Prueba de Duncan 5%
Tratamiento 5	Con aplicación	2 kg/m ²	139,67	A
Tratamiento 4	Con aplicación	1 kg/m ²	131,67	B
Tratamiento 3	Con aplicación	0 kg/m ²	129,33	B
Tratamiento 2	Sin aplicación	2 kg/m ²	127,33	B
Tratamiento 1	Sin aplicación	1 kg/m ²	115,00	C
Tratamiento 0	Sin aplicación	0 kg/m ²	95,33	D

Fuente: Elaboración propia (2021).

Los promedios de altura de planta (cm) muestran que los tratamientos T2, T3 y T4 son numéricamente diferentes, pero estadísticamente similares y los T0, T1 y T5 son estadísticamente diferentes a los anteriores.

La interacción más representativa se da con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz con una media de 139,67 cm de altura, y presentando una media de 131,67 cm con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz, el nivel medio obtuvo una media de 129,33 cm con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz y las interacciones por debajo del nivel medio fueron sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz de 2 kg/m² presentando una media de 127,33 cm y sin aplicación de *Trichoderma harzianum* con dosis de 1 kg/m² presentando una media de 115,00 cm, teniendo así el promedio más bajo al testigo sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² con la media de 95,33 cm debido a la falta de interacción con la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Figura 10. Alturas de plantas de tomate cherry a los 90 días después del trasplante.



Fuente: Elaboración en base a datos encontrados (2020).

De acuerdo a la figura 10, la mayor altura promedio alcanzado es de 139,67 cm para el T5 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz), seguido por 131,67 cm para T4 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz), frente a T3 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 129,33 cm de altura. Y viendo que el T2 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) presentó una altura de 127,33 cm, el T1 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz) nos dio 115 cm de altura, teniendo, así como la menor altura al T0 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 95,33 cm.

Al respecto Blanco C. (2018), para la misma variable, en un estudio con tomate cherry aplicando dosis de humus de lombriz, en ambiente atemperado obtuvo la mayor altura

de planta con 124 cm, a los 90 días, probablemente porque no se aplicó *T. harzianum* se obtuvo un menor desarrollo.

Estas diferencias de alturas se podrían atribuir que la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz influyeron sustancialmente en el desarrollo de la planta porque se sabe que la *T. harzianum* estimula el crecimiento vegetal y acelera el desarrollo del sistema radicular posibilitando la tolerancia al estrés (Harman y Vinale *et al.*, 2008).

Y la disponibilidad de nutrientes del humus de lombriz, de acuerdo al análisis físico – químico que se realizó, se observa un incremento de nitrógeno a medida que aumenta la cantidad de humus y de los otros nutrientes como el P, K, Ca, Mg, B, estos nutrientes también favorecieron el incremento en altura de planta como menciona (CENTA, 2000). El nitrógeno es el nutriente que más afecta al crecimiento y la producción del tomate, fácilmente asimilable, fundamental en la formación de aminoácidos, proteínas enzimas, ácidos nucleicos, clorofilas, alcaloides y bases nitrogenadas ideales para obtener un rápido crecimiento (Jaramillo *et al.*, 2007).

6.4.2. Diámetro de tallo

En la tabla 21, se muestra el análisis de varianza para la variable diámetro de tallo, en la cual nos muestra un coeficiente de variación $CV = 2,94 \%$ el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 21. Análisis de Varianza del diámetro del tallo a los 90 días después del trasplante.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p-valor	Nivel de significancia al 5%
Frecuencia	1	67,67	67,67	451,11	<0,0001	**
Dosis	2	32,35	16,18	107,85	<0,0001	**
Frecuencia*Dosis	2	2,31	1,16	7,71	0,0070	**
Error	12	1,80	0,15			
Total	17	104,14				

Descripción: (**) Altamente significativo, (*) significativo, (N.S.) no significativo

Fuente: Elaboración propia (2021).

En el análisis de varianza se puede apreciar que los factores, frecuencia de aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz, mostraron diferencias altamente significativas, por lo tanto, la interacción frecuencia – densidad también muestra diferencias altamente significativas donde nos indica que los dos factores no son independientes.

En la tabla 22, se muestra que mediante la prueba de Duncan al 5%, para el factor de frecuencia de *Trichoderma harzianum* en primer lugar obtuvo el con aplicación, reportando una media de 15,11 mm y el segundo lugar al sin aplicación con una media de 11,23 mm.

Tabla 22. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de *Trichoderma harzianum* en el diámetro de tallo de tomate cherry.

Frecuencia	Promedio diámetro de tallo (mm)	Prueba de Duncan 5%
Con aplicación	15,11	A
Sin aplicación	11,23	B

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 22, estadísticamente indica que existe diferencias entre las frecuencias de *Trichoderma harzianum*, donde se muestra que con aplicación obtuvo mayor desarrollo con una media de 15,11 mm de diámetro, esto debido a que el *Trichoderma harzianum* tiene una estimulación del crecimiento vegetal y una aceleración del sistema radicular, con respecto al sin aplicación que obtuvo un menor desarrollo con una media de 11,23 mm de diámetro.

En la tabla 23, se presenta que mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%, para el factor de Dosis de humus de lombriz, la dosis con 2 kg/m² obtuvo un primer lugar con una media de 14,83 mm; y la dosis con 1 kg/m² reportó una media de 13,13 mm, siguiendo la dosis con 0 kg/m² presentó una media de 11,55 mm quedando en el menor de todas las dosis de humus de lombriz.

Tabla 23. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en el diámetro de tallo de tomate cherry.

Dosis	Promedio diámetro de tallo (mm)	Prueba de Duncan 5%
2 kg/m ²	14,83	A
1 kg/m ²	13,13	B
0 kg/m ²	11,55	C

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 23, estadísticamente indica que existe diferencias entre las dosis de humus de lombriz, reportándonos que con 2 kg/m² obtuvo un mayor desarrollo con una media de 14,83 mm de diámetro de tallo y la dosis con 1 kg/m² con una media de 13,13 mm de diámetro, por lo tanto, el que obtuvo el menor valor fue la dosis de 0 kg/m² con una media de 11,55 mm de diámetro de tallo, y esto probablemente nos indica que a mayor dosis de humus de lombriz mayor será el diámetro del tallo apoyándonos a la disponibilidad de nutrientes que contienen el humus de lombriz.

El análisis de la interacción para el diámetro de tallo (mm) entre frecuencia – dosis, se puede observar en la tabla 24; donde los resultados del diámetro de tallo (mm) se verán influenciados por la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Tabla 24. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en el diámetro de tallo de planta tomate cherry.

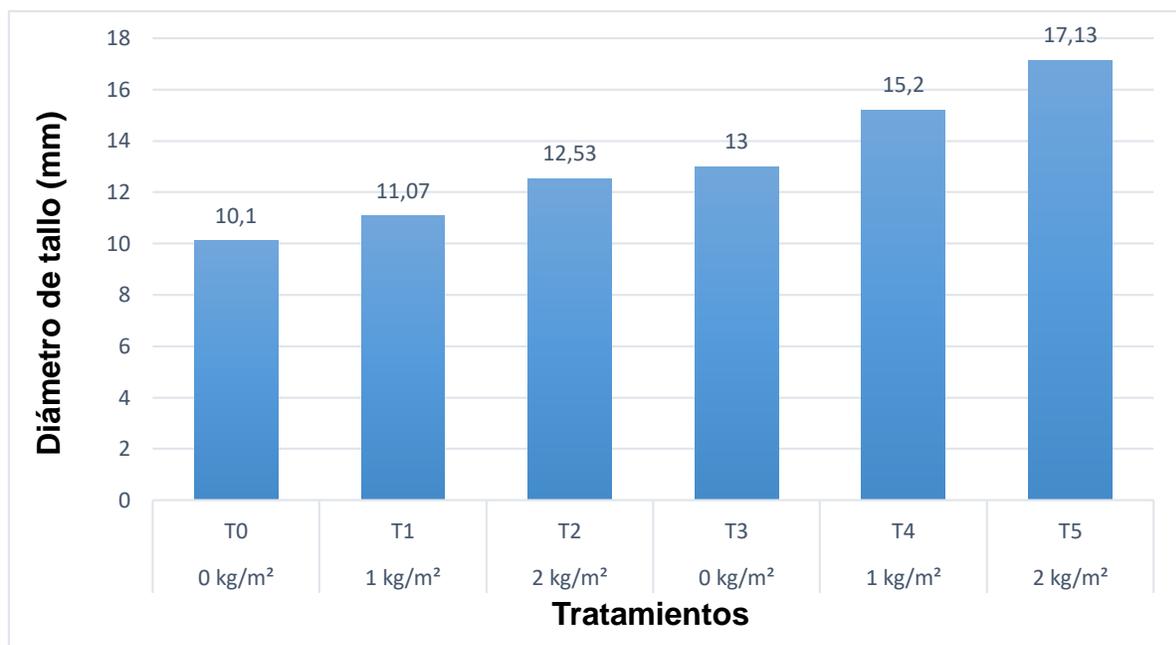
Tratamientos	Frecuencia	Dosis	Promedio de diámetro de tallo (mm)	Prueba de Duncan 5%
Tratamiento 5	Con aplicación	2 kg/m ²	17,13	A
Tratamiento 4	Con aplicación	1 kg/m ²	15,20	B
Tratamiento 3	Con aplicación	0 kg/m ²	13,00	C
Tratamiento 2	Sin aplicación	2 kg/m ²	12,53	C
Tratamiento 1	Sin aplicación	1 kg/m ²	11,07	D
Tratamiento 0	Sin aplicación	0 kg/m ²	10,10	E

Fuente: Elaboración propia (2021).

Los promedios de diámetro de tallo (mm) muestran que los tratamientos T2, T3 son numéricamente diferentes, pero estadísticamente similares y los T0, T1, T4 y T5 son estadísticamente diferentes a los anteriores.

La interacción más representativa se da con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz con una media de 17,13 mm de diámetro, y presentando una media de 15,20 mm con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz, el nivel medio obtuvo una media de 13,00 mm con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz y las interacciones por debajo del nivel medio fueron sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz de 2 kg/m² presentando una media de 12,53 mm y sin aplicación de *Trichoderma harzianum* con dosis de 1 kg/m² presentando una media de 11,07 mm, teniendo así el promedio más bajo al testigo sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² con la media de 10,10 mm debido a la falta de interacción con la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Figura 11. Diámetros de tallos de plantas de tomate cherry a los 90 días después del trasplante



Fuente: Elaboración en base a datos encontrados (2020).

De acuerdo a la figura 11, el mayor diámetro promedio alcanzado es de 17,13 mm para el T5 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz), seguido por 15,20 mm para T4 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz), frente a T3 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 13,00 mm de diámetro. Y viendo que el T2 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) presentó un diámetro de 12,53 mm, el T1 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz) nos dio 11,07 mm de diámetro, teniendo, así al menor diámetro al T0 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 10,10 mm.

Al respecto Blanco C. (2018), para la misma variable, en un estudio con tomate cherry aplicando dosis de humus de lombriz, en ambiente atemperado en la ciudad de El Alto

obtuvo el mayor diámetro de tallo con 10,72 mm a los 90 días probablemente debido a que no se aplicó *Trichoderma harzianum*, ya que si se aplicó dosis de humus de lombriz. Por otro lado, Blanco (2007) en un estudio con tomate cherry aplicando fertilización foliar en Coroico Nor Yungas, en condiciones de campo obtuvo un promedio general de 21.09 mm, mayor a los resultados obtenidos en el presente estudio, probablemente por las condiciones de campo abierto y el tipo de densidad siembra en el que estaba cultivado, porque en el presente estudio se tenía una densidad de siembra como un cultivo biointensivo.

Estas diferencias de alturas se podrían atribuir que la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz influyeron sustancialmente en el desarrollo de la planta porque se sabe que la *T. harzianum* estimula el crecimiento vegetal y acelera el desarrollo del sistema radicular posibilitando la tolerancia al estrés (Harman y Vinale *et al.*, 2008).

Y la disponibilidad de nutrientes del humus de lombriz, de acuerdo al análisis físico – químico que se realizó, se observa un incremento de nitrógeno a medida que aumenta la cantidad de humus y de los otros nutrientes como el P, K, Ca, Mg, B, estos nutrientes también favorecieron el incremento en altura de planta como menciona (CENTA, 2000).

El nitrógeno es el nutriente que más afecta al crecimiento y la producción del tomate, fácilmente asimilable, fundamental en la formación de aminoácidos, proteínas enzimas, ácidos nucleicos, clorofilas, alcaloides y bases nitrogenadas ideales para obtener un rápido crecimiento (Jaramillo *et al.*, 2007).

6.4.3. Diámetro de fruto

En la tabla 25, se muestra el análisis de varianza para la variable diámetro de fruto, en la cual nos muestra un coeficiente de variación $CV = 3,68 \%$ el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 25. Análisis de Varianza para la variable diámetro de fruto.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p-valor	Nivel de significancia al 5%
Frecuencia	1	177,35	177,35	213,10	<0,0001	**
Dosis	2	50,75	25,38	30,49	<0,0001	**
Frecuencia*Dosis	2	4,28	2,14	2,57	0,1174	NS
Error	12	9,99	0,83			
Total	17	242,37				

Descripción: (**) Altamente significativo, (*) significativo, (N.S.) no significativo

Fuente: Elaboración propia (2021).

Se puede ver que en el análisis de varianza para la variable diámetro del fruto que el factor frecuencia y dosis resultaron altamente significativos, mostrándonos que son independientes en la cual cada factor afecta a su comportamiento fisiológico del cultivo una acción favorable para la producción de tomates cherry a gran escala.

Por lo tanto, se puede ver que no existe interacción entre los dos factores al mostrarnos que no es significativo y que cada factor es independiente en sus funciones dentro la planta en lo que se refiere al diámetro de frutos.

En la tabla 26, se muestra que mediante la prueba de Duncan al 5%, para el factor de frecuencia de *Trichoderma harzianum* en primer lugar obtuvo el con aplicación, reportando una media de 27,94 mm y el segundo lugar al sin aplicación con una media de 21,67 mm.

Tabla 26. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de *Trichoderma harzianum* en el diámetro de fruto de tomate cherry.

Frecuencia	Promedio diámetro de fruto (mm)	Prueba de Duncan 5%
Con aplicación	27,94	A
Sin aplicación	21,67	B

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 26, estadísticamente indica que existe diferencias entre las frecuencias de *Trichoderma harzianum*, donde se muestra que con aplicación obtuvo mayor desarrollo con una media de 27,94 mm de diámetro, esto debido a que el *Trichoderma harzianum* tiene una estimulación del crecimiento vegetal y una aceleración del sistema radicular, en la cual ayudó para la absorción de nutrientes con respecto al sin aplicación que obtuvo un menor desarrollo con una media de 21,67 mm de diámetro.

En la tabla 27, se presenta que mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%, para el factor de Dosis de humus de lombriz, la dosis con 2 kg/m² obtuvo un primer lugar con una media de 26,95 mm; y la dosis con 1 kg/m² reportó una media de 24,62 mm, siguiendo la dosis con 0 kg/m² presentó una media de 22,85 mm quedando en el menor de todas las dosis de humus de lombriz.

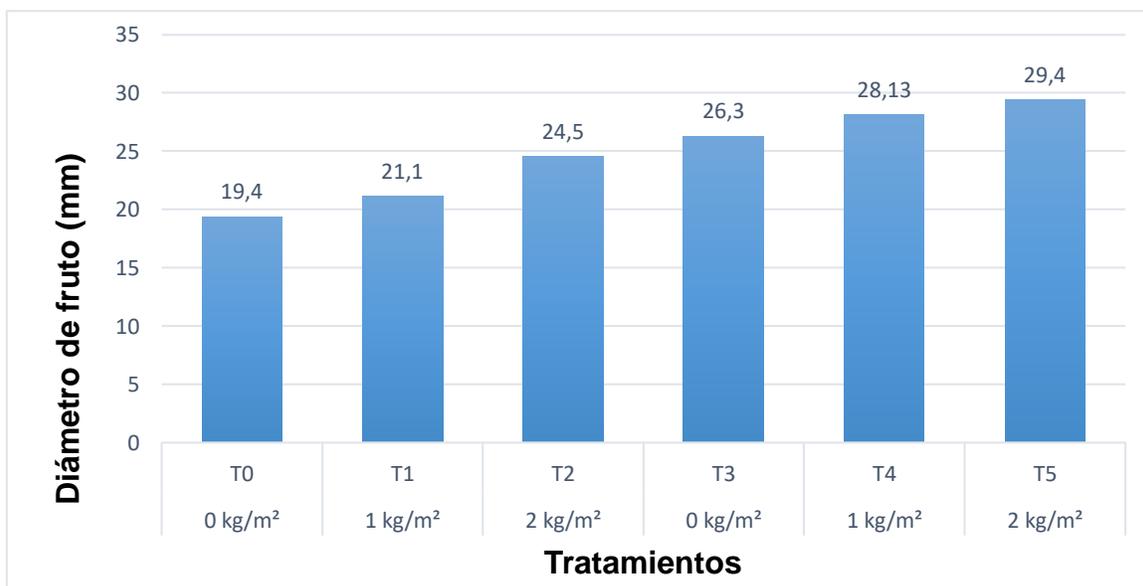
Tabla 27. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en el diámetro de fruto de tomate cherry.

Dosis	Promedio diámetro de fruto (mm)	Prueba de Duncan 5%
2 kg/m ²	26,95	A
1 kg/m ²	24,62	B
0 kg/m ²	22,85	C

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 27, estadísticamente indica que existe diferencias entre las dosis de humus de lombriz, reportándonos que con 2 kg/m² obtuvo un mayor desarrollo con una media de 26,95 mm de diámetro de fruto y la dosis con 1 kg/m² con una media de 24,62 mm de diámetro, por lo tanto, el que obtuvo el menor valor fue la dosis de 0 kg/m² con una media de 22,85 mm de diámetro de fruto, y esto probablemente nos indica que a mayor dosis de humus de lombriz mayor será el diámetro del tallo apoyándonos a la disponibilidad de nutrientes que contienen el humus de lombriz.

Figura 12. Diámetros de frutos de plantas de tomate cherry.



Fuente: Elaboración en base a datos encontrados (2020).

En la figura 12 se puede apreciar que el mayor diámetro es el T5 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) con una media de 29,4 mm, seguido por 28,13 mm para T4 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz), frente a T3 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 26,3 mm de diámetro. Y viendo que el T2 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) presentó un diámetro de 24,50 mm, el T1 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz) nos dio 21,10 mm de diámetro, teniendo, así al menor diámetro al T0 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 19,40 mm.

Para ejemplificar Blanco C. (2018) para la misma variable, en un estudio con tomate cherry aplicando dosis de humus de lombriz, en ambiente atemperado en la ciudad de El Alto obtuvo el mayor diámetro de fruto con 25,75 mm, probablemente debido a que no se aplicó *Trichoderma harzianum*.

Hay que destacar que Carchuna (2003) menciona que el promedio de diámetro de fruto se encuentra entre 1 a 3 cm. Valor que se comparó con nuestros resultados que en promedio fue de 24,81 mm indicándonos que nos encontramos dentro de los rangos que se recomienda y por lo tanto es aceptable.

Las diferencias obtenidas en el diámetro de fruto, probablemente se deba a que la planta a través del sistema radicular tuvo la capacidad de utilizar como nutrientes una amplia variedad de materiales orgánicos naturales que ofrece la *Trichoderma h.* porque muy bien sabemos que ayuda al rápido desarrollo del crecimiento radicular, como también el humus de lombriz favorecieron la mayor asimilación de nutrientes que esta ofrece como ser el potasio, siendo este elemento indispensable en la nutrición vegetal y desarrollo del

fruto del tomate, porque se sabe que la mayor parte del potasio se acumula en el fruto con un 57%. Prueba de ello Jaramillo *et al.* (2007) menciona que el potasio es vital para la fotosíntesis y esencial en la síntesis de proteína, tiene la importancia preponderante en el llenado, la firmeza y la calidad organoléptica del fruto, interfiriendo en la uniformidad de la maduración.

6.4.4. Número de frutos por planta

En la tabla 28, se muestra el análisis de varianza para la variable número de frutos por planta, donde nos muestra un coeficiente de variación de CV = 3,06 % el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 28. Análisis de Varianza para la variable número de frutos por planta

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p-valor	Nivel de significancia al 5%
Frecuencia	1	5477,56	5477,56	1071,70	<0,0001	**
Dosis	2	1950,78	975,39	190,84	<0,0001	**
Frecuencia*Dosis	2	112,11	56,06	10,97	0,0020	**
Error	12	61,33	5,11			
Total	17	7601,78				

Descripción: (**) Altamente significativo, (*) significativo, (N.S.) no significativo

Fuente: Elaboración propia (2021).

Por consiguiente, en el análisis de varianza para la variable número de frutos por planta indican que el factor frecuencia y dosis resultaron altamente significativos, mostrándonos

que cada factor afecta a su comportamiento fisiológico del cultivo una acción favorable para la producción de tomates cherry a gran escala.

Por lo tanto, se puede ver en la interacción que es altamente significativo puesto que entre los dos factores nos muestra que son dependientes dentro de la planta en lo que se refiere al número de frutos por planta.

En la tabla 29, se muestra que mediante la prueba de Duncan al 5%, para el factor de frecuencia de *Trichoderma harzianum* con aplicación reporto una media de 91,33 frutos por planta y en cuanto al sin aplicación con una media de 56,44 frutos por planta.

Tabla 29. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de *Trichoderma harzianum* en número de frutos por planta de tomate cherry.

Frecuencia	Promedio número de frutos por planta (Nºf/pl)	Prueba de Duncan 5%
Con aplicación	91,33	A
Sin aplicación	56,44	B

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 29, numéricamente diferentes y que tiene diferencias estadísticas, entre las frecuencias de *Trichoderma harzianum*, donde se ve que con aplicación obtuvo mayor desarrollo con una media de 91,33 frutos por planta, esto debido a que el *Trichoderma harzianum* tiene una estimulación del crecimiento vegetal y una aceleración del sistema radicular, y en efecto ayudó para la absorción de nutrientes como también se sabe que la *Trichoderma* solubiliza el manganeso constantemente ayudando a las funciones fisiológicas de la planta, con respecto al sin aplicación que obtuvo un menor desarrollo con una media de 56,44 número de frutos por planta.

En la tabla 30, se presenta que mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%, para el factor de Dosis de humus de lombriz, mostraron los siguientes resultados.

Tabla 30. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en número de frutos por planta de tomate cherry.

Dosis	Promedio número de frutos por planta (Nºf/pl)	Prueba de Duncan 5%
2 kg/m ²	86,67	A
1 kg/m ²	73,83	B
0 kg/m ²	61,17	C

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 30, estadísticamente indica que existe diferencias entre las dosis de humus de lombriz, reportándonos que con 2 kg/m² obtuvo un mayor desarrollo con una media de 86,67 frutos por planta y la dosis con 1 kg/m² con una media de 73,83 frutos, por lo tanto, el que obtuvo el menor valor fue la dosis de 0 kg/m² con una media de 61,17 frutos por planta, y esto probablemente nos indica que a mayor dosis de humus de lombriz mayor será el número de frutos por planta, apoyándonos a la disponibilidad de nutrientes que contienen el humus de lombriz.

El análisis de la interacción para el número de frutos por planta (Nºf/pl) entre frecuencia – dosis, se puede observar en la tabla 31; donde los resultados del número de frutos por planta (Nºf/pl) se verán influenciados por la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Tabla 31. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en el número de frutos por planta de tomate cherry.

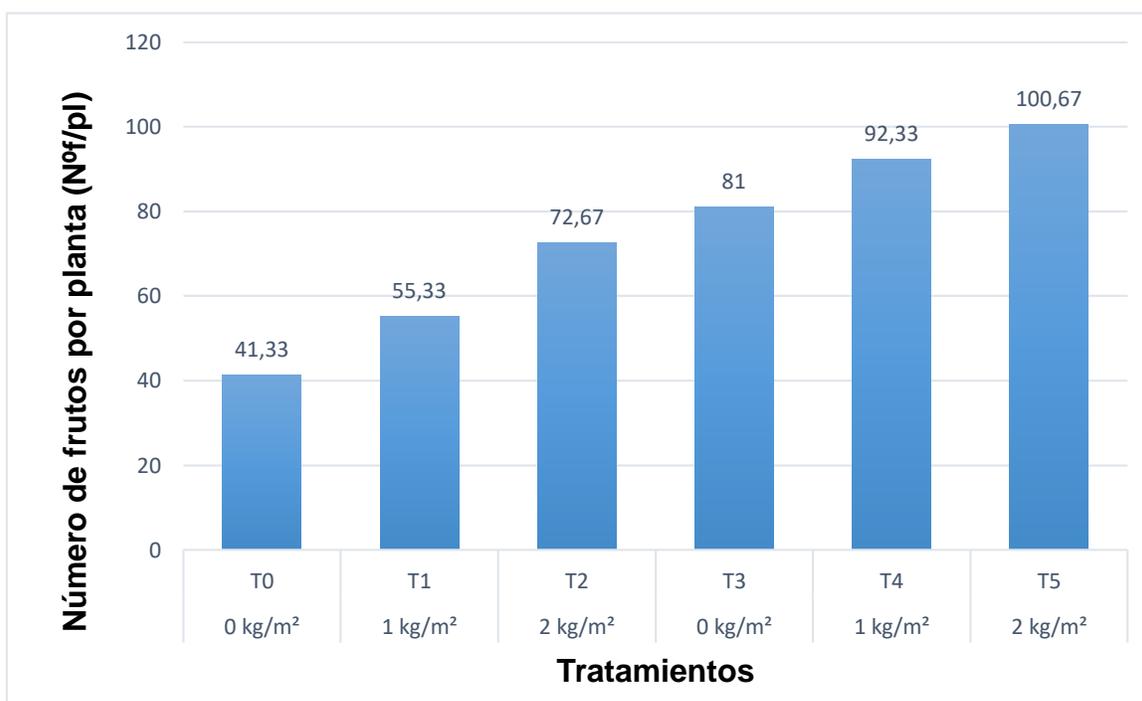
Tratamientos	Frecuencia	Dosis	Promedio número de frutos por planta (Nºf/pl)	Prueba de Duncan 5%
Tratamiento 5	Con aplicación	2 kg/m ²	100,67	A
Tratamiento 4	Con aplicación	1 kg/m ²	92,33	B
Tratamiento 3	Con aplicación	0 kg/m ²	81,00	C
Tratamiento 2	Sin aplicación	2 kg/m ²	72,67	D
Tratamiento 1	Sin aplicación	1 kg/m ²	55,33	E
Tratamiento 0	Sin aplicación	0 kg/m ²	41,33	F

Fuente: Elaboración propia (2021).

Los promedios del número de frutos por planta (Nºf/pl) muestran que todos los tratamientos son numéricamente y estadísticamente diferentes.

Sin embargo la interacción más representativa se da con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz con una media de 100,67 frutos por planta y presentando una media de 92,33 frutos por planta con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz, el nivel medio obtuvo una media de 81,00 frutos por planta con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz y las interacciones por debajo del nivel medio fueron sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz de 2 kg/m² presentando una media de 72,67 frutos y sin aplicación de *Trichoderma harzianum* con dosis de 1 kg/m² presentando una media de 55,33 frutos, teniendo así el promedio más bajo al testigo sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² con la media de 41,33 frutos por planta por lo que se refiere a la falta de interacción con la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Figura 13. Número de frutos por planta de tomate cherry.



Fuente: Elaboración en base a datos encontrados (2020).

En la figura 13 se puede apreciar que el mayor número de frutos por planta es el T5 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) con una media de 100,67 frutos por planta, seguido por 92,33 frutos para T4 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz), frente a T3 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 81 frutos por planta. Y viendo que el T2 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) presentó un número de frutos por planta de 72,67, el T1 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz) nos dio 55,33 frutos, teniendo, así al menor número de frutos al T0 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 41,33 frutos por planta.

Prueba de ello Chilon (2014) menciona que el potasio favorece la síntesis de carbohidratos, así como el movimiento de estas sustancias estimulando el engrosamiento de la pared celular a ciertos órganos de reserva. El potasio es muy importante para el fructificación.

Conviene recordar que Blanco C. (2018) para la misma variable, en un estudio con tomate cherry aplicando dosis de humus de lombriz, en ambiente atemperado en la ciudad de El Alto obtuvo el mayor número de frutos con 78,25 frutos por planta, probablemente debido a que no se aplicó *Trichoderma harzianum*. Porque en el presente estudio se obtuvo un mayor número de frutos con 101 frutos por planta.

Por lo tanto, estas diferencias obtenidas en la variable número de frutos por planta, se puede atribuir lo que mencionan Harman y Vinale *et al.* (2008) que la *Trichoderma h.* incrementaba la absorción de nutrientes a través del mejoramiento del desarrollo radicular o promoviendo la disponibilidad de nutrientes necesarios como en este caso para el fructificación es importante el macronutriente del potasio, como también al tener una interacción con el humus de lombriz este ayuda a la disponibilidad de nutrientes que se encontraba en cada tratamiento con las diferentes dosis de humus de lombriz.

6.4.5. Peso de fruto (gr/pl)

En la tabla 32, se muestra el análisis de varianza para la variable peso de fruto por planta, donde nos muestra un coeficiente de variación de $CV = 3,51 \%$ el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 32. Análisis de Varianza para la variable peso de fruto por planta.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p-valor	Nivel de significancia al 5%
Frecuencia	1	31,13	31,13	300,07	<0,0001	**
Dosis	2	5,25	2,62	25,30	<0,0001	**
Frecuencia*Dosis	2	0,53	0,27	2,57	0,1181	NS
Error	12	1,24	0,10			
Total	17	38,15				

Descripción: (**) Altamente significativo, (*) significativo, (N.S.) no significativo

Fuente: Elaboración propia (2021).

Por lo que se refiere, en el análisis de varianza para la variable peso de fruto por planta indican que los factores frecuencia y dosis resultaron altamente significativos, mostrándonos que cada factor afecta a su comportamiento fisiológico del cultivo una acción favorable para la producción de tomates cherry.

En cuanto a la interacción de frecuencia – dosis se muestra que no es significativo dando a entender que los factores frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz son independientes.

Asimismo, en la tabla 33, se muestra que mediante la prueba de Duncan al 5%, para el factor de frecuencia de *Trichoderma harzianum* mostraron los siguientes resultados.

Tabla 33. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de *Trichoderma harzianum* en peso de fruto de tomate cherry.

Frecuencia	Promedio peso de fruto por planta (gr/pl)	Prueba de Duncan 5%
Con aplicación	10,48	A
Sin aplicación	7,85	B

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 33, muestra que son numéricamente y estadísticamente diferentes, donde se ve que con aplicación obtuvo mayor desarrollo con una media de 10,48 gramos por planta, esto debido a que la *Trichoderma h.* incrementa la absorción de nutrientes a través del mejoramiento del desarrollo radicular y promoviendo la disponibilidad de nutrientes necesarios, y en efecto ayudó para la absorción de nutrientes como también se sabe que la *Trichoderma* solubiliza el manganeso constantemente ayudando a las funciones fisiológicas de la planta, con respecto al sin aplicación que obtuvo un menor desarrollo con una media de 7,85 gramos por planta.

En la tabla 34, se presenta que mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%, para el factor de Dosis de humus de lombriz, mostraron los siguientes resultados.

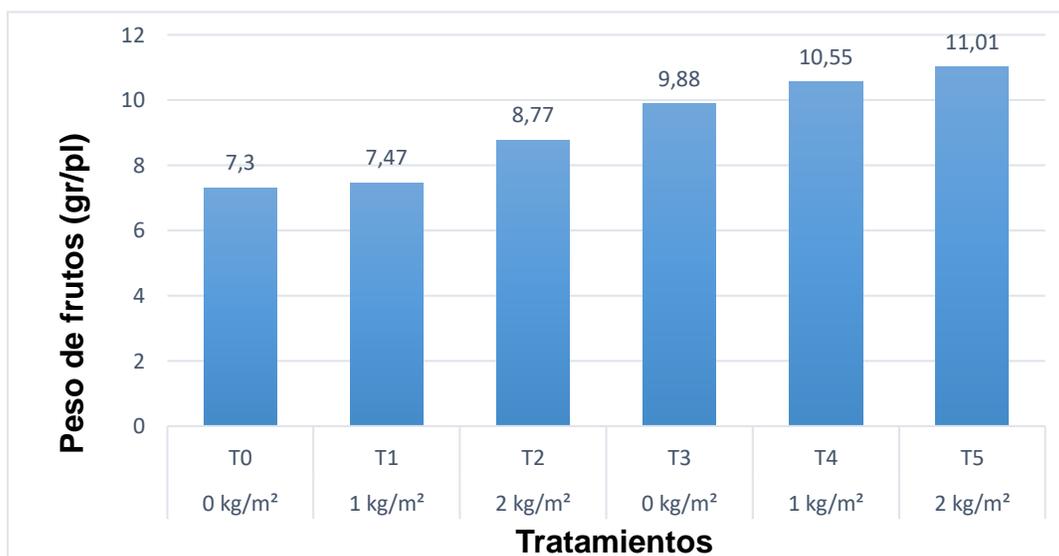
Tabla 34. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en peso de fruto de tomate cherry.

Dosis	Promedio peso de fruto por planta (gr/pl)	Prueba de Duncan 5%
2 kg/m ²	9,89	A
1 kg/m ²	9,01	B
0 kg/m ²	8,59	C

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 34, estadísticamente indica que existe diferencias entre las dosis de humus de lombriz, reportándonos que con 2 kg/m² obtuvo un mayor desarrollo con una media de 9,89 gramos por planta y la dosis con 1 kg/m² con una media de 9,01 gramos por planta, por lo tanto, el que obtuvo el menor valor fue la dosis de 0 kg/m² con una media de 8,59 gramos por planta, y esto probablemente nos indica que a mayor dosis de humus de lombriz mayor será el número de frutos por planta, apoyándonos a la disponibilidad de nutrientes que ofrece el humus de lombriz.

Figura 14. Promedio de peso de fruto de tomate cherry.



Fuente: Elaboración en base a datos encontrados (2020).

En la figura 14 se puede apreciar que el mayor promedio de peso de fruto por planta es el T5 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) con una media de 11,01 gramos por planta, seguido por 10,55 gramos por planta para T4 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz), frente a T3 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 9,88 gramos por planta. Y viendo que el T2 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) presentó un peso de fruto por planta de 8,77, el T1 (sin aplicación de

T. harzianum y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz) nos dio 7,47 gramos por planta, teniendo, así al menor número de frutos al T0 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 7,3 gramos por planta.

Por ejemplo, Blanco C. (2018) para la misma variable, en un estudio con tomate cherry aplicando dosis de humus de lombriz, en ambiente atemperado en la ciudad de El Alto obtuvo el mayor promedio fue de 9,55 gramos, probablemente debido a que no se aplicó *Trichoderma harzianum*. Sin embargo, Carchuña (2003), señala que el peso medio del fruto de tomate Cherry varia de 8 – 12 gramos de acuerdo a la variedad, por lo tanto, los resultados están dentro del rango citado por el autor, porque cabe recordar que nuestro mayor promedio es de 11,01 gramos.

Por lo tanto, estas diferencias obtenidas en la variable peso de fruto por planta, se puede atribuir a la disponibilidad de nutrientes disueltos en el suelo, por efecto de la dosis de humus de lombriz, y también lo que mencionan Harman y Vinale *et al.* (2008) que la *Trichoderma h.* incrementaba la absorción de nutrientes a través del mejoramiento del desarrollo radicular o promoviendo la disponibilidad de nutrientes necesarios como en este caso para el fructificación es importante el macronutriente del potasio.

No obstante, Jaramillo *et al.* (2007) indica que el potasio aumenta la tolerancia a heladas y es importante tanto en la formación y calidad de los frutos como en la activación de enzimas, mejorando considerablemente la calidad del cultivo de tomate cherry y sus cosechas.

Humeres y Caraballo (1991) mencionan que el calcio es indispensable para la formación de los pectatos de calcio en la pared celular de los frutos lo cual contribuye a la consistencia.

Al respecto Jaramillo *et al.* (2007) indica que la deficiencia de este macronutriente en la planta de tomate cherry inicialmente aparece un amarillamiento de los bordes en hojas superiores, y se observa una coloración parda oscura en el envés, las hojas en formación manifiestan deformación y curvamiento de los bordes hacia arriba, y el punto de crecimiento presenta necrosis. Los tallos son delgados, débiles y quebradizos; las raíces son cortas, poco ramificadas y gruesas. En los frutos ocurre una pudrición en el extremo apical; lo que comúnmente se conoce como “culillo”, se manifiesta tanto en frutos verdes como maduros.

6.5. Variables fenológicas

6.5.1. Días a la floración

En la tabla 35, se muestra el análisis de varianza para la variable fenológica días a la floración, donde nos muestra un coeficiente de variación de CV = 2,44 % el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 35. Análisis de Varianza para la variable días a la floración.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p-valor	Nivel de significancia al 5%
Frecuencia	1	392,00	392,00	156,80	<0,0001	**
Dosis	2	200,78	100,39	40,16	<0,0001	**
Frecuencia*Dosis	2	6,33	3,17	1,27	0,3169	NS
Error	12	30,00	2,50			
Total	17	629,11				

Fuente: Elaboración propia (2021).

Por lo que se refiere, en el análisis de varianza para la variable fenológica días a la floración indican que los factores frecuencia y dosis resultaron altamente significativos, mostrándonos que cada factor afecta a su comportamiento fisiológico en la floración del cultivo una acción favorable para la producción de tomates cherry.

En cuanto a la interacción de frecuencia – dosis se muestra que no es significativo dando a entender que los factores frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz son independientes en cuanto se refiere a los días a la floración de tomate cherry.

Asimismo, en la tabla 36, se muestra que mediante la prueba de Duncan al 5%, para el factor de frecuencia de *Trichoderma harzianum* en la variable días a la floración mostraron los siguientes resultados.

Tabla 36. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de *Trichoderma harzianum* en los días a la floración de tomate cherry.

Frecuencia	Días a la floración	Prueba de Duncan 5%
Sin aplicación	69,44	A
Con aplicación	60,11	B

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 36, muestra que son numéricamente y estadísticamente diferentes, donde se ve que con aplicación obtuvo un efecto positivo en los días a la floración puesto que presento una media de 60,11 días, esto debido a que la *Trichoderma h.* estimula el crecimiento de las plantas y tiene la capacidad de solubilizar manganeso un micro elemento requerido para las funciones fisiológicas de las plantas como fotosíntesis, metabolismo de nitrógeno, síntesis de los compuestos aromáticos y además

promoviendo la disponibilidad de nutrientes necesarios, con respecto al sin aplicación que obtuvo una media de 69,44 días a la floración.

En la tabla 37, se presenta que mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%, para el factor de Dosis de humus de lombriz en la variable días a la floración, mostraron los siguientes resultados.

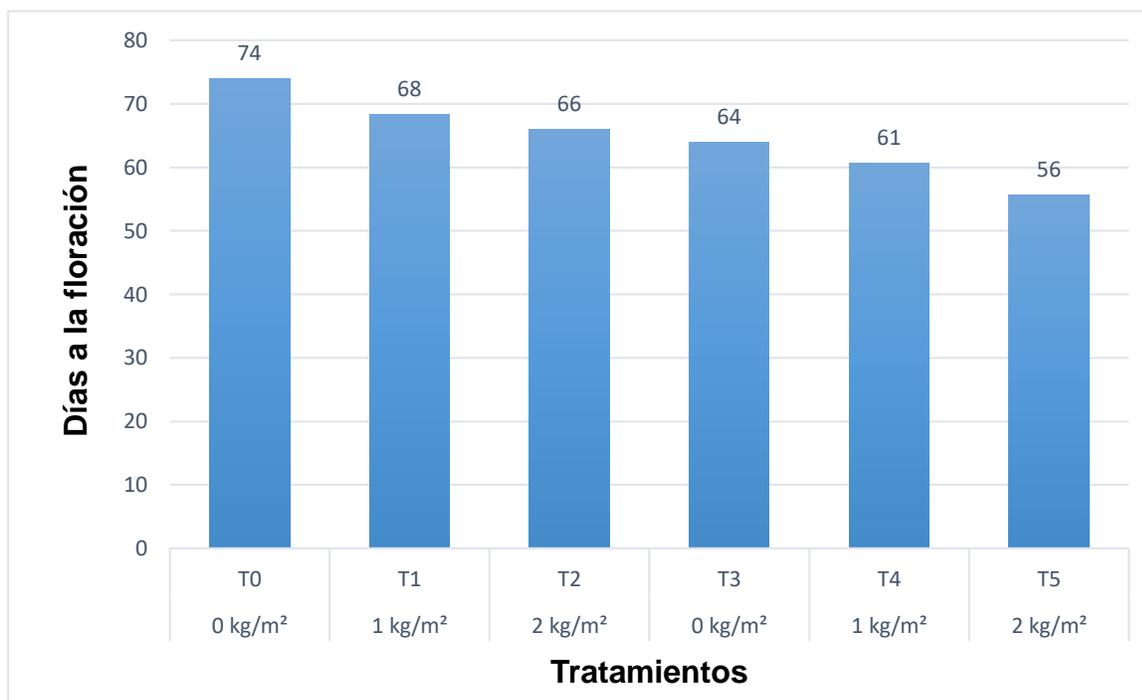
Tabla 37. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en días a la floración de tomate cherry.

Dosis	Días a la floración	Prueba de Duncan 5%
0 kg/m ²	69,00	A
1 kg/m ²	64,50	B
2 kg/m ²	60,83	C

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 37, estadísticamente indica que existe diferencias entre las dosis de humus de lombriz, reportándonos que con 2 kg/m² presentándonos un efecto positivo con una media de 60,83 días a la floración y la dosis con 1 kg/m² con una media de 64,50 días a la floración, por lo tanto, el que presento más días a la floración fue el valor de la dosis de 0 kg/m² con una media de 69,00 días, y así indicándonos que los nutrientes que ofrece el humus de lombriz es favorable para el cultivo en especial el nitrógeno puesto que este macronutriente ayuda a la floración.

Figura 15. Promedio de los días a la floración de tomate cherry.



Fuente: Elaboración en base a datos encontrados (2020).

Como se puede apreciar en la figura 15 muestra un mayor efecto positivo en el T5 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) con una media de 56 días a la floración después del trasplante, seguido por 61 días para T4 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz), frente a T3 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 64 días. Y viendo que el T2 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) presentó una media de 66 días, el T1 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz) nos dio 68 días a la floración después del trasplante, teniendo, así al T0 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) como efecto negativo con 74 días a la floración en cuanto se refiere en días a la floración después del trasplante.

Además, Blanco C. (2018) para la misma variable, en un estudio con tomate cherry aplicando dosis de humus de lombriz, en ambiente atemperado en la ciudad de El Alto obtuvo su mayor efecto positivo de 64,25 días, menor al presente estudio esto debido probablemente al efecto de la *Trichoderma harzianum* que se aplicó en la presente investigación.

Por lo tanto, estas diferencias obtenidas son prueba de que los nutrientes disponibles en el suelo son gracias a la *Trichoderma h.* que se aplicó foliarmente y al suelo puesto que ayudaron al cultivo, como también el humus de lombriz tal como que en el análisis físico – químico que se realizó se pudo ver que tiene una mayor concentración de nitrógeno disponible y muy bien sabemos que este macronutriente es importante para la formación de flores.

Según Jaramillo *et al.* (2007) menciona que el nitrógeno promueve la formación de flores, frutos y regula la maduración de la planta. CENTA (2000), menciona que fases fenológicas del cultivo de tomate cherry, su floración etapa vegetativa varia de 51 – 80 días. Por lo tanto, nuestros resultados están entre los parámetros que indica el autor.

6.5.2. Días a la cosecha

En la tabla 38, se muestra el análisis de varianza para la variable fenológica días a la cosecha, donde nos muestra un coeficiente de variación de $CV = 2,11 \%$ el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 38. Análisis de Varianza para la variable días a la cosecha.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p-valor	Nivel de significancia al 5%
Frecuencia	1	2473,39	2473,39	347,82	<0,0001	**
Dosis	2	936,78	468,39	65,87	<0,0001	**
Frecuencia*Dosis	2	86,11	43,06	6,05	0,0152	*
Error	12	85,33	7,11			
Total	17	3581,61				

Descripción: (**) Altamente significativo, (*) significativo, (N.S.) no significativo

Fuente: Elaboración propia (2021).

Por lo que se refiere, en el análisis de varianza para la variable fenológica días a la cosecha indican que los factores frecuencia y dosis resultaron altamente significativos, mostrándonos que cada factor afecta a su comportamiento fisiológico para la maduración y cosecha del cultivo una acción favorable para la producción de tomates cherry.

En cuanto a la interacción de frecuencia – dosis se muestra que es significativo dando a entender que los factores frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz son dependientes entre sí en cuanto se refiere a los días a la cosecha de tomate cherry.

Asimismo, en la tabla 39, se muestra que mediante la prueba de Duncan al 5%, para el factor de frecuencia de *Trichoderma harzianum* en la variable días a la cosecha mostraron los siguientes resultados.

Tabla 39. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de *Trichoderma harzianum* en los días a la cosecha de tomate cherry.

Frecuencia	Días a la cosecha	Prueba de Duncan 5%
Sin aplicación	138,00	A
Con aplicación	114,56	B

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 39, muestra que son numéricamente y estadísticamente diferentes, donde se ve que con aplicación obtuvo un efecto positivo en los días a la cosecha puesto que presento una media de 114,56 días, esto debido a que la *Trichoderma h.* estimula el crecimiento de las plantas y tiene la capacidad de solubilizar manganeso un micro elemento requerido para las funciones fisiológicas de las plantas como fotosíntesis, metabolismo de nitrógeno, síntesis de los compuestos aromáticos y además promoviendo la disponibilidad de nutrientes necesarios como ser el fosforo la cual favorece el cuajado y maduración de frutos, con respecto al sin aplicación que obtuvo una media de 138,00 días a la cosecha.

Al respecto en la tabla 40, se presenta que mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%, para el factor de Dosis de humus de lombriz en la variable días a la cosecha, mostraron los siguientes resultados.

Tabla 40. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en días a la cosecha de tomate cherry.

Dosis	Días a la cosecha	Prueba de Duncan 5%
0 kg/m ²	135,00	A
1 kg/m ²	126,50	B
2 kg/m ²	117,33	C

Fuente: Elaboración propia (2021).

Se muestra que la tabla 40, estadísticamente indica que existe diferencias entre las dosis de humus de lombriz, reportándonos que con 2 kg/m² presentándonos un efecto positivo con una media de 117,33 días a la cosecha y la dosis con 1 kg/m² con una media de 126,50 días a la cosecha, por lo tanto, el que presento más días a la cosecha fue el valor de la dosis de 0 kg/m² con una media de 135,00 días a la cosecha, y así indicándonos que los nutrientes que ofrece el humus de lombriz es favorable para el cultivo en especial el nitrógeno y el fosforo puesto que estos macronutrientes están muy ligados y aun nivel adecuado de los dos ayudan al fuerte crecimiento de la planta, floración, formación y cuajado de los frutos mejorando también así el color y tamaño del fruto.

El análisis de la interacción para días a la cosecha entre frecuencia – dosis, se puede observar en la tabla 41; donde los resultados de los días a la cosecha se verán influenciados por la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Tabla 41. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en días a la cosecha de tomate cherry.

Tratamientos	Frecuencia	Dosis	Promedio días a la cosecha	Prueba de Duncan 5%
Tratamiento 0	Sin aplicación	0 kg/m ²	143,67	A
Tratamiento 1	Sin aplicación	1 kg/m ²	139,33	A
Tratamiento 2	Sin aplicación	2 kg/m ²	131,00	B
Tratamiento 3	Con aplicación	0 kg/m ²	126,33	B
Tratamiento 4	Con aplicación	1 kg/m ²	113,67	C
Tratamiento 5	Con aplicación	2 kg/m ²	103,67	D

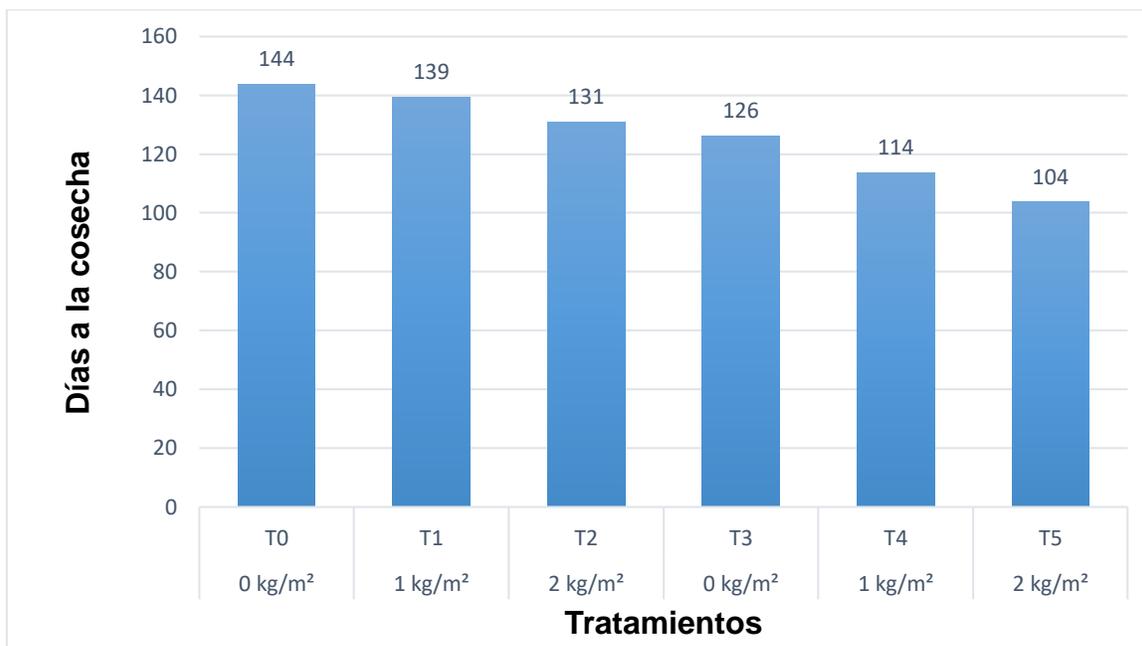
Fuente: Elaboración propia (2021).

Los promedios de los días a la cosecha, muestran que todos los tratamientos T0 y T1 son numéricamente diferentes, pero estadísticamente similares, consiguientemente los T2 y T3 son numéricamente diferentes, pero estadísticamente similares y los T4 y T5 son numéricamente y estadísticamente diferentes entre ellos y todos los tratamientos.

Sin embargo la interacción más representativa se da con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz que mostro un efecto positivo con una media de 103,67 días a la cosecha después del trasplante y presentando una media de 113,67 días a la cosecha con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz, el nivel medio obtuvo una media de 126,33 días con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz y las interacciones por debajo del nivel medio que mostraron un efecto no esperado fueron sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz de 2 kg/m² presentando una media de 131,00 días a la cosecha y sin aplicación de *Trichoderma harzianum* con dosis de 1 kg/m² presentando una media de 139,33 días, teniendo así al efecto más negativo al

testigo sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² con la media de 143,67 días a la cosecha, por lo que se refiere a la falta de interacción con la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Figura 16. Promedio de los días a la cosecha de tomate cherry.



Fuente: Elaboración en base a datos encontrados (2020).

Como se puede apreciar en la figura 16 muestra un mayor efecto positivo en el T5 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) con una media de 104 días a la cosecha después del trasplante, seguido por 114 días a la cosecha para T4 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz), frente a T3 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con 126 días. Y viendo que el T2 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) presentó una media de 131 días a la cosecha, el T1 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz) nos dio 139 días a la cosecha después del trasplante, teniendo, así al T0 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0

kg/m² de humus de lombriz) como efecto negativo con 144 días en cuanto se refiere en días a la cosecha después del trasplante.

Poniendo ejemplo, Blanco C. (2018) para la misma variable, en un estudio con tomate cherry aplicando dosis de humus de lombriz, en ambiente atemperado en la ciudad de El Alto obtuvo un promedio general de 135 días a la cosecha, mayor al presente estudio. Pero para la misma variable Blanco (2007) en un estudio con tomate cherry aplicando fertilización foliar en Coroico Nor Yungas, en condiciones de campo obtuvo un promedio de 78 días a la cosecha, resultado muy precoz y esto posiblemente se debería de una variedad tardía.

Al respecto, Carchuna (2003) indica que el tiempo transcurre desde la plantación hasta la primera recolección de frutos es aproximadamente 60 – 90 días (dependiendo de los factores climáticos, sobre todo la temperatura, en días largos acelera la maduración de los frutos), continuando hasta los 180 días o más, aquí juegan otras variables como el estado sanitario del cultivo y la decisión de continuarlo de acuerdo a los objetivos de producción.

Estas diferencias probablemente se deban por el efecto de la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz, porque sabemos que por una parte la *Trichoderma h.* estimula el crecimiento vegetal y desarrollo radicular ayudando así tener la disponibilidad de nutrientes que está en el suelo y que gracias a la dosis de humus de lombriz la planta pudo aprovechar los nutrientes que requiere y en este caso el fósforo, puesto que actúa como factor de precocidad, favorece el cuajado y maduración de los frutos; también favorece en la fructificación, mejora la producción y la calidad del fruto.

Al respecto Jaramillo *et al.* (2007) menciona que los macronutrientes nitrógeno y fósforo contribuyen a un fuerte crecimiento de la planta y producción del tomate, mejoran el color y el tamaño del fruto, fundamental en la transferencia de energía siendo esencial en la fotosíntesis y los restantes procesos químicos fisiológicos de la planta.

6.6. Variables de rendimiento

6.6.1. Rendimiento por planta

En la tabla 42, se muestra el análisis de varianza para la variable rendimiento por planta (gr/pl), donde nos muestra un coeficiente de variación de CV = 3,03 % el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 42. Análisis de Varianza para la variable rendimiento por planta

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p-valor	Nivel de significancia al 5%
Frecuencia	1	1169940,06	1169940,06	2568,16	<0,0001	**
Dosis	2	311419,00	155709,50	341,80	<0,0001	**
Frecuencia*Dosis	2	6196,78	3098,39	6,80	0,0106	*
Error	12	5466,67	455,56			
Total	17	1493022,50				

Descripción: (**) Altamente significativo, (*) significativo, (N.S.) no significativo

Fuente: Elaboración propia (2021).

Por lo que se refiere, en el análisis de varianza para la variable rendimiento por planta indican que los factores frecuencia y dosis resultaron altamente significativos,

mostrándonos que cada factor afecta a su comportamiento fisiológico para la maduración y cosecha del cultivo una acción favorable para la producción de tomates cherry.

En cuanto a la interacción de frecuencia – dosis se muestra que es significativo dando a entender que los factores frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz son dependientes entre sí en cuanto se refiere al rendimiento por planta de tomate cherry.

Asimismo, en la tabla 43, se muestra que mediante la prueba de Duncan al 5%, para el factor de frecuencia de *Trichoderma harzianum* en la variable rendimiento por planta de tomate cherry mostraron los siguientes resultados.

Tabla 43. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de *Trichoderma harzianum* en rendimiento por planta de tomate cherry.

Frecuencia	Rendimiento por planta (gr/pl)	Prueba de Duncan 5%
Con aplicación	960,44	A
Sin aplicación	450,56	B

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 43, muestra que son numéricamente y estadísticamente diferentes, donde se ve que con aplicación obtuvo un efecto positivo en rendimiento por planta puesto que presento una media de 960,44 gramos por planta, esto debido a que la *Trichoderma h.* estimula el crecimiento de las plantas y tiene la capacidad de solubilizar manganeso un micro elemento requerido para las funciones fisiológicas de las plantas como fotosíntesis, metabolismo de nitrógeno, síntesis de los compuestos aromáticos y además promoviendo la disponibilidad de nutrientes que se encuentran en el suelo gracias

también al humus de lombriz que se incorporó, con respecto al sin aplicación que obtuvo una media de 450,56 gramos por planta.

Al respecto en la tabla 44, se presenta que mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%, para el factor de Dosis de humus de lombriz en la variable rendimiento por planta, mostraron los siguientes resultados.

Tabla 44. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en rendimiento por planta de tomate cherry.

Dosis	Rendimiento por planta (gr/pl)	Prueba de Duncan 5%
2 kg/m ²	872,33	A
1 kg/m ²	693,33	B
0 kg/m ²	550,83	C

Fuente: Elaboración propia (2021).

Se muestra que la tabla 44, numéricamente y estadísticamente son diferentes entre las dosis de humus de lombriz, reportándonos que con 2 kg/m² se ve un efecto positivo con una media de 872,33 gramos por planta y la dosis con 1 kg/m² con una media de 693,33 gramos por planta por lo tanto, el que presento un menor promedio fue el valor de la dosis de 0 kg/m² con una media de 550,83 gramos por planta, indicándonos que los nutrientes que ofrece el humus de lombriz es favorable para el cultivo puesto que estos macronutrientes y micronutrientes ayudan a la producción del cultivo.

El análisis de la interacción para rendimiento por planta entre frecuencia – dosis, se puede observar en la tabla 45; donde los resultados de rendimiento por planta en gramos se verán influenciados por la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Tabla 45. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en rendimiento por planta de tomate cherry.

Tratamientos	Frecuencia	Dosis	Promedio de rendimiento por planta (gr/pl)	Prueba de Duncan 5%
Tratamiento 5	Con aplicación	2 kg/m ²	1108,00	A
Tratamiento 4	Con aplicación	1 kg/m ²	973,33	B
Tratamiento 3	Con aplicación	0 kg/m ²	800,00	C
Tratamiento 2	Sin aplicación	2 kg/m ²	636,67	D
Tratamiento 1	Sin aplicación	1 kg/m ²	413,33	E
Tratamiento 0	Sin aplicación	0 kg/m ²	301,67	F

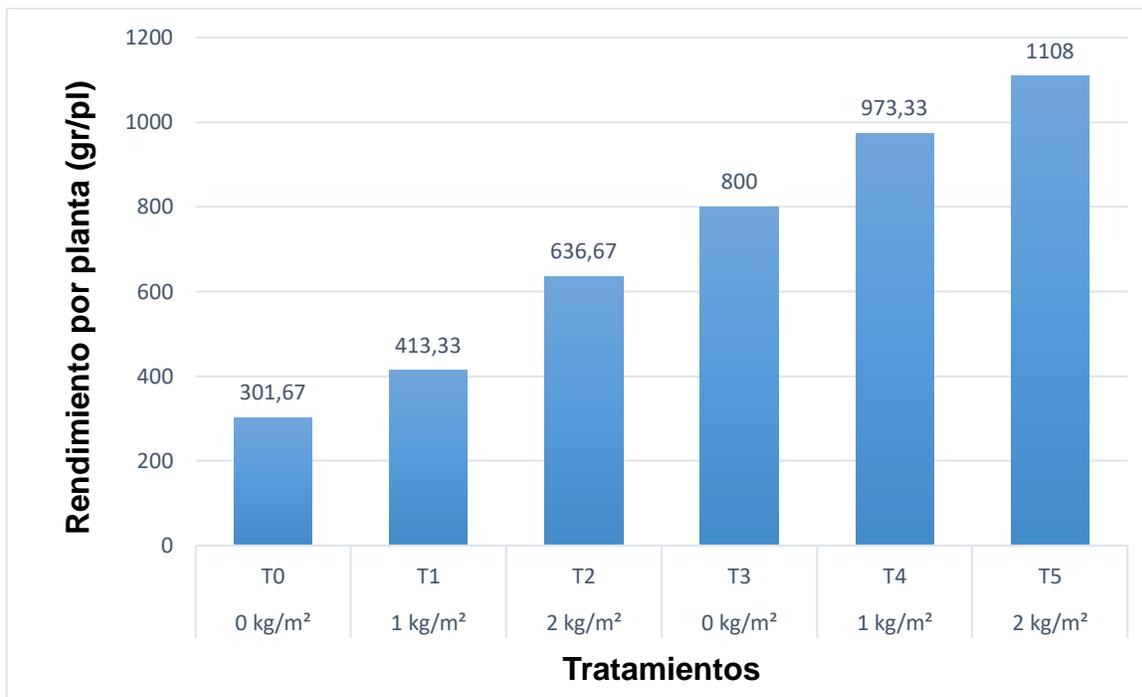
Fuente: Elaboración propia (2021).

Los promedios del rendimiento por planta en gramos, muestran que todos los tratamientos son numéricamente y estadísticamente diferentes.

Sin embargo la interacción más representativa se da con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz que mostro un efecto positivo con una media de 1108,00 gramos por planta y presentando una media de 973,33 gramos por planta con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz, el nivel medio obtuvo una media de 800,00 gramos por planta con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz y las interacciones por debajo del nivel medio fueron sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz de 2 kg/m² presentando una media de 636,67 gramos por planta y sin aplicación de *Trichoderma harzianum* con dosis de 1 kg/m² presentando una media de 413,33 gramos, teniendo así al menor promedio de todos al testigo sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² con la media de 301,67 gramos por planta

por lo que se refiere a la falta de interacción con la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Figura 17. Promedio de rendimiento por planta de tomate cherry.



Fuente: Elaboración en base a datos encontrados (2020).

Como se puede apreciar en la figura 17 muestra un mayor efecto positivo en el T5 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) con una media de 1108 gramos por planta, seguido por 973,33 gramos para T4 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz), frente a T3 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con una media de 800 gramos por planta. Y viendo que el T2 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) presentó una media de 636,67 gramos, el T1 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz) nos dio 413,33 gramos por planta, teniendo así al T0 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) como

efecto negativo con 301,67 gramos por planta, en cuanto se refiere al rendimiento por planta de tomate cherry.

Para Blanco C. (2018) para la misma variable, en un estudio con tomate cherry aplicando dosis de humus de lombriz, en ambiente atemperado en la ciudad de El Alto obtuvo un promedio general de 517 gr/pl y esto se puede interpretar a que el estudio no se aplicó *Trichoderma harzianum*.

Al respecto Jaramillo *et al.* (2007) que los macronutrientes y los micronutrientes tienen una acción directa sobre el crecimiento de las plantas, tamaño de fruto, número de flores la producción en el cultivo de tomate cherry.

Entonces estas diferencias obtenidas en rendimiento por planta se pueden atribuir a la *Trichoderma harzianum* y la dosis de humus de lombriz, puesto que estos dos factores ayudaron a la producción del cultivo porque sabemos que la *Trichoderma h.* ayuda a la planta a su rápido desarrollo del sistema radicular pudiendo así poder disponer de los nutrientes que requiere el cultivo, como también sabemos que solubiliza y absorbe los nutrientes inorgánicos y así pueda disponer el cultivo todos los elementos nutritivos como ser nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, boro y los demás micronutrientes añadiendo más a la dosis de humus de lombriz que dispuso todos estos elementos nutritivos ayudando así a la producción del cultivo, su nutrición y desarrollo del tomate.

Al respecto FAO (1989) menciona que se pueden obtener buenos resultados si se aplican elementos nutritivos, además afirma que los factores que influyen en el rendimiento del cultivo y sin dejar de percibirlos son las características físicas – químicas del suelo (contenido de nutrientes, reacciones del suelo, textura, estructura y capas impermeables), factores climáticos (lluvia, temperatura, intensidad luminosa),

característica del cultivo (requerimiento de nutrientes), actividad del hombre (rotación del cultivo, densidad de siembra, control de plagas y enfermedades).

6.6.2. Rendimiento kilogramo por m²

Como se muestra en la tabla 46, el análisis de varianza para la variable rendimiento kilogramo por metro cuadrado (kg/m²), donde nos muestra un coeficiente de variación de CV = 3,03 % el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Tabla 46. Análisis de Varianza para la variable rendimiento kilogramos por m².

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p-valor	Nivel de significancia al 5%
Frecuencia	1	18,71	18,71	2566,48	<0,0001	**
Dosis	2	4,97	2,49	341,25	<0,0001	**
Frecuencia*Dosis	2	0,10	0,05	6,87	0,0103	*
Error	12	0,09	0,01			
Total	17	23,87				

Descripción: (**) Altamente significativo, (*) significativo, (N.S.) no significativo

Fuente: Elaboración propia (2021).

Por lo que se refiere, en el análisis de varianza para la variable rendimiento kilogramos por metro cuadrado, indican que los factores frecuencia y dosis resultaron altamente significativos, mostrándonos que cada factor afecta a su comportamiento fisiológico para la maduración y cosecha del cultivo una acción favorable para la producción de tomates cherry.

En cuanto a la interacción de frecuencia – dosis se muestra que es significativo dando a entender que los factores frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz no son independientes, en cuanto se refiere al rendimiento kilogramo por m² de tomate cherry.

Asimismo, en la tabla 47, se muestra que mediante la prueba de Duncan al 5%, para el factor de frecuencia de *Trichoderma harzianum* en la variable rendimiento kilogramo por m² de tomate cherry mostraron los siguientes resultados.

Tabla 47. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de *Trichoderma harzianum* en rendimiento kilogramo por m² de tomate cherry.

Frecuencia	Rendimiento (kg/m ²)	Prueba de Duncan 5%
Con aplicación	3,84	A
Sin aplicación	1,80	B

Fuente: Elaboración propia (2021).

La tabla 47, muestra que son numéricamente y estadísticamente diferentes, donde se ve que con aplicación obtuvo un efecto positivo en rendimiento kilogramo por m², puesto que presento una media de 3,84 kg/m², esto debido a que la *Trichoderma h.* estimula el crecimiento de las plantas y tiene la capacidad de solubilizar manganeso un micro elemento requerido para las funciones fisiológicas de las plantas como fotosíntesis, metabolismo de nitrógeno, síntesis de los compuestos aromáticos y además promoviendo la disponibilidad de nutrientes que se encuentran en el suelo gracias también al humus de lombriz que se incorporó, con respecto al sin aplicación que obtuvo una media de 1,80 kg/m².

Al respecto en la tabla 48, se presenta que mediante la prueba de Duncan a un nivel de significancia al 5%, para el factor de Dosis de humus de lombriz en la variable rendimiento kilogramo por m², mostraron los siguientes resultados.

Tabla 48. Comparación de medias y prueba Duncan para el efecto de Dosis de humus de lombriz en rendimiento kilogramo por m² de tomate cherry.

Dosis	Promedio de rendimiento (kg/m ²)	Prueba de Duncan 5%
2 kg/m ²	3,49	A
1 kg/m ²	2,77	B
0 kg/m ²	2,20	C

Fuente: Elaboración propia (2021).

Se muestra que la tabla 48, numéricamente y estadísticamente son diferentes entre las dosis de humus de lombriz, reportándonos que con 2 kg/m² se ve un efecto positivo con una media de 3,49 kg/m² y la dosis con 1 kg/m² con una media de 2,77 kg/m² por lo tanto, el que presento un menor promedio fue el valor de la dosis de 0 kg/m² con una media de 2,20 kg/m², indicándonos que los nutrientes que ofrece el humus de lombriz es favorable para el cultivo puesto que estos macronutrientes y micronutrientes ayudan a la producción del cultivo.

El análisis de la interacción para el rendimiento kilogramo por m² entre frecuencia – dosis, se puede observar en la tabla 49; donde los resultados de rendimiento kilogramo por m² se verán influenciados por la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Tabla 49. Comparación de medias y prueba Duncan por efecto de la interacción frecuencia – dosis en rendimiento kilogramo por m² de tomate cherry.

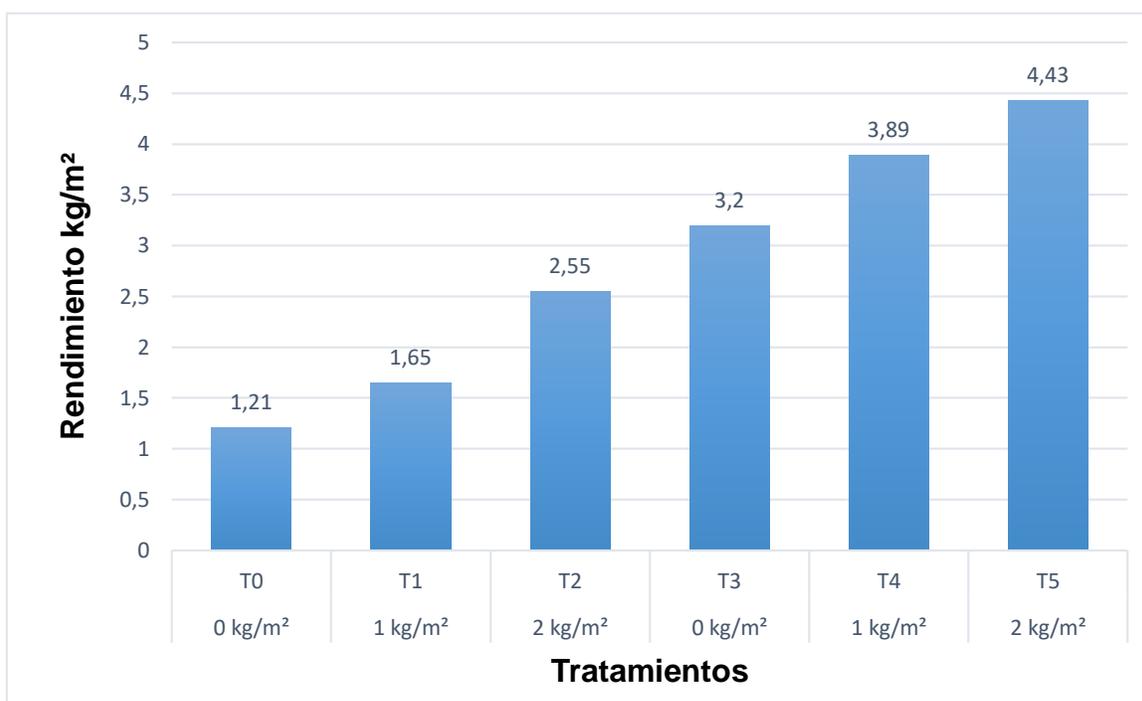
Tratamientos	Frecuencia	Dosis	Promedio de rendimiento (kg/m ²)	Prueba de Duncan 5%
Tratamiento 5	Con aplicación	2 kg/m ²	4,43	A
Tratamiento 4	Con aplicación	1 kg/m ²	3,89	B
Tratamiento 3	Con aplicación	0 kg/m ²	3,20	C
Tratamiento 2	Sin aplicación	2 kg/m ²	2,55	D
Tratamiento 1	Sin aplicación	1 kg/m ²	1,65	E
Tratamiento 0	Sin aplicación	0 kg/m ²	1,21	F

Fuente: Elaboración propia (2021).

Los promedios del rendimiento kilogramo por m², muestran que todos los tratamientos son numéricamente y estadísticamente diferentes.

Sin embargo la interacción más representativa se da con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz que mostro un efecto positivo con una media de 4,43 kg/m² y presentando una media de 3,89 kg/m² con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz, el nivel medio obtuvo una media de 3,20 kg/m² con aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz y las interacciones por debajo del nivel medio fueron sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz de 2 kg/m² presentando una media de 2,55 kg/m² y sin aplicación de *Trichoderma harzianum* con dosis de 1 kg/m² presentando una media de 1,65 kg/m², teniendo así al menor promedio de todos al testigo sin aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de 0 kg/m² con la media de 1,21 kg/m² por lo que se refiere a la falta de interacción con la frecuencia de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz.

Figura 18. Promedio de rendimiento kilogramo por m² de tomate cherry.



Fuente: Elaboración en base a datos encontrados (2020).

Como se puede apreciar en la figura 18 muestra un mayor efecto positivo en el T5 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) con una media de 4,43 kg/m², seguido por 3,89 kg/m² para T4 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz), frente a T3 (con aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) con una media de 3,20 kg/m². Y viendo que el T2 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz) presentó una media de 2,55 kg/m², el T1 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 1 kg/m² de humus de lombriz) nos dio 1,65 kg/m², teniendo así al T0 (sin aplicación de *T. harzianum* y dosis de 0 kg/m² de humus de lombriz) como efecto negativo con 1,21 kg/m², en cuanto se refiere al rendimiento kilogramo por m² de tomate cherry.

Para Blanco C. (2018) para la misma variable, en un estudio con tomate cherry aplicando dosis de humus de lombriz, en ambiente atemperado en la ciudad de El Alto obtuvo su mayor promedio general de 3,73 kg/m² valor aproximadamente a 37,3 TM/ha y esto se puede interpretar a que el estudio no se aplicó *Trichoderma harzianum*. Porque en el presente estudio se obtuvo el mayor promedio general de 4,43 kg/m² un valor de 44,3 TM/ha. Sin embargo, el rendimiento en otros países está por encima de 50 TM/ha, por lo cual se debe seguir mejorando los rendimientos.

Entonces estas diferencias obtenidas en rendimiento por planta se pueden atribuir a la *Trichoderma harzianum* y la dosis de humus de lombriz, puesto que estos dos factores ayudaron a la producción del cultivo porque sabemos que la *Trichoderma h.* ayuda a la planta a su rápido desarrollo del sistema radicular pudiendo así poder disponer de los nutrientes que requiere el cultivo, como también sabemos que solubiliza y absorbe los nutrientes inorgánicos y así pueda disponer el cultivo todos los elementos nutritivos como ser nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, boro y los demás micronutrientes añadiendo más a la dosis de humus de lombriz que dispuso todos estos elementos nutritivos ayudando así a la producción del cultivo, su nutrición y desarrollo del tomate.

Al respecto Jaramillo *et al.* (2007) que los macronutrientes y los micronutrientes tienen una acción directa sobre el crecimiento de las plantas, tamaño de fruto, número de flores la producción en el cultivo de tomate cherry.

Y añadiendo lo que indica FAO (1989) menciona que para poder obtener buenos resultados independientemente de los factores los más importantes son las características físicas – químicas del suelo, los factores climáticos y la actividad del hombre.

6.7. Variables económicas

6.7.1. Evaluación económica

A partir de los resultados obtenidos en el proceso de experimentación y el respectivo análisis estadístico, es esencial la relación del análisis económico de los resultados, para realizar recomendaciones más adecuadas, combinados los aspectos agronómicos y económicos más favorables de la investigación.

La evaluación económica nos permite proporcionar parámetros claros para determinar la rentabilidad o no de un tratamiento, para realizar un cambio tecnológico en nuestro sistema de producción, en este caso el cultivo de tomate cherry producida.

6.7.2. Beneficio bruto

Para calcular el beneficio bruto se toma en cuenta el rendimiento ajustado, y no de las pérdidas de producción comerciales, durante el transporte y manipuleo del cultivo en el momento de la cosecha que es un 10%, restándolo del rendimiento del cultivo que se comercializa a un precio de 7 bs tomando el precio del mercado que se comercializa en el Bio market de la Facultad de Agronomía.

Tabla 50. Beneficio Bruto.

Tratamientos	Rendimiento promedio kg/m²	Rendimiento ajustado (-10%)	Precio (Bs/kg)	Beneficio Bruto (Bs/m²)
Tratamiento 0	1,21	1,10	28	30,80
Tratamiento 1	1,65	1,48	28	41,44
Tratamiento 2	2,55	2,29	28	64,12
Tratamiento 3	3,20	2,88	28	80,64
Tratamiento 4	3,89	3,50	28	98,00
Tratamiento 5	4,43	3,99	28	111,72

Fuente: Elaboración propia (2021).

Puesto que el precio de tomate cherry de 250 gramos = 7 Bs. según BIOMARKET Facultad de Agronomía, 2020.

Consiguiente a eso la tabla 50 muestra que el tratamiento 5 obtuvo el mejor beneficio bruto con 111,72 Bs/m², seguido del tratamiento 4 con 98 Bs/m², el tratamiento 3 con 80,64 Bs/m², el tratamiento 2 obtuvo un beneficio bruto de 64,12 Bs/m² y el tratamiento 1 nos muestra un beneficio bruto de 41,44 Bs/m² teniendo así al que tuvo un menor beneficio bruto del tratamiento 0 con 30,80 Bs/m². Estos resultados se deben principalmente al rendimiento que se obtuvo en los diferentes tratamientos influidos por el rendimiento por planta.

6.7.3. Costos variables

Los costos variables son los costos relacionados con los insumos utilizados, en este caso se toma en cuenta la *Trichoderma harzianum* y el humus de lombriz, que fueron los factores que variaron en el presente estudio.

Tabla 51. Costos variables por m².

Tratamientos	Costos variables (Bs/m²)
Tratamiento 0	21,58
Tratamiento 1	28,24
Tratamiento 2	33,49
Tratamiento 3	41,83
Tratamiento 4	48,49
Tratamiento 5	53,74

Fuente: Elaboración propia (2021).

Precio de *Trichoderma harzianum* 50 gramos a 20 Bs. por el Ingeniero Freddy Cadena y el precio del kilo de humus de lombriz Bs. 5 por el Ingeniero Wilfredo Blanco “Estación Experimental Patacamaya”.

Como se muestra en la tabla 51, nos indica que el tratamiento 5 tiene el mayor costo variable, debido a que la dosis de humus de lombriz fue más alta como también se aplicó *Trichoderma harzianum* que también manifestó mayor cantidad de jornales y en la cual se tuvo los mayores datos en relación al costo variable. Y así el tratamiento 0 tuvo el menor costo variable, y esto se atribuye a que, no se aplicó *Trichoderma harzianum* ni dosis de humus de lombriz.

6.7.4. Beneficio neto

Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción menos los costos variables y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 52. Beneficios netos por m².

Tratamientos	Beneficio bruto	Costos variables	Beneficio neto
	Bs/m ²	(Bs/m ²)	(Bs/m ²)
Tratamiento 0	30,80	21,58	9,22
Tratamiento 1	41,44	28,24	13,20
Tratamiento 2	64,12	33,49	30,63
Tratamiento 3	80,64	41,83	38,81
Tratamiento 4	98,00	48,49	49,51
Tratamiento 5	111,72	53,74	57,98

Fuente: Elaboración propia (2021).

Como se muestra en la tabla 52. el mayor beneficio neto es del tratamiento 5 con 57,98 Bs/m², y el que menor beneficio neto fue el tratamiento 0 con 9,22 Bs/m² y este se debe a que los mejores rendimientos y numero de frutos que se obtuvo en el análisis.

6.7.5. Relación beneficio – costo

Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción entre los costos variables y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 53. Beneficio/costo.

Tratamientos	Beneficio bruto Bs/m²	Costos variables (Bs/m²)	Beneficio costo (Bs/m²)
Tratamiento 0	30,80	21,58	1,43
Tratamiento 1	41,44	28,24	1,47
Tratamiento 2	64,12	33,49	1,91
Tratamiento 3	80,64	41,83	1,93
Tratamiento 4	98,00	48,49	2,02
Tratamiento 5	111,72	53,74	2,10

Fuente: Elaboración propia (2021).

La relación beneficio – costo de la producción de los diferentes tratamientos que se muestra en la tabla 53, presentan resultados mayores a 1 por lo que se considera tratamientos rentables, ya que los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción en los 6 tratamientos analizados, indicando que es aconsejable realizar la producción de tomate cherry en invernaderos utilizando diferentes dosis de humus de lombriz y la frecuencia de *Trichoderma harzianum* porque son económicamente rentables.

7. CONCLUSIONES

Después de los resultados obtenidos y en función de los objetivos planteados se llegó a las siguientes conclusiones:

- El cultivo de tomate cherry (*Lycopersicum sculentum* M.) si tuvo efecto a la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz puesto que el Tratamiento 5 (con aplicación de *Trichoderma h.* y dosis de humus de lombriz de 2 kg/m²) obtuvo un mejor comportamiento en cuanto a las variables agronómicas evaluadas, presentando así una mejor altura de planta con una media de 139,67 cm, consiguientemente del diámetro de su tallo de 17,13 mm, la variable diámetro de fruto con una media de 29,4 mm, la variable número de frutos por planta mostro una media de 101 frutos aproximadamente y con un peso de fruto de 11,01 gr/pl. siendo mejor frente a los otros tratamientos. Como también para las variables fenológicas el tratamiento 5 (con aplicación de *Trichoderma h.* y dosis de humus de lombriz de 2 kg/m²) mostro un efecto positivo presentándonos un menor de días a la floración con 55,67 días y días a la cosecha con 103,67 días después del trasplante y así demuestra que si ayuda la aplicación de *Trichoderma harzianum* y la dosis de humus de lombriz.
- En cuanto a las variables de rendimiento, los factores son altamente significativos y su interacción entre ellos significativo evidenciándonos que el tratamiento 5, mostro un efecto positivo frente a los demás, ya que muestra un promedio de 1108 gr/pl y 4,43 kg/m². demostrándonos que si se puede cultivar tomate cherry con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y dosis de humus de lombriz 2 kg/m².

- Finalmente, para el análisis del B/C todos los tratamientos tienen valores mayores a 1, indicando que son rentables, y es aconsejable realizar la producción de tomate cherry con los diferentes tratamientos en el estudio, concluyendo que el mayor valor se obtuvo con el tratamiento 5 con un B/C de 2,1 que nos indica que por cada boliviano invertido se recupera el boliviano invertido y se gana 1,1 de boliviano más y el valor más bajo nos muestra un B/C de 1,43 que también nos indica que por cada boliviano invertido se recupera el boliviano invertido y se gana 0,43 centavos de boliviano más. Este sistema de producción puede cubrir los costos de implementación, operación y producción, observando el beneficio que este genera, indicando que es factible al ser un proyecto sustentable.

8. RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos de este trabajo de estudio, se recomienda utilizar la aplicación de *Trichoderma harzianum* y la dosis de 2 kg/m² de humus de lombriz, puesto que se obtuvieron buenos resultados para el cultivo de tomate cherry.

Realizar la investigación con otras especies hortícolas bajo este sistema de producción orgánica, a partir de la aplicación y la dosis de humus de lombriz recomendada por que se vio que a más dosis de humus de lombriz puede que tenga igual un mayor efecto con relación a la aplicación de *Trichoderma harzianum*.

Se recomienda en un siguiente trabajo de estudio similar la utilización de estos factores para poder comparar mejor los rendimientos obtenidos en esta presente investigación.

Motivar a seguir con las investigaciones del cultivo mismo, tomando diferentes factores de producción como ser con otros microorganismos, ya que se estima la existencia de 40 millones de microorganismos benéficos en un gramo de suelo, como ser las micorrizas y para este cultivo será bueno porque se tiene una alta demanda y precio favorable en el mercado.

9. BIBLIOGRAFÍA

- ADEX (2002). Guía de Lombricultura Para emprendedores y productores del agro.
https://www.academia.edu/28416586/ADEX_La_Rioja_Abril_del_2002_GU%C%8DA_D E_LOMBRICULTURA_Para_emprendedores_y_productores_del_agro
- Aguilar, B. (2016). La calidad del agua para el riego. Principales indicadores de medida y proceso que la impactan. *Revista Científica Agroecosistemas* 4 (1). pp. 46-61.
- Altomare, C., Norvell, WA., Bjorkman, T., Harman, G. (1999). Solubilización de fosfatos y micronutrientes por el hongo promotor del crecimiento vegetal y control biológico *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Microbiología ambiental aplicada*. 5: págs. 2926-2933.
- Argerich, C., Troilo, L., Rodríguez Fazzone, M., Izquierdo, J., Strassera, M. E., Balcaza, L., y otros. (2010). Manual de buenas prácticas agrícolas en la cadena de tomate. (C. Argerich, & L. Troilo, Edits.) Buenos Aires, Argentina: FAO.
- Avilés, E. (2011). Determinación de la Efectividad del proceso de lombricultura como tratamiento para la estabilización de lodos residuales provenientes de una planta de tratamiento de agua. [Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Politécnica Salesiana]. Sede Cuenca. p 27.
- Azafrán, (2021). El tomate: el originario de los bajos Andes.
<https://azafranbolivia.com/2020/04/07/tomate-historia-origen/>
- Besoain, X. (2005). Control biológico de *Pyrenochaeta lycopersici* y *Phytophthora nicotianae* en tomates bajo invernadero. Consultado el 1 de abril de 2011.
http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/montealegre_/13.html
- Blanco, C. (2018). Aplicación de diferentes Dosis de Humus de Lombriz En el cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum Miller*) Variedad Cherry en Ambientes Atemperados en el

- Municipio de El Alto [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/20550>
- Blanco, Ch. (2007). Aplicación de abono líquido en el cultivo ecológico del tomate (*Lycopersicon esculentum miller*) variedad cherry en condiciones de campo. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/5220>
- Blanco, W. (2019) Microorganismos eficientes (EM). Facultad de Agronomía. pp. 7-8.
- Bollo, E. (2001). Lombricultura, una Alternativa de Reciclaje, segunda edición. Quito-Ecuador. 158 - 179 p.
- Brechelt, A. (2004). Manejo Ecológico del Suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA), HIVOS. República Dominicana.
- Brotman, Y., Kapuganti, JG., Viterbo, A. (2010). Trichoderma. Current Biology. 20: R390– R391.
- Cabrera, J. (2006). Manual de lombricultura. Publicado por el Programa de Apoyo a la Estrategia de Desarrollo Alternativo en el Chapare PRAEDAC. Cochabamba Bolivia. p 7.
- Cámara de Comercio de Bogotá (2015). Manual Tomate. Bogotá.
- Capistrán, F. *et al.* (2004). Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje, 2°Reimp. Instituto de Ecología, Ac Xalapa, Veracruz, México, 150 p.
- Carchuna, (2003). Tomate Cherry. Consultado 20 de septiembre 2020. <http://www.Carchuna-spa.com/comercio.htm>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología y Forestal, CA). (2000). Guía técnica del cultivo del tomate, Santa Ana, Ciudad Arce, p 50.
- Centro Agroecológico Wallipini (2008). Información proporcionada del Análisis Bromatológico de humus de lombriz.
- Cerdas, MM; Montero, M. (2002). Manual del manejo pos cosecha de tomate. Convenio Pos cosecha CNP-UCR-MAG. San José, Costa Rica, 95 p. Consultado 10 may. 2016. http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-poscosecha-tomate-introd.pdf

- Cesar, C. (2017). Manual Técnico de producción de tomates con enfoque de buenas prácticas agrícolas. <https://www.bivica.org/files/tomate-manual-tecnico.pdf>
- CIMMYT (1998). Manual Metodológico de evaluación económica, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México D.F.
- Chaurasia, A., Meena, B. R., Tripathi, A. N., *et al.* (2018). Actinomicetos: microorganismo inexplorado para la promoción del crecimiento vegetal y el biocontrol en cultivos de hortalizas. *Revista mundial de microbiología y biotecnología*, 34 (9): 132.
- Chet, I., Benhamou, N., Haran, S. (1998). Micoparasitismo y enzimas líticas. En: Cook R, Baker KF, 1983. La naturaleza y práctica del control biológico de patógenos vegetales. Sociedad Americana de Fitopatología. St Paul, Minnesota, págs.539.
- Chet, I. (1990). Control biológico de patógenos de plantas transmitidos por el suelo con antagonistas de hongos en combinación con tratamientos del suelo. En: Hurnby, Y. Control biológico de patógenos vegetales transmitidos por el suelo Wallingford. Reino Unido: Cab International. pp. 15-25.
- Chilon, E. (2014). Manual de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. Prácticas de campo, Invernadero y Laboratorio. Fertilización. CIDAC. La Paz – Bolivia. pp. 34, 170 – 185.
- Choque, V. J. (2008). Producción de humus de lombriz CIPCA. *Agricultura Sostenible* Nº 7; La Paz – Bolivia. 24 p.
- Condori, J. (2004). Efectos de la aplicación de abono orgánico mejorado en el cultivo de papa amarga. [Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional UMSA. La Paz – Bolivia, 15 p.
- Condori, H. (2009). Evaluación agronómica de diez híbridos de Tomate (*Lycopersicon esculentum Miller*) en la localidad de Mizque. [Tesis de Grado. Facultad de Agronomía UMSA]. La Paz, Bolivia. 32 p.

- Crespo, M., Lujan, R., Plata, G., Barea, O., Crespo, L., & Lino, V. (2010). Guía para el manejo del cultivo de tomate bajo invernadero. Cochabamba: PROINPA.
- Cruz, A. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores, - Revistaecosistemas.net.
- Díaz, E. (2002). Manual de Lombricultura para Emprendedores y Productores del Agro. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior ADEX. Municipio Capital de la Rioja Argentina. p 26. Consultado el 14 de junio de 2016. <http://www.lombricultura-arg.com>.
- Díaz, C. (2007). Caracterización Agro cadena de Tomate. Dirección Regional Central Occidental. M.A.G. Grecia, Costa Rica. 46 p.
- Dogliotti, S. (2006). Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de Tomate. Consultado el 30 de 08 de 2016. <http://documents.mx/documents/fisiologia-de-tomate.html>
- Duran, F. (2009). Seguridad alimentaria cultivando hortalizas. Grupo Latino Editoriales S.A.S.
- Ecoplexity, (2010). Ecoplexity. teaching ecological complexity. la presencia de hongo del suelo. Consultado el 3 de marzo de 2020. <http://ecoplexity.org/node/609?page=1>
- EDUCA. (s.f.). Recopilación de mapa político de Bolivia. (Fotografía). Consultado el 30 de oct. 2018. <https://www.educa.com.bo/geografia/provinciaaroma-mapa>
- El-gendy, M. A., Al-zahrani, S. H. M., El-bondkly, A. M. A. (2017). Construcción de una cepa recombinante potente a través de la fusión de protoplastos intergenéricos en hongos endofíticos para la producción de enzimas anticancerosas utilizando paja de arroz. *Bioquímica y Biotecnología Aplicadas*. 183 (1). pp. 30-50.
- Escalona, V; Alvarado, P; Monardes, H; Urbina, C; Martín, A. (2009). Manual de cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Nodo Hortícola. Universidad de Chile. 60 p. Consultado 19 set. 2016. http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf

- Escobar, H; Lee, R. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero (en línea). v.2. 2 ed. Bogotá, Colombia. 180 p. Consultado 22 de jul. 2016. Disponible en pdf-manual_produccion_de_tomate_-_pag.-_web-11-15.pdf.
- Espinoza, C. y Andrade, R. (1998). Cultivo de Tomate. Centro Nacional de Producción de Semillas de Hortalizas. Cochabamba-Bolivia.
- FAO (1989). Oficina regional de la FAO. Para América latina y el caribe. Los fertilizantes y su empleo 3ª. Edición. Santiago (Chile). 20 – 31, 32 p.
- Fayemi, OE. y Ojokoh, AO. (2014). Efecto de diferentes técnicas de fermentación sobre la calidad nutricional del producto de yuca. Revista de procesamiento y conservación de alimentos, 38 (1). pp. 183-192.
- Feijoo, M. A. L. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. Científica Agro ecosistemas. 4 (2). pp. 31-40.
- Google Earth (2016). Imagen Satelital de la Estación Experimental Patacamaya. <https://earth.google.com/web>
- Guerrero, B.J. (2007). Tecnología de Abonos Orgánicos. 9ª Edición. Lima – Perú 258 p.
- Haifa Chemicals, Ltda. (s.f.). Recomendaciones Nutricionales para Tomate - en campo abierto, acolchado o tunel, e invernadero.
- Harman, G., Howell, C., Viterbo, A., Chet, I., Lorito, M. (2004). Especies de Trichoderma: simbiontes de plantas avirulentas y oportunistas. Nature Review Microbiología. 2: pp. 43-56.
- Harman, G. (2000). Mitos y dogmas de control. Cambios en las percepciones derivados de la investigación sobre Trichoderma harzianum T-22. Enfermedad de las plantas. 84 (4): pp. 377-393.
- Harman, G.E., Petzoldt R., Comis, A., Chen, J. (2004). Interacciones entre la cepa T22 de Trichoderma harzianum y la línea endogámica de maíz Mo17 y los efectos de

- estas interacciones en las enfermedades causadas por *Pythium ultimum* y *Colletotrichum graminicola*. *Fitopatología* 94 (2): págs. 147–53.
- Harman, GE. (s.f.). Biological Control. *Trichoderma spp.*, Incluyendo *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, *T. hamatum* y otra spp. Deuteromycetes, Moniliales (sistema de clasificación asexual). Consultado: 2 de febrero de 2010.
<http://www.Biocontrol.entomology.cornell.edu/pathogens/trichoderma.html>
- Hartman, F. (2000). Invernaderos y ambiente atemperados. Edición FIDE, Bolivia Ltda. La Paz – Bolivia. 9 – 30p.
- Hernández, J., Paz, M., Valera, S. (2000). Efecto de los restos vegetales en la alimentación de la Lombriz Roja (*Eisenia spp*), bajo condiciones de clima cálido. XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal. III Congreso Uruguayo de Producción Animal. Montevideo - Uruguay.
- Hjeljord, L. y Tronsmo, A. (1998). *Trichoderma* y *Gliocladium* en el control biológico: una visión general. En: Harman GE, Kubicek CP. *Trichoderma* y *Gliocladium*. Taylor y Francis Inc., Londres, pp. 131 – 152.
- Horwath, W. R. (2017). El papel de la biomasa microbiana del suelo en el ciclo de nutrientes. En: *Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry*. págs. 41-66.
https://doi.org/10.1142/9781786341310_0002
- Hoyos, Carvajal, L., Chaparro, P., Abramsky, M., Chet, I., Orduz, S. (2008). Evaluación de aislamientos de *Trichoderma spp.* contra *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* bajo condiciones in vitro y de invernadero. *Agron Colomb.* 26(3): pp. 451-458.
- Horto-info (2017). Diario Digital de Actualidad Hortofrutícola. Informe del tomate.
<http://www.hortoinfo.es/index.php/informes/cultivos/5897-inf-tomate-2017>.
- Humeres, C. y Caraballo, N. (1991). *Horticultura*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana Cuba p 3. 7– 9. 17.18.

- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2015). Caracterización del valor nutricional de alimentos. <http://repiica.iica.int/docs/B3885e/B3885e.pdf> 2015
- Infante, D., Martínez, B., González, N., Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos Fito patógenos. *Rev. Protección Veg.* 24(1): pp. 14-21.
- Jaklitsch, *et al.* (2006). EL GÉNERO FÚNGICO *Trichoderma* Y SU RELACIÓN CON CONTAMINANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS.
- Jano, F. (2006). Cultivo y Producción de Tomate. Ed. Ripalme. Lima Perú. 134 p.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Medellín, Colombia: CTP Print Ltda.
- Klein, D. & Eveleigh, D.E. (1998). Ecology of *Trichoderma*. in: *Trichoderma and Gliocladium*. (1). C. P. Kubicek and G. E. Harman, eds. Taylor & Francis, London. pp. 57- 74.
- Layme, V. (2005). Aplicación de abono diluido de gallinaza en el cultivo de tomate (*lycopersicum sculentum*), bajo ambientes protegidos en achocalla. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz, Bolivia. p 17-18.
- Lo, C., Nelson, E., Hayes, C., Harman, G. (1998). Ecological studies of transformed *Trichoderma harzianum* strain 1295-22 in the rhizosphere and on the phylloplane of creeping bentgrass. *Phytopathology*. 88(2). pp. 129-136.
- López, E. (2011). Lombricultura es un beneficio para la producción agraria. Periódico "La Patria". Bolivia.
- López, R. (2011). Detección y Cuantificación de *Trichoderma harzianum*, y Evaluación de su Actividad Biocontrol frente a la Fusariosis Vascular del Melón mediante la Aplicación de Herramientas Moleculares. [Tesis Doctoral, Universidad de Alicante]. CEBAS-CSIC. pp. 15-32.
- Martínez, B. (2007). pH del tomate.

- Martínez, B., Reyes, Y., Infante, D., González, E., Baños, H., Cruz, A. (2008). Selección de aislamientos de *Trichoderma spp.* candidatos a biofungicidas para el control de *Rhizoctonia sp.* en arroz. *Rev. Protección Veg.* 23(2): pp. 118-125.
- Martínez, C. (1999). Potencial de la lombricultura, elementos básicos para subdesarrollo. 2ª Edición. *Lombricultura Técnica Mexicana*. Texcoco, Estado de México, p. 250.
- Mathivanan, N., Prabavathy, V., Vijayanandraj, V. (2005). Application of Talc Formulations of *Pseudomonas fluorescens* Migula and *Trichoderma viride* Pers. ex S.F. Gray Decrease the Sheath Blight Disease and Enhance the Plant Growth and Yield in Rice. *J Phytopathology*. 153: pp. 697-701.
- MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras). (2017). Manual Técnico de producción de tomates con enfoque de buenas prácticas agrícolas. GIZ/PROAGRO. <https://www.bivica.org/files/tomate-manual-tecnico.pdf>
- Mena, L. (2011). Evaluación de la productividad de ciento dieciséis híbridos (F₁) de Tomate (*Lycopersicum esculentum Miller*) bajo condiciones de invernadero en el valle bajo de Cochabamba. [Tesis de Grado. Facultad de Agronomía UMSA]. La Paz, Bolivia. 4 p.
- Meena, S. K. y Meena, V. S. (2017). Importance of soil microbes in nutrient use efficiency and sustainable food production. In: *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture*, Springer, Singapore. p. 3-23.
- Mello, M., Ávila, C., Gomes, A. (2006). Cepas de *Trichoderma spp.* para el control biológico de *Sclerotium rolfsii* en soya. En: *Biocontrol de Fito patógenos con Trichoderma y otros antagonistas*. Taller Latinoamericano Memorias, Ed. CIDISAV, Ciudad de La Habana, Cuba.
- Monge, J. (2016). Liro 42: Generalidades del híbrido. Informe técnico. Alajuela, Costa Rica. Almatropic S.A. 1 p.
- Montes, J. (2011). Canales sectoriales Interempresas. El cherry: la conquista del más pequeño y dulce de los tomates. <https://www.interempresas.net/Distribucion->

Hortofruticola/Articulos/53020-EI-Cherry-la-conquista-del-mas-pequeno-y-dulce-de-los-tomates.html

- Moreno, D. (2005). Evaluación De Trece Cultivares de Híbridos de Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) en Tocoron, Aragua Venezuela. Universidad de Los Andes, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (IIAP). Mérida, Venezuela. 223 – 231p.
- Morton, CO., Hirsch, PR., Kerry, B. (2004). Infección de nematodos parásitos de plantas por hongos nematófagos: una revisión de la aplicación de la biología molecular para comprender los procesos de infección y mejorar el control biológico. *Nematología*. 6: pp. 161-170.
- Nico, I., Mónaco, I., Del Bello, G., Alippi, H. (2005). Efecto de la adición de enmiendas orgánicas al suelo sobre la capacidad patogénica de *Rhizoctonia solani*: II Mico flora asociada y antagonismo in vitro de los aislados más frecuentes. *RIA*. 34(Pt II) (1): pp. 29-44.
- Nuez, F. (2001). *El Cultivo de Tomate*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 793 p.
- Ochoa, R. (2009). *Diseños experimentales*. Primera edición. La Paz, Bolivia. pp. 43 – 53.
- Paco, G., Loza-Murguía, M., Mamani, Francisco., Sainz, Humberto. (2011). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Campesina Carmen Pampa. <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?S207292942011000200004>
- Páez, O. (2006). Uso agrícola de Trichoderma. Consultado: 10 de enero de 2008. <http://www.soil-fertility.com/trichoderma/espagnol/index.shtml>
- Pérez A., Martín E., Giménez M., Fernández MM., Gómez, J. (2015). Eficacia de la solarización y biosolarización en cultivos enarenados contra patógenos fúngicos de suelo.
- Perrin *et al.* (1998). *Manual metodológico de evaluación económica de formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos CIMMYT*. México DF. 77 p.
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal - Patacamaya). (2006-2010). Programa presupuestario de gestión social. Alcaldía de Patacamaya. La Paz. Bolivia.

- Pineda, J. Arnold. (2006). Lombricultura, Instituto Hondureño del Café; UAO – PASOLAC – Honduras ED. Litografía López SRL. Tegucigalpa – Honduras.
- Quispe, Y. C. y Chávez, C. M. F. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus L.*), municipio de Achocalla. *Apthapi*, 3 (3): pp. 652-666.
- Rifai, M. (1969). Una revisión del género *Trichoderma*. *Mycol Papanicolaou*. 116: pp. 1-56.
- Rodríguez, E. (2016). Manual de Aprovechamiento de Residuos para la Producción de Abono Orgánico, a partir de la descomposición por la lombriz roja californiana (*Eisenia Foetida*). Consultado el 10 de marzo de 2017. <http://www.hdl.handle.net/10596/8623>
- Rojas, F. (2021). Libro de Botánica sistemática. pp. 22.
- Rojas, S. (1999). Estudio de la producción y calidad de humus de lombriz roja californiana (Red Hybrid), como alternativa agroecológica en el altiplano central (Sica Sica). [Tesis de grado para obtener la licenciatura en Ingeniería Agronómica. Facultad de Agronomía]. Universidad Mayor de San Andrés pp. 129.
- Salas, M. (2007). Generación de cepas transformantes del hongo *Trichoderma* spp. que expresen constitutivamente la versión AS y OE del gen SM1 que codifica para un elicitor del sistema de defensa en plantas. Conferencia en IPICYT. Consultado el 24 de marzo de 2020 <http://www.ipicyt.edu.mx/Trichoderma/elicitortransformación.php.htm>
- Samuels, G.J. (2006). *Trichoderma: Systematic, the sexual state, and Ecology*. *Phytopathology*, 96: pp. 195-206.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). (2016). Sistema de Procesamiento de Datos Meteorológicos. Datos mensuales. <http://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>
- Sharon, E., Chet, I., Spiegel, Y. (2011). *Trichoderma* como agente de control biológico (Capítulo 8). En: Davies K, Spiegel Y. *Biological Control of Plant-Parasitic Nematodes: Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms*, © Springer Science.

- Sivan, A. y Chet, I. (1989). El posible papel de la competencia entre *Trichoderma harzianum* y *Fusarium oxysporum* en la colonización de la rizosfera. *Fitopatología y Degradación de las paredes celulares fúngicas por enzimas líticas de Trichoderma harzianum*. *J Gen Microbiol.* 79,135: pp. 198-203, 675-682.
- Soto, J. A., Cárdenas, J. A., García, J. P. (2017). Inoculación de sustrato con bacterias del ácido láctico para el desarrollo de plántulas de *Moringa oleifera* Lam. *Revista Cubana de Ciencias Agropecuarias.* 51 (2).
- Souza, R. D., Ambrosini, A., Passaglia, L. M. (2015). Bacterias promotoras del crecimiento de las plantas como inoculantes en suelos agrícolas. *Genética y Biología Molecular,* 38 (4): 401-419.
- Su, P., Tan, X., Li, C., *et al.* (2017). La bacteria fotosintética *Rhodospseudomonas palustris* GJ-22 induce resistencia sistémica contra los virus. *Biotecnología microbiana,* 10 (3): pp. 612-624.
- Toledo, M. (2016). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (IICA) Manejo de Suelos Ácidos de las Zonas Altas de Honduras. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=0B92BD31D8E07A535BF4881D849A6A48?sequence=1>
- Torres, A., Quipuzco, L., Meza, V. (2015). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo Batch. In: *Anales Científicos,* 76 (2): pp. 269-274.
- Verma, M., Brar S, Tyagi, RD., Surampalli, Ry., Valéro, JR. (2007). Hongos antagonistas, *Trichoderma* spp.; Panoplia de control biológico. *Revista de Ingeniería Bioquímica* 37: pp. 1-20.
- Vigliola, M. (1992). *Manual de hortalizas.* Ed. Hemisferio sur S.A. Buenos Aires, Argentina. P 19 – 20 – 81 – 89.

- Villegas, M. (2005). Trichoderma. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible. Consultado el 11 de marzo de 2010. <http://www.oriusbiotecnologia.com/tecnica/128-trichoderma-pers-caracteristicas-y-su-potencial-biológico-en-la-agricultura-sostenible>
- Vinale, F., Sivasithamparab, K., Ghisalbertic, EL, Marraa, R., Woo, L., Lorito M. (2008). Trichodermaplantpathogen interactions. *Soil Biology & Biochemistry*. 40: pp. 1-10.
- Vurukonda, S. S. K. P., Giovanardi, D., Stefani, E. (2018). Actividad promotora del crecimiento vegetal y de biocontrol de *Streptomyces* spp. como endófitos. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 19 (4): pp. 952.
- Whipps, JM. y Lumsden, RD. (2001). Uso comercial de hongos como agentes de control biológico de enfermedades vegetales: estado y perspectivas. En: Butt T, Jackson C, Magan N, *Fungal Biocontrol Agents: progress, Problems and Potential*, CABI Publishing, Wallingford, pp. 9–22.
- Yang, Z., Jiang, Z., Hse, C. Y., Liu, R. (2017). Evaluación del impacto de los hongos de descomposición de la madera en el módulo de elasticidad del pino cortado (*Pinus elliottii*) mediante ensayos no destructivos por ondas de tensión. *Biodesa deterioro internacional y biodegradación*, 117: pp. 123-127.

10. ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis físico – químico del suelo.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)

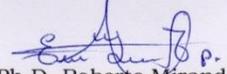


ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO: Ing. Marco Patiño **FECHA DE ENTREGA:** 07/10/2020
PROCEDENCIA: Departamento La Paz
Municipio Patacamaya
Muestra suelo

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arena	%	58
	Limo	%	25
	Arcilla	%	17
	Clase Textural	-	Franco Arenoso
		Bouyoucos	
Densidad Real	g/cm ³	1.819	Picnómetro
Densidad Aparente	g/cm ³	0.909	Probeta
pH en H₂O relación 1:5	-	7.24	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmho/cm	3.36	Potenciometría
Carbonatos libres	-	Fuertemente calcáreo	Efervescencia HCL
Calcio intercambiable	meq/ 100g S.	34.49	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de absorción atómica)
Magnesio intercambiable	meq/ 100g S.	0.06	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de absorción atómica)
Sodio intercambiable	meq/ 100g S.	2.81	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Potasio intercambiable	meq/ 100g S.	5.20	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/ 100g S.	43.17	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría
Bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K)		42.56	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica)
Nitrógeno total	%	0.58	Kjendahl
Materia orgánica	%	5.30	Walkley y Black
Carbono Orgánico	%	3.07	Walkley y Black
Fósforo disponible	ppm	4.50	Espectrofotometría UV-Visible




Ph.D. Roberto Miranda Casas
LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,
Telf. IIAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • **E-mail:** lafasa.suelos@gmail.com
Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

Anexo 2. Resultados de análisis físico – químico del humus de lombriz.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA
EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)



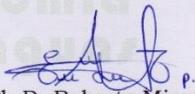
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE HUMUZ

INTERESADO: Ing. Marco Patiño
PROCEDENCIA: Departamento La Paz
 Municipio Patacamaya

FECHA DE ENTREGA: 07/10/2020

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
Densidad Real	g/cm ³	1.681	Picnómetro
Densidad Aparente	g/cm ³	1.001	Probeta
pH en H ₂ O relación 1:5	-	8.03	Potenciometría
Conductividad eléctrica en agua 1:5	mmho/cm	3.14	Potenciometría
Carbonatos libres	-	No calcáreo	Efervescencia HCL
Calcio intercambiable	meq/100g S.	24.81	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de absorción atómica)
Magnesio intercambiable	meq/100g S.	8.20	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de absorción atómica)
Sodio intercambiable	meq/100g S.	1.67	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Potasio intercambiable	meq/100g S.	5.11	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/100g S.	40.79	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría
Bases intercambiables (Ca, Mg, Na, K)		39.79	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica)
Nitrógeno total	%	4.12	Kjendahl
Materia orgánica	%	7.76	Walkley y Black
Carbono Orgánico	%	4.50	Walkley y Black
Fósforo disponible	ppm	36.33	Espectrofotometría UV-Visible




 Ph.D. Roberto Miranda Casas
LABORATORIO DE SUELOS

Dirección: Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850,
Telf. IAREN: 2484647 - 74016356 - 73075326 • **E-mail:** lafasa.suelos@gmail.com
Página web: agro.umsa.bo • La Paz - Bolivia

Anexo 3. Fotografías durante la Investigación de campo



Preparación del sustrato para el almacigo



Almacigo preparado en botellas pet



Siembra de semillas de tomate cherry



Trasplante de plantines



Tutorado de las plantas de tomate cherry



Podas de las plantas de tomate cherry



Preparación de la Trichoderma harzianum



Aplicación de Trichoderma harzianum a los respectivos tratamientos



Incorporación de humus de lombriz a los respectivos tratamientos



Vista frontal del cultivo de tomate cherry en la carpa de la Estación Experimental

Patacamaya



Cosecha



Medición del diámetro de fruto con vernier



Selección y pesado del fruto



Empaquetado y comercialización