

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN:**

**“EVALUACIÓN DE TRICHODERMA Y DEL HONGO  
MICORRIZÓGENO (*Glomus cubense*) EN EL DESARROLLO DE  
TOMATE (*Solanum lycopersicum*) CONSIDERANDO DIFERENTES  
SISTRATOS, VARIEDADES Y MODALIDADES DE RIEGO EN EL  
MUNICIPIO DE METAPÁN, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA, EL  
SALVADOR”**

**POR:**

**JUAN BOSCO PALACIOS TARIO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN:**

**“EVALUACIÓN DE TRICHODERMA Y DEL HONGO  
MICORRIZÓGENO (*Glomus cubense*) EN EL DESARROLLO DE  
TOMATE (*Solanum lycopersicum*) CONSIDERANDO DIFERENTES  
SUSTRATOS, VARIETADES Y MODALIDADES DE RIEGO EN EL  
MUNICIPIO DE METAPÁN, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA, EL  
SALVADOR”**

**POR:**

**JUAN BOSCO PALACIOS TARIO**

**COMO REQUISITO PARA OPTAR AL GRADO DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla

**SECRETARIO GENERAL:**

Lic. Pedro Rosalío Escobar

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

Ing. MAECE. Nelson Bernabé Granados Alvarado

**SECRETARIO:**

Ing. Agr. MSc. Edgar Geovany Reyes Melara

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE**

Ing. M.Sc. José Mauricio Tejada Asencio

**ASESORES**

Ing. Agr. Rigoberto Antonio Urías Fernández

Nicola Michelin PhD

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADO**

Ing. Agr. Juan Gerardo Marroquín Reina

## AGRADECIMIENTOS

“Dios escribe recto en renglones torcidos”

He decidido comenzar esta sección haciendo referencia a uno de los dichos populares que me ha acompañado en cada fase de esta corta vida que hasta ahorita se me ha otorgado. Es grato para mí recordar a cada una de las personas que de diversas formas y en múltiples circunstancias han formado parte de mi crecimiento como ser humano; agradezco a esos corazones humildes y sencillos que desde su modestia me han llevado a alcanzar una de mis más significativas revelaciones, la cual es: “Todos somos parte de todos; nadie es mejor ni menos que otro”. Agradezco también a aquellos corazones duros y mentes frías que han moldeado mi carácter y me han enseñado que, en los momentos críticos y más oscuros, la firmeza y la tenacidad son el único camino para resistir y salir adelante.

Agradezco cada manifestación de Dios que ha ocurrido en los momentos más inesperados de mi vida, puesto que en cada una de ellas pude encontrar guía, asistencia y compañía para superar cada una de las situaciones vividas. Agradezco por la comunicación con otras realidades que me han permitido comprender la integralidad de nuestras esencias a pesar de las diferencias dimensionales tangibles y no tangibles.

Agradezco el sacrificio, la paciencia, el respeto y la confianza que mis padres han depositado en mí y en las decisiones y caminos que he decidido tomar; así como de igual manera agradezco inmensamente a todas aquellas personas que han depositado su confianza en mí, a pesar de que eso muchas veces haya significado entrar y salir de problemas.

Un gesto de agradecimiento a usted que se ha tomado el tiempo de leer esta sección, a quién aprovecho de compartir mi más profundo deseo de nunca abandonar el camino de su autoconocimiento y crecimiento personal. Somos parte de este mundo y por lo tanto, tenemos la responsabilidad de compartir nuestro respeto y agradecimiento con todo ser viviente de nuestro planeta.

# ÍNDICE

2. RESUMEN.....	8
2. ABSTRACT.....	9
3. INTRODUCCIÓN.....	10
4. MARCO TEÓRICO.....	11
4.1. Hongos endófitos.....	11
4.2. Hongos rizosféricos.....	12
5.3. Rizósfera de la planta de tomate.....	13
4.4. Micorrizas.....	16
4.5. Tricodermas.....	16
4.6. Interacciones microbiológicas.....	17
4.7. Solución nutritiva.....	18
4.8. Tolerancia a la salinidad.....	19
4.9. Sustratos.....	20
4.10. Investigaciones previas relacionadas.....	21
5. DESARROLLO.....	24
5.1. Localización.....	24
5.2. Material vegetal y gestión agrícola.....	24
5.3. Tratamientos y diseño experimental.....	25
5.4. Mediciones.....	26
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
6.1 Resumen de las medias obtenidas por cada una de las variables estudiadas.....	28
6.2. Discusión de gráficas de las medias de las variables estudiadas.....	31
6.2.1. Discusión de gráficas respecto a la altura de la planta (cm).....	31
6.2.2. Discusión de gráficas respecto a la longitud radicular (cm).....	35
6.2.3. Discusión de gráficas respecto al número de grupo de hojas.....	38
6.2.4. Discusión de gráficas respecto al diámetro del tallo basal (cm).....	41
6.2.5. Discusión de gráficas respecto al diámetro del tallo apical (cm).....	44
6.2.6. Discusión de gráficas respecto al peso fresco total de la plántula (g).....	47
6.2.7. Discusión de gráficas respecto al peso fresco aéreo de la plántula (g).....	50
6.2.8. Discusión de gráficas respecto al peso fresco radicular de la plántula (g).....	53
6.2.9. Discusión de gráficas respecto al peso seco total de la plántula (g).....	56
6.2.10. Discusión de gráficas respecto al peso seco aéreo de la plántula (g).....	59
6.2.11. Discusión de gráficas respecto al peso seco radicular de la plántula (g).....	61
6.3. Aprendizajes logrados durante el desarrollo de la pasantía.....	65

6.3.1. Temática: Día de campo instalación de la casa malla huerta familiar comunitaria .....	65
6.3.2. Temática: Día de campo instalación de la casa malla huerta familiar comunitaria .....	68
6.3.3. Temática: Día de campo instalación de sistema de riego, fertilización de camas de siembra, capacitación para trasplante y siembra de plantines y práctica de aforo del sistema de riego.....	70
6.3.4. Temática: Día de campo instalación de huerta familiar comunitaria .....	73
6.3.5. Temática: Ejercicio para evaluación de impacto socio-económico de la huerta comunitaria en Maraxco.....	75
6.3.6. Temática: Día de campo sobre preparación de solución nutritiva y refuerzo en manejo integrado de plagas y planes de cosecha.....	77
6.3.7. Temática: Día de campo sobre prácticas agroecológicas enfocadas al cultivo de hortalizas en conjunto con CENTA.....	79
6.3.8. Temática: Día de campo sobre manejo integrado de plagas y refuerzo sobre prácticas de registro de actividades agrícolas dentro del huerto comunitario. ....	81
6.3.9. Temática: Día de campo sobre preparación de camas de siembra y manejo integrado de plagas. ....	83
6.3.10. Temática: Día de campo sobre preparación del suelo para restablecimiento de camas de siembra y trasplante. ....	85
6.3.11. Temática: Actividades dentro de SISTAGRO .....	87
7. CONCLUSIONES .....	90
8. RECOMENDACIONES .....	91
8. BIBLIOGRAFÍA .....	92
ANEXOS.....	98

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Media de la altura de la planta (cm) según la variedad de tomate .....	32
Gráfica 2. Media de la altura de la planta (cm) según la modalidad de riego.....	33
Gráfica 3. Media de la altura de la planta (cm) según el tipo de sustrato.....	33
Gráfica 4. Media de la altura de la planta (cm) según presencia o ausencia de Trichodermas.....	34
Gráfica 5. Media de la altura de la planta (cm) según presencia o ausencia de Micorrizas	34
Gráfica 6. Media de la longitud radicular (cm) según la variedad de tomate.....	35
Gráfica 7. Media de la longitud radicular (cm) según la modalidad de riego.....	36
Gráfica 8. Media de la longitud radicular (cm) según el tipo de sustrato.....	36
Gráfica 9. Media de la longitud radicular (cm) según presencia o ausencia de Trichodermas .....	37
Gráfica 10. Media de la longitud radicular (cm) según presencia o ausencia de Micorrizas	37
Gráfica 11. Media del número de grupo de hojas según la variedad de tomate .....	38

Gráfica 12. Media del número de grupo de hojas según la modalidad de riego.....	39
Gráfica 13. Media del número de grupo de hojas según el tipo de sustrato .....	39
Gráfica 14. Media del número de grupo de hojas según presencia o ausencia de Trichodermas.....	40
Gráfica 15. Media del número de grupo de hojas según presencia o ausencia de Micorrizas .....	40
Gráfica 16. Media del diámetro del tallo basal (cm) según la variedad de tomate .....	41
Gráfica 17. Media del diámetro del tallo basal (cm) según la modalidad de riego .....	42
Gráfica 18. Media del diámetro del tallo basal (cm) según el tipo de sustrato .....	42
Gráfica 19. Media del diámetro del tallo basal (cm) según presencia o ausencia de Trichodermas.....	43
Gráfica 20. Media del diámetro del tallo basal (cm) según presencia o ausencia de Micorrizas .....	43
Gráfica 21. Media del diámetro del tallo apical (cm) según la variedad de tomate .....	44
Gráfica 22. Media del diámetro del tallo apical (cm) según la modalidad de riego.....	45
Gráfica 23. Media del diámetro del tallo apical (cm) según el tipo de sustrato .....	45
Gráfica 24. Media del diámetro del tallo apical (cm) según presencia o ausencia de Trichodermas.....	46
Gráfica 25. Media del diámetro del tallo apical (cm) según presencia o ausencia de Micorrizas .....	46
Gráfica 26. Media del peso fresco total de la plántula (g) según la variedad de tomate .....	47
Gráfica 27. Media del peso fresco total de la plántula (g) según la modalidad de riego.....	48
Gráfica 28. Media del peso fresco total de la plántula (g) según el tipo de sustrato .....	48
Gráfica 29. Media del peso fresco total de la plántula (g) según presencia o ausencia de Trichodermas.....	49
Gráfica 30. Media del peso fresco total de la plántula (g) según presencia o ausencia de Micorrizas .....	49
Gráfica 31. Media del peso fresco aéreo de la plántula (g) según la variedad de tomate ...	50
Gráfica 32. Media del peso fresco aéreo de la plántula (g) según la modalidad de riego ...	51
Gráfica 33. Media del peso fresco aéreo de la plántula (g) según el tipo de sustrato .....	51
Gráfica 34. Media del peso fresco aéreo de la plántula (g) según presencia o ausencia de Trichodermas.....	52
Gráfica 35. Media del peso fresco aéreo de la plántula (g) según presencia o ausencia de Micorrizas .....	52
Gráfica 36. Media del peso fresco radicular de la plántula (g) según la variedad de tomate .....	53
Gráfica 37. Media del peso fresco radicular de la plántula (g) según la modalidad de riego.....	54
Gráfica 38. Media del peso fresco radicular de la plántula (g) según el tipo de sustrato.....	54
Gráfica 39. Media del peso fresco radicular de la plántula (g) según presencia o ausencia de Trichodermas.....	55
Gráfica 40. Media del peso fresco radicular de la plántula (g) según presencia o ausencia de Micorrizas .....	55
Gráfica 41. Media del peso seco total (g) según la variedad de tomate .....	56
Gráfica 42. Media del peso seco total (g) según la modalidad de riego.....	57
Gráfica 43. Media del peso seco total (g) según el tipo de sustrato.....	57
Gráfica 44. Media del peso seco total (g) según presencia o ausencia de Trichodermas...	58
Gráfica 45. Media del peso seco total (g) según presencia o ausencia de Micorrizas .....	58
Gráfica 46. Media del peso seco aéreo (g) según la variedad de tomate .....	59

Gráfica 47. Media del peso seco aéreo (g) según la modalidad de riego .....	60
Gráfica 48. Media del peso seco aéreo (g) según el tipo de sustrato .....	60
Gráfica 49. Media del peso seco aéreo (g) según presencia o ausencia de Trichodermas	61
Gráfica 50. Media del peso seco aéreo (g) según presencia o ausencia de Micorrizas.....	61
Gráfica 51. Media del peso seco radicular (g) según la variedad de tomate.....	62
Gráfica 52. Media del peso seco radicular (g) según la modalidad de riego.....	63
Gráfica 53. Media del peso seco radicular (g) según el tipo de sustrato.....	63
Gráfica 54. Media del peso seco radicular (g) según presencia o ausencia de Trichodermas .....	64
Gráfica 55. Media del peso seco radicular (g) según presencia o ausencia de Micorrizas .	64

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos aplicados.....	27
Cuadro 2. Valores de medias obtenidas por las variedades de tomate respecto a las variables analizadas. [Con mayor detalle en Anexo 8] .....	28
Cuadro 3. Resumen de los valores de medias obtenidas por según la modalidad de riego respecto a las variables analizadas. [Con mayor detalle en Anexo 9] .....	29
Cuadro 4. Resumen de los valores de medias obtenidas por el tipo de sustrato respecto a las variables analizadas. [Con mayor detalle en Anexo 10].....	29
Cuadro 5. Resumen de los valores de medias obtenidas por los Trichodermas respecto a las variables analizadas. [Con mayor detalle en Anexo 11].....	30
Cuadro 6. Resumen de los valores de medias obtenidas por las Micorrizas respecto a las variables analizadas. [Con mayor detalle en Anexo 12] .....	31

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Medición de las mangueras de riego, San Francisco, Chalatenango, ES.....	67
Imagen 2. Instalación del sistema de riego, San Francisco, Chalatenango, ES. ....	67
Imagen 3. Estructura con malla polisombra instalada, San Francisco, Chalatenango, ES. .	67
Imagen 4. Preparación del suelo, La Palma, Chalatenango, ES. ....	69
Imagen 5. Trasplante de plantines, La Palma, Chalatenango, ES.....	70
Imagen 6. Instalación del sistema de riego, La Palma, Chalatenango, ES. ....	70
Imagen 7. Medición de aforo del sistema de riego, Cantón Capucalito, La Unión, GT. ....	72
Imagen 8. Preparación de las camas de siembra, Cantón Capucalito, La Unión, GT.....	72
Imagen 9. Trasplante de plantines, Cantón Capucalito, La Unión, GT. ....	72
Imagen 10. Preparación de la malla "Polisombra", Olopa, Chiquimula, GT. ....	74
Imagen 11. Instalación del sistema de riego, Olopa, Chiquimula, GT.....	75
Imagen 12. Trasplante de plantines, Olopa, Chiquimula, GT. ....	75
Imagen 13. Asistencia técnica, Maraxco, Chiquimula, GT.....	76
Imagen 14. Asistencia técnica, Maraxco, Chiquimula, GT.....	76
Imagen 15. Coordinación comunitaria, Maraxco, Chiquimula, GT.....	77
Imagen 16. Cosecha de repollo, Sabana Grande, Chiquimula, GT. ....	78
Imagen 17. Cosecha de hortalizas, Sabana Grande, Chiquimula, GT.....	79

Imagen 18. Huerto familiar, Sabana Grande, Chiquimula, GT.....	79
Imagen 19. Dia de campo con CENTA, Metapán, Santa Ana, ES.....	80
Imagen 20. Dia de campo con CENTA, Metapán, Santa Ana, ES.....	81
Imagen 21. Dia de campo con CENTA, Metapán, Santa Ana, ES.....	81
Imagen 22. Cosecha de berenjena, Belen Güijjat, Metapán, Santa Ana, ES. ....	82
Imagen 23. Cultivos de zuquini y lechuga, Belen Güijjat, Metapán, Santa Ana, ES. ....	83
Imagen 24. Aplicación de productos orgánicos, Belen Güijjat, Metapán, Santa Ana, ES. ....	83
Imagen 25. Preparación de la cama de siembra, Maraxco, Chiquimula, GT. ....	84
Imagen 26. Trasplante de plantines de lechuga, Maraxco, Chiquimula, GT. ....	85
Imagen 27. Cosecha en huerto familiar, Maraxco, Chiquimula, GT.....	85
Imagen 28. Trasplante de plantines de repollo, La Palma, Chalatenango, ES. ....	86
Imagen 29. Trasplante de plantines, La Palma, Chalatenango, ES.....	87
Imagen 30. Preparación de camas de siembra, La Palma, Chalatenango, ES.....	87
Imagen 31. Carbonización de cascarilla de arroz, SISTAGRO, Metapán, Santa Ana, ES...	89
Imagen 32. Sistema hidropónico, SISTAGRO, Metapán, Santa Ana, ES. ....	89
Imagen 33. Establecimiento de barreras rompeviento, SISTAGRO, Metapán, Santa Ana, ES.....	90

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Inoculación de semillas de tomate con esporas de micorrizas .....	98
Anexo 2. Semilla de tomate inoculada con esporas de micorrizas .....	99
Anexo 3. Siembra de semilla de tomate inoculada con micorriza en bandejas.....	99
Anexo 4. Establecimiento del experimento en condiciones de campo abierto.....	100
Anexo 5. Refuerzo de Trichoderma utilizando el producto BioTRICH T-90 .....	101
Anexo 6. Medición de las variables morfológicas de los plantines de tomate .....	101
Anexo 7. Extracción de los plantines luego de 21 días de crecimiento y clasificación .....	102
Anexo 8. Valores de las medias obtenidos según variedad de tomate.....	103
Anexo 9. Valores de las medias obtenidos según la modalidad de riego .....	103
Anexo 10. Valores de las medias obtenidos según el tipo de sustrato utilizado .....	103
Anexo 11. Valores de las medias obtenidos según la aplicación o no de Trichoderma al sustrato.....	104
Anexo 12. Valores de las medias obtenidos según la inoculación o no de Micorrizas a las semillas de tomate .....	104
Anexo 13. Análisis de varianza (ANVA) de Altura de la planta (cm) .....	104
Anexo 14. Análisis de varianza (ANVA) de Longitud radicular (cm) .....	105
Anexo 15. Análisis de varianza (ANVA) de Número de grupo de hojas.....	105
Anexo 16. Análisis de varianza (ANVA) de Diámetro del tallo basal (cm).....	106
Anexo 17. Análisis de varianza (ANVA) de Diámetro del tallo apical (cm).....	106
Anexo 18. Análisis de varianza (ANVA) de Peso fresco total de la plántula (g) .....	107
Anexo 19. Análisis de varianza (ANVA) de Peso fresco aéreo de la plántula (g).....	107
Anexo 20. Análisis de varianza (ANVA) de Peso fresco radicular (g) .....	108
Anexo 21. Análisis de varianza (ANVA) de Peso seco total (g) .....	108
Anexo 22. Análisis de varianza (ANVA) de Peso seco aéreo (g).....	109
Anexo 23. Análisis de varianza (ANVA) de Peso seco radicular (g) .....	109

## 2. RESUMEN

Dentro del marco de desarrollo del proyecto “Innovación tecnológica e investigación científica para una horticultura sostenible y competitiva en la región de Trifinio” ejecutado por el Organismo Internacional Italo-Latinoamericano (IILA) en coordinación con Plan Trifinio en Metapán; se realizó la presente Pasantía de investigación que tuvo como objetivo evaluar los efectos de *Trichoderma* y del hongo Micorrizógeno (*Glomus cubense*) en el desarrollo del Tomate (*Solanum lycopersicum*) considerando diferentes sustratos, variedades de tomate y modalidades de riego. El arreglo estadístico empleado para la investigación fue el “Diseño de bloques completamente al azar”; el cual, se llevó a cabo en condiciones de campo abierto, en las instalaciones del centro de innovación tecnológica SISTAGRO, ubicado en Metapán, en el departamento de Santa Ana, El Salvador. La inoculación de los sustratos se realizó con el hongo beneficioso *Trichoderma Asperellum T-90*; y la inoculación de las semillas de las variedades evaluadas (Tomate Pony como variedad híbrida y Tomate Valiente como variedad de polinización abierta) con las asociaciones micorrízicas arbusculares, utilizando en este caso el hongo micorrízico *Glomus cubense*. Además, se realizó una comparación entre el efecto del riego exclusivamente con agua y el del riego con solución nutritiva a 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Por lo que, como resultado preliminar de la investigación se obtuvo que la aplicación de fertirriego a los plantines durante su fase de vivero brindó los mejores resultados con respecto a las variables analizadas de altura de la planta (cm), número de grupo de hojas, grosor en los diámetros basal y apical de los tallos (cm) y en los pesos frescos y secos de las plántulas (g).

## 2. ABSTRACT

Within the development framework of the project “Technological innovation and scientific research for a sustainable and competitive horticulture in the Trifinio region” executed by the International Italo-Latin American Agency (IILA) in coordination with Plan Trifinio in Metapán; the present scientific research was carried out with the objective of evaluating the effects of Trichoderma and the mycorrhizogenic fungus (*Glomus cubense*) on the development of tomato (*Solanum lycopersicum*) considering different substrates, varieties and irrigation modalities. The statistical arrangement used for the research was the “Completely randomized block design”, which was carried out in open field conditions, in the facilities of the SISTAGRO technological innovation center, located in Metapán, in the department of Santa Ana, El Salvador. The inoculation of the substrates was carried out with the beneficial fungus *Trichoderma Asperellum* T-90; and the inoculation of the seeds of the varieties evaluated (Tomato Pony as a hybrid variety and Tomato Valiente as an open-pollinated variety) with arbuscular mycorrhizal associations, using in this case the mycorrhizal fungus *Glomus cubense*. In addition, a comparison was made between the effect of irrigation exclusively with water and irrigation with nutrient solution at 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Therefore, as a preliminary result of the research, it was obtained that the application of fertigation to the seedlings during the nursery stage provided the best results with respect to the analyzed variables of plant height (cm), number of leaf groups, thickness in the basal and apical diameters of the stems (cm) and in the fresh and dry weights of the seedlings (g).

### 3. INTRODUCCIÓN

Dentro del área comprendida como la región Trifinio, la agricultura ha sido uno de los medios de producción y generación de ingresos económicos más arraigado a las comunidades de esta región. Sin embargo, se presentan múltiples situaciones de índole ambiental, social y nutricional que son afectadas de manera directa e indirecta por la actividad humana como consecuencia del crecimiento demográfico imperante en los últimos años.

Las consecuencias de la inestabilidad económica regional, la falta de políticas públicas enfocadas al sector agrícola, entre otras; han desgastado paulatinamente la capacidad productiva de este sector de la sociedad; que se encuentra categorizado como uno de los sectores más vulnerables frente a cambios políticos y climáticos, por mencionar algunos. Agregando a esto, las prácticas agrícolas tradicionales han contribuido de manera negativa a lo largo de los últimos 50 años, degradando la fertilidad de los suelos, incrementando la resistencia de algunas plagas a la aplicación de productos químicos, al empobrecimiento nutricional de las familias al comercializar y consumir productos alimenticios tratados con agroquímicos sin emplear los debidos controles en sus aplicaciones.

Por lo que, frente a esta realidad, el proyecto denominado “Innovación tecnológica e investigación científica para una horticultura sostenible y competitiva en la región de Trifinio” ejecutado por el Organismo Internacional Italo-Latinoamericano (IILA) en coordinación con Plan Trifinio en Metapán ha tenido como propósito promover el desarrollo sostenible contribuyendo en la creación de condiciones para la mejora de la seguridad alimentaria dentro del actual contexto regional.

Atendiendo a este propósito, la presente investigación tiene la importancia de generar y transferir los conocimientos adquiridos como producto de la evaluación de los efectos de inocular los hongos benéficos *Trichoderma Asperellum T-90* y micorrizas (*Glomus cubense*) en el desarrollo del Tomate (*Solanum lycopersicum*) tomando en consideración a su vez, diferentes sustratos, variedades de tomate y modalidades de riego.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Hongos endófitos

La palabra "endófito" etimológicamente significa "dentro de la planta" (*endon*: dentro, *phyton*: planta). En un principio, el término endófito se refería a cualquier organismo que colonizara el interior de los tejidos de las plantas, pero según Wilson (1951) el término fue restringido únicamente a microorganismos, refiriéndose sólo a bacterias y a hongos que no provocan daño aparente a la planta hospedera. Actualmente, este término se refiere a bacterias, hongos, algas e insectos, en donde los hongos son los microorganismos que se han aislado con mayor frecuencia como endófitos. Los hongos endófitos se definen como microorganismos que pasan la mayor parte o todo su ciclo de vida colonizando los tejidos de la planta hospedera, sin causar daño evidente. El "endofitismo" se refiere a una asociación de costo-beneficio no obstructiva, asintomática y transitoria, definida por localización (no por función), y que se establece dentro de los tejidos vivos de la planta hospedera. Los hongos endófitos se han encontrado en todas las plantas (pastos, algas, musgos y plantas vasculares), desde las que habitan en el ártico hasta los trópicos, así como en los campos agrícolas. De todos los ecosistemas del planeta tierra, los bosques templados y tropicales presentan una gran biodiversidad de plantas y éstas parecen albergar también una cantidad significativa de hongos endófitos. (Sánchez et al. 2013)

La interacción planta-endófito se identifica por su carácter asintomático; la planta provee al hongo alimento, hospedaje y protección. Por su parte, aunque se desconoce con certeza el mecanismo de acción, se ha reportado ampliamente que los endófitos confieren gran potencial adaptativo a las especies vegetales hospederas frente a condiciones adversas de tipo abiótico entre las que se pueden mencionar, mayor tolerancia a la sequía y al estrés oxidativo (Zhang et al. 2006).

Entre los beneficios más estudiados de los endófitos se encuentra la capacidad que inducen en el hospedero, mediante la producción de metabolitos secundarios como los alcaloides, de mitigar el efecto de otros hongos causales de enfermedad, como es el caso de *Dechslera sp.* en el pasto *Brachiaria* (Kelemu et al. 2001). Se ha reportado recientemente que la relación planta-endófito es tan fuerte que puede llegar a estar involucrada en la resistencia sistémica inducida (Waller et al. 2005). Todos estos mecanismos conducen a una mayor habilidad competitiva en las

plantas pues le permiten expresar su máximo potencial genético, exhibir altas tasas de germinación, mayor densidad, más biomasa en los tejidos y mejor producción de semilla, en comparación con las plantas libres de endófitos (Vila et al. 2003).

Los hongos endófitos, además de interactuar con su hospedera, interactúan entre ellos dentro de la planta. Estos mecanismos han sido evidenciados en algunas interacciones en cultivos in vitro donde los hongos antagonistas producen metabolitos secundarios con propiedades antifúngicas o muestran una clara interferencia. En la actualidad, son escasos los estudios que establecen cuál es el modo de acción y cuáles son los compuestos antimicrobianos implicados en las interacciones interespecíficas dentro de las comunidades fúngicas en la naturaleza. Por lo tanto, el estudio químico y biológico de estas interacciones conduce al descubrimiento de metabolitos secundarios bioactivos estructuralmente diversos y novedosos, por lo que este recurso constituye una fuente prometedora de moléculas potencialmente útiles para su uso en la agricultura, la medicina y la industria. (Sánchez et al. 2013)

#### 4.2. Hongos rizosféricos

Los microorganismos solubilizadores de fosfatos (MSF) se concentran en alta proporción en la rizosfera de las plantas, por lo cual se han estudiado varias especies de bacterias y hongos. Durante los últimos años el conocimiento sobre los MSF se desarrolló significativamente. Entre estos se encuentran las Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal o PGPR, Plant Growth Promotion Rhizobacteria, y hongos solubilizadores de fosfato, HSF. Por lo general, son aislados del suelo rizosférico, no rizosférico, rizoplano, filosfera y de depósitos de roca fosfórica usando el método de dilución serial o una técnica de cultivo enriquecido. (Callejas et al. 2018)

Los microorganismos presentes en su entorno influyen en el crecimiento de las plantas y pueden ser mutualistas, como los hongos formadores de micorrizas, o no mutualistas, como los hongos endófitos. (García et al. 2023)

Desde hace años, el control de las enfermedades fúngicas ha dependido, en gran medida, de tratamientos con agroquímicos, con fungicidas sistémicos como los benzimidazoles, en este grupo se incluyen el benomil, carbendazim, tiabendazol, y tiofanato. No obstante, su uso representa un severo riesgo para la salud humana y contribuye al aumento de la contaminación al medio ambiente. Una alternativa

sustentable es el empleo de microorganismos antagónicos; por ejemplo, en la mayoría de los cultivos hortícolas se utilizan para el control biológico de fitopatógenos bacterias de los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Azotobacter* y *Azospirillum* y hongos del género *Trichoderma*. (Blanco et al., 2020)

La sostenibilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agroecosistemas. En este sentido, los biofertilizantes constituyen un componente vital de los sistemas sostenibles, ya que son un medio económicamente atractivo y aceptable de reducir los insumos externos y de mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos. Entre los beneficios del uso de microorganismos en la agricultura están su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, la descomposición de residuos orgánicos, la desintoxicación con plaguicidas, la supresión de enfermedades en las plantas, el aporte de nutrientes al suelo y la producción de compuestos bioactivos como vitaminas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas. La efectividad en el uso de microorganismos se logra cuando se dan las condiciones óptimas para metabolizar los sustratos, como disponibilidad de agua, oxígeno (dependiendo de si son aerobios obligados o anaerobios facultativos), pH y temperatura, así como la disponibilidad de fuentes energéticas. En el grupo de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV), *Azospirillum sp.* es considerado un sistema modelo para el estudio de la asociación entre bacterias y plantas que no nodulan. Las bacterias pertenecientes a este género son muy promisorias como inoculantes para las plantas; pues tienen un número de características interesantes que las hace adaptables para establecerse ellas mismas en el extremadamente complejo medio competitivo de la rizosfera. Partiendo de que uno de los principales problemas con el uso y manejo de biofertilizantes en la agricultura es el desconocimiento de las especies presentes en los agroecosistemas para su posible utilización eficiente. (Alfonso et al. 2005)

### 5.3. Rizósfera de la planta de tomate

El sistema radicular del tomate está constituido por: la raíz principal, las raíces secundarias y las adventicias. Generalmente se extiende superficialmente sobre un diámetro de 1,5 m y alcanza más de 0,5 m de profundidad; sin embargo, el 70% de las raíces se localizan a menos de 0,20 m de la superficie. Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas, simples y glandulares. En su parte distal se localiza el meristemo apical, donde se inician los nuevos

primordios foliares y florales. Sobre este tallo las hojas compuestas e imparipinnadas, se disponen de forma alternada. (Melis, 2014)

La rizosfera es la región del suelo que rodea la superficie de la raíz y que está afectada por los exudados que ésta libera. Fue descrita por primera vez por Hiltner (1904). Hay diferentes tipos de sustancias que se liberan desde las raíces y que estimulan la actividad microbiana, como son los carbohidratos (azúcares y oligosacáridos), ácidos orgánicos, vitaminas, nucleótidos, flavonoides, enzimas, hormonas y compuestos volátiles. El resultado es una densa y activa población microbial, que interactúa con las raíces y aún dentro de ellas. El efecto de la rizosfera sobre la población microbial puede ser medido al comparar la densidad de la población (unidades formadoras de colonias, UFC) entre la rizosfera (R) y en el resto del suelo no rizosférico (S), para lo cual se utiliza la "relación R/S". El efecto de la rizosfera es más alto para las bacterias que para los hongos y aún más alto para algunos grupos funcionales de bacterias (p.e., amonificantes, desnitrificantes). En contraste, las algas exhiben mayor densidad poblacional en el suelo no rizosférico que en la rizosfera. El tipo de plantas puede también afectar la relación R/S, lo cual está asociado con la cantidad y tipo de exudados de la raíz. También hay diferencias entre la densidad de población en la superficie de la raíz (rizoplano) y el suelo de la rizosfera. Aunque sobre el rizoplano hay numerosos microorganismos, se estima que sólo 4-10% de su área de superficie total está en contacto físico con los microorganismos del suelo. En la literatura no han sido reportadas diferencias en la rizosfera según el tipo de suelo, pero se sospecha que los suelos que exhiben severas limitaciones para el crecimiento microbial (p.e., suelos ácidos y ricos en Al, que abundan en el trópico) pueden presentar relaciones R/S más altas para las bacterias y otros microorganismos. (Osorio, 2009)

La extensión de la rizosfera varía con la planta y el suelo, pero es aceptado que cubre al menos 2 mm desde el rizoplano. Algunos autores han mostrado que la zona de influencia puede ser al menos de 10 mm. La diversidad de microorganismos es también variable, cerca al rizoplano hay una comunidad diversa, pero al aumentar la distancia desde el rizoplano la diversidad se reduce. Efectos similares sobre actinomicetos y hongos de la rizosfera, parecen estar asociados con la concentración de carbono en la solución del suelo (exudados de las raíces), la cual disminuye desde el rizoplano. La liberación de exudados de la raíz puede estar afectada por varios factores en la planta, el suelo y el ambiente. Las plantas pueden liberar entre 10-30% de fotosintatos a través del sistema de raíces. Un mismo factor (p.e., estrés por agua,

bajo pH, químicos aplicados al follaje) produce incremento o disminución en la liberación de compuestos orgánicos en diferentes plantas. Las raíces también secretan mucílagos polisacáridos y pierden capas de células en la punta de la raíz al crecer a través del suelo, y así se liberan más compuestos carbonáceos a la rizosfera. Las condiciones fisicoquímicas que predominan en la rizosfera se pueden usar para entender el papel que juegan los microorganismos sobre la disponibilidad de nutrientes. Por ejemplo, la concentración de oxígeno ( $O_2$ ) en la rizosfera es muy baja debido a la alta demanda requerida para la respiración microbial a partir de compuestos carbonáceos y a la alta densidad microbial. Consecuentemente, la concentración de  $CO_2$  es alta. Estas condiciones crean un ambiente anaeróbico, y se favorecen las reacciones de reducción. Las bacterias desnitrificantes (anaeróbicas) tienen una relación R/S más alta, lo cual facilita la reducción de algunos elementos tales como N, S, Fe y Mn. El pH de la rizosfera usualmente es de 1-2 unidades más bajo que el del suelo. Varios mecanismos son responsables de este efecto: a) producción de  $CO_2$  por procesos de respiración que forman  $H_2CO_3$ , b) actividad de las bombas de  $H^+$  en la obtención de nutrientes por las plantas y los microorganismos, c) liberación de ácidos orgánicos por raíces y microorganismos, d) descomposición de la materia orgánica y e) fijación de  $N_2$  por la simbiosis Rhizobium-leguminosa. Los efectos también pueden variar con la capacidad buffer del suelo y el tipo de planta involucrada. Las condiciones ácidas favorecen la solubilización de minerales del suelo (p.e., fosfatos de calcio). Las características de la rizosfera varían con la especie de planta y las condiciones del suelo. (Osorio, 2009)

De la diversidad de especies de microorganismos que componen la microflora del suelo, muchas producen compuestos con actividad biológica que son capaces de interferir con el desarrollo de microorganismos fitopatógenos. En investigaciones realizadas sobre las interacciones entre diversas plantas y ciertos microorganismos promotores del desarrollo vegetal, cuyas siglas en inglés son PGPR, la raíz desempeña un papel central por ser el órgano de la planta que es colonizado en primera instancia. En esta interacción se promueve tanto el crecimiento de la raíz como la capacidad de absorción de sustancias nutritivas. Ciertas especies de microorganismos de diversos géneros han sido utilizadas en la práctica para incrementar la producción de múltiples cultivos, ya sea por su participación en el control biológico de hongos y bacterias fitopatógenos, por su relación con la inducción

del estado de resistencia sistémica adquirida, o por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, entre una diversidad de actividades biológicas. (Osorio, 2009)

#### 4.4. Micorrizas

El término micorriza fue propuesto para describir la asociación simbiótica que se presenta, de manera natural, entre las raíces del 95% de las especies vegetales y ciertos hongos del suelo (*mico*= hongo; *rriza*=raíz). Es una relación mutualista en la que el hongo coloniza la raíz y proporciona a la planta hospedera agua y nutrientes, que absorbe del suelo a través de su red externa de hifas. La planta por su parte aporta los compuestos carbonados que el hongo utiliza como fuente energética. La formación de esta simbiosis se constituye en una estrategia exitosa desarrollada por las plantas para superar el estrés que se sucede durante la colonización de ecosistemas terrestres. Existen diferentes tipos de micorrizas, las más estudiadas son las ectomicorrizas y las endomicorrizas. Las ectomicorrizas corresponden a relaciones simbióticas entre hongos Basidiomicetes y Ascomicetes y algunas especies vegetales arbóreas. Las endomicorrizas o micorrizas arbusculares se constituyen en la interacción entre hongos de la clase *Glomeromycetes* y las raíces de casi el 80% de todas las especies de plantas terrestres, incluyendo muchas especies de plantas de interés agrícola y hortícola. Hay evidencia de la presencia de estos hongos desde el período Devónico, hace 398 millones de años, cuando las plantas acuáticas colonizaron la superficie terrestre. Los hongos micorrizo-arbusculares (AMF, de sus siglas en inglés) son biotrofos obligados, es decir, que no pueden ser cultivados y multiplicados en ausencia de una planta hospedera. La razón más aceptada es que el hongo durante la larga evolución de la relación simbiótica, perdió su capacidad para fijar carbono o la maquinaria genética para hacerlo, y llegó a ser completamente dependiente de una planta hospedera para obtener fotosintatos. Aunque se considera que el 95% de las especies vegetales forman asociaciones micorrizales, éstas sólo se han examinado en un 3% de ellas y es aún mucho más incipiente la información acerca de su dependencia por la condición micorrizal. (Osorio, 2009)

#### 4.5. Tricodermas

Trichoderma es un hongo que se encuentra presente en forma natural, en casi todos los suelos. Este hongo pertenece a la clase *Sordariomycetes*, orden: *Hypocreales*,

familia: *Hypocreaceae*. Las especies más importantes como agentes de control de enfermedades son: *Trichoderma spp Rifai*, *T. viride Pers.*, *T. polysporum Link fr*, *T. reesei EG Simmons*, *T. virens*, *T. longibrachatum Rifai*, *T. parceromosum*, *T. pseudokoningii*, *T. hamatum*, *T. lignorum* y *T. citroviride*. (Chavarría, 2016)

*Trichoderma* está entre los agentes de control biológico más exitosos en la agricultura, formando parte de más del 60% de los bio-fungicidas registrados en el mundo. Este microorganismo está presente en el mercado como bioplaguicida, biofertilizante, promotor del rendimiento y crecimiento vegetal, y como solubilizador de nutrientes en campos agrícolas o descomponedor de materia orgánica. (Molina et al. 2022)

Los mecanismos de acción mediante los cuales los aislamientos del género *Trichoderma* enfrentan al patógeno, son fundamentalmente de 3 tipos: competencia directa por el espacio o los nutrientes, fungistasis mediante producción de metabolitos secundarios de naturaleza volátil o no volátil y parasitismo directo de las especies sobre los hongos fitopatógenos. A nivel mundial existen fórmulas comerciales basadas en el uso de especies de *Trichoderma* para el control de hongos fitopatógenos, las cuales no tienen el mismo efecto en todas las regiones agrícolas, debido a la diversidad de condiciones ambientales existentes en la naturaleza, que disminuyen la efectividad de estos productos. El control biológico basado en hongos como *Trichoderma*, es una estrategia efectiva a largo plazo, ya que es necesaria la adaptación del microorganismo al ambiente y su establecimiento en los ecosistemas, un mecanismo muy diferente al de los productos químicos, que son compuestos inertes. (Guédez et al. 2012)

#### 4.6. Interacciones microbiológicas

Las bacterias de la rizosfera pueden aumentar el crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos por diferentes vías. El acrónimo PGPR (por sus siglas en inglés) ha sido ampliamente usado para agrupar estos microorganismos. Las micorrizas se encuentran prácticamente en todos los hábitats de la tierra, desde ecosistemas acuáticos a desiertos, desde el ecosistema ártico hasta los bosques tropicales, en diferentes altitudes y latitudes. Existe una gran diversidad en cuanto a morfología y fisiología de las asociaciones micorrícicas, lo que permite reconocer varios tipos de micorrizas diferentes. Los tipos de micorrizas más estudiados a nivel mundial son las ectomicorrizas y las micorrizas arbusculares. Las ectomicorrizas las

forman tan sólo entre 3-5% de las plantas terrestres, distribuidas en 140 géneros, como, por ejemplo, abedules, abetos, castaños, eucaliptos, hayas, píceas, pinos y robles. Más de 6,000 especies fúngicas (hongos) de 65 géneros, pertenecientes principalmente a las divisiones *Ascomycota* y *Basidiomycota* están involucradas como simbiontes obligados o facultativos en este tipo de micorrizas. Paradójicamente, sólo unas 150 especies fúngicas son responsables de la formación de las micorrizas arbusculares en más del 90% de las plantas terrestres. Estos hongos formadores de micorrizas arbusculares han sido, recientemente, incluidos en una división taxonómica propia, la división *Glomeromycota*. Se caracterizan porque el hongo presenta, dentro de la raíz, hifas intercelulares, hifas tirabuzón o “coils”, arbuscúlos (hifas intracelulares muy ramificadas, formadas por divisiones dicotómicas sucesivas) y vesículas intra o intercelulares. (Dreyer, 2007)

A pesar de que se ha reconocido en El Salvador en diversas ocasiones la importancia del uso de biofertilizantes, como los hongos micorrícicos y las bacterias promotoras del crecimiento, para la producción agrícola sostenible, todavía no existe una línea de investigación en este campo. Esta misma situación se observa en el resto de países centroamericanos, a excepción de Costa Rica. (Dreyer, 2007)

Así que plantas hortícolas como tomates, lechugas, apios, cebollas, puerros, chiles, yucas, zucchinis, frijoles, ejotes, etc., árboles frutales como mangos, aguacates, cítricos, papayas, etc., plantas medicinales, y especies forestales como la caoba, el bálsamo, el pino, el roble etc. dependen de la presencia de hongos micorrícicos en sus raíces para un crecimiento y rendimiento óptimo. Igualmente, las especies presentes en los manglares son micorrícicas. También las plantas de interés ornamental como las palmeras y las cicas, las bromelias y los helechos, las orquídeas, etc. se ven favorecidas en su desarrollo en la presencia de los hongos micorrícicos. (Dreyer, 2007)

#### 4.7. Solución nutritiva

Uno de los aspectos de mayor importancia en la producción de hortalizas es la nutrición que deben recibir éstas durante su ciclo de cultivo. La mayoría de los cultivos hortícolas demandan cantidades importantes de nutrimentos en periodos relativamente cortos, lo cual puede deberse a sus altas tasas de crecimiento. El empleo de la nutrición mineral en etapas fenológicas tempranas puede ser una estrategia para facilitar el crecimiento de las raíces, minimizar el estrés en las

plántulas al ser trasplantadas e incrementar la supervivencia de éstas. Existen numerosos estudios en los que la condición nutricional en previo al trasplante produce efectos significativos benéficos en las características morfológicas y fisiológicas de las plántulas; en algunos se menciona que la nutrición adecuada en esta etapa garantiza un rendimiento aceptable de los cultivos, al incrementar la proporción de frutos comercializables y/o la precocidad de la cosecha, pero lo que siempre se logra es un crecimiento uniforme de la plántula, mayor tasa de crecimiento en el semillero, mayor calidad de las plántulas y menor porcentaje de mortalidad después del trasplante. (Magdaleno, 2006)

La formulación de las soluciones nutritivas incluye a los elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo óptimo. Sin embargo, la absorción de nutrientes depende del genotipo de la planta, del entorno en la raíz y en la parte aérea, y de la edad de la planta. (Luna et al. 2021)

#### 4.8. Tolerancia a la salinidad

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) cuando se cultiva en suelos salinos no se encuentra ajeno a una disminución de los rendimientos, puesto que es una especie glicófita, medianamente sensible a las sales y que presenta un umbral respecto al contenido total de sales, cuantificadas en el extracto de saturación del suelo y expresadas como conductividad eléctrica (CEs) de 2,5 dS/m. (Chinnusamy et al. 2005)

A nivel de raíces, las sales alteran la absorción de agua afectando el crecimiento de estos órganos; también actúan produciendo efectos tóxicos. La magnitud de las respuestas de las plantas se encuentra estrechamente relacionada a la concentración de las sales, a la duración del estrés a que están expuestas y a la especie o cultivar de que se trate. La parte aérea de las plantas de tomates igualmente es afectada por la salinidad: las plantas alcanzan una menor altura, las hojas se presentan en menor número y a la vez manifiestan una disminución en su densidad estomática en la cara adaxial, presentan clorosis y necrosis principalmente en los bordes de las hojas. (Romero, 2001)

Las sales afectan el crecimiento al alterar la absorción de agua por las raíces, fenómeno que se denomina componente osmótico, y sería el efecto inicial que padecen las plantas. (Shannon et al. 1999)

También se desencadenan desequilibrios iónicos en las plantas por la excesiva absorción de sodio y cloruros, los que generan efectos secundarios como problemas de toxicidad y nutricionales vinculados a la absorción de iones esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Yokoi et al. 2002)

Estudios sobre la respuesta de las plantas al estrés osmótico muestran que a mayores niveles de estrés se mejora la calidad de los frutos, por cuanto el índice refractométrico (°Brix) registrado en éstos fue superior a los controles. Cuando se evaluaron por un grupo de panelistas, éstos fueron capaces de detectar aquellos frutos obtenidos de las plantas sometidas a mayores estreses, los que fueron calificados positivamente por su mejor gusto. (Nichols et al. 1995)

En experiencias similares con tomates Cherry cv Gardeners Delight regados con soluciones con conductividades eléctricas de 3, 5 y 8 dS/m y sometidos a una evaluación sensorial para el gusto, un panel numeroso de jueces prefirió los tomates tratados con una CE de 5 dS/m en el agua de riego. Resultados que estarían vinculados a la relación sólidos solubles/acidez y aroma que expresan los frutos a esa CE del agua de riego. (Gough et al. 1990)

#### 4.9. Sustratos

La planta de tomate puede ser sostenida y cultivada en diferentes tipos de materiales. De hecho, la planta sobrevive en cualquier medio de cultivo si las raíces pueden penetrar en el sustrato. (Ortega, 2010)

El sustrato o medio de crecimiento, es otro componente que tiene la función de proporcionar las condiciones para que las plantas se sostengan, absorban el agua y los nutrientes, impidan el paso de la luz hacia el sistema radical y permitan el intercambio de gases con las raíces. (Ortega, 2010)

El término sustrato o substrato se aplica en horticultura a todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical desempeñando un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta. (Ortega, 2010) El sustrato es un sistema de tres fracciones cada una con una función propia: la fracción sólida asegura el mantenimiento mecánico del sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta a la planta el agua y, por interacción con la fracción sólida los nutrientes necesarios. Por último, la fracción gaseosa asegura las transferencias de

oxígeno y CO<sub>2</sub> del entorno radicular. Esto hace que resulte necesario conocer las propiedades físicas, físico-químicas, químicas y biológicas de los sustratos, pues condicionan en mayor medida los cultivos en contenedor y determinan posteriormente su manejo. (Ortega, 2010)

El sustrato adecuado al cultivo, es aquel capaz de retener un volumen suficiente de agua y aire, nutrientes en forma disponible para la planta; asimismo, debe ser bien drenado y permitir el rápido lavado del exceso de sales que se acumulan en el sustrato y que daña a las plantas. (Ortega, 2010)

Uno de los sustratos más utilizados para la producción de plántulas en el ámbito mundial es la turba de musgo (*Sphagnum peat moss*); sus características físicas, químicas y biológicas permiten una excelente germinación y crecimiento de las plántulas, pero su costo elevado y explotación no sostenible, ha comenzado a restringir su uso. Esto ha motivado la búsqueda de otros sustratos entre los que destacan el compost producido a partir de materiales orgánicos vegetales y animales, y el aserrín de coco, producto de la molienda del mesocarpio del fruto del coco. Ambos son productos comerciales y han sido evaluados individualmente como sustratos sustitutos de la turba. Ambos materiales presentan limitaciones físicas y/o químicas que podrían reducirse al mezclarlos. (Fernández et al. 2006)

#### 4.10. Investigaciones previas relacionadas

### **INOCULACIÓN DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) POR DOS VÍAS DIFERENTES EN EL CULTIVO DEL TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*)**

**Resumen:** En la rizosfera, fracción de suelo con influencia directa de las raíces de las plantas, cohabitan numerosos microorganismos que pueden influir positivamente en el crecimiento y desarrollo vegetal. Dentro de las ventajas que obtienen de dicho proceso encontramos el incremento en la absorción de nutrientes minerales, la resistencia a condiciones de estrés, además de mejorar la estructura del suelo, sobre todo en la estabilidad de sus micro agregados. Los hongos micorrízicos arbusculares son considerados como la asociación simbiótica de mayor importancia para la agricultura. En los últimos años se han desarrollado diversas tecnologías para la reproducción de los HMA, siendo la más utilizada aquella que involucra a una planta hospedera en un sustrato sólido. En tal sentido, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba, se comercializa un biofertilizante a partir de estos simbioses

(EcoMic®), con el cual se han obtenido resultados satisfactorios en leguminosas, en maíz y en hortalizas como el tomate. (Mujica, 2012)

### **FUNCIONAMIENTO DE LA INOCULACIÓN LÍQUIDA CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (HMA) EN PLANTAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.)**

**Resumen:** Esta investigación se realizó en la Sección de Invernaderos del Servicio Central de Soporte a la Investigación Experimental (SCSIE), en la Universidad de Valencia, España. Se utilizó el tomate (*Solanum lycopersicum* L. cultivar 'Amalia') como cultivo modelo cuyas semillas fueron desinfectadas antes de la siembra. Se utilizó como sustrato una mezcla de sustrato orgánico y vermiculita (1:1). El cultivo creció bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa. Las plantas se inocularon con la especie de hongo micorrízico arbuscular (HMA) *Glomus cubense*, la que se inoculó en la etapa de semillero a razón de 250 esporas/mL de agua en un volumen final de 800 mL. La inoculación se realizó una sola vez durante el ciclo del experimento. A los 15 días de germinado el cultivo las posturas se trasplantaron para macetas que contenían sustrato orgánico, vermiculita, y arena sílice (1:2:1). Se estudiaron dos tratamientos siguiendo un diseño completamente aleatorizado: control sin inocular e inoculado para un total de 30 macetas por cada tratamiento. Las evaluaciones se realizaron cada 15 días hasta la etapa de floración del cultivo y se evaluaron indicadores del desarrollo vegetativo y del funcionamiento micorrízico. Los resultados permitieron comprobar que la inoculación por capilaridad de HMA en plantas de tomate bajo condiciones controladas fue efectiva según los indicadores estudiados. (Mujica et al. 2013)

### **PERCEPCIÓN DE SEÑALES DE LOS HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES POR PLANTAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN LAS FASES INICIALES DEL ESTABLECIMIENTO DE LA SIMBIOSIS**

**Resumen:** La percepción de las señales que se establecen entre las plantas y los microorganismos que cohabitan con ellas inducen diferentes reacciones que pueden ser desde neutras hasta defensivas. La simbiosis con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) es la más extendida en el planeta y los mecanismos por los cuales colonizan a la planta, así como la percepción de las señales que emiten se encuentran en el foco de investigación de la actualidad, dado que la rapidez con que

sean percibidas las señales les permitirá competir con otros microorganismos presentes en la rizósfera por el nicho de establecimiento, teniendo en cuenta que no todos colonizan con la misma intensidad y que esto depende en primer término de la relación especie-fertilidad del suelo. Por ello se realizó este experimento de comparación con dos de las cepas más utilizadas del cepario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) para comprobar la rapidez de la percepción de las señales de estos HMA por las plantas y se evaluó a través de dos enzimas relacionadas con la defensa. Se observó una rápida inducción de las actividades de estas enzimas al inicio de la dinámica, que disminuyó rápidamente en la medida que se inició el reconocimiento entre los simbiosites. Las plantas inoculadas con *G. cubense* respondieron más rápido, según pudo observarse en las dinámicas de activación y esto podría relacionarse con el hecho de ser la cepa recomendada para esta condición de suelo por sus efectos agronómicos demostrados. (Pérez et al. 2015)

### **RESPUESTA DE PLANTAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) A LA BIOFERTILIZACIÓN LÍQUIDA CON *Glomus cubense***

**Resumen:** Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) representan un grupo de microorganismos edáficos que establecen simbiosis con las plantas influyendo positivamente en su crecimiento y desarrollo. Con el objetivo de evaluar la respuesta de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. 'Amalia') a la biofertilización líquida con *Glomus cubense*, se realizó esta investigación en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Las semillas de tomate fueron desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 10 % por 10 minutos, posteriormente fueron sembradas en cepellones a razón de dos semillas por alveolo. Se estudió la especie de hongo micorrízico arbuscular (HMA) *Glomus cubense* reproducida en el cepario del laboratorio de micorrizas arbusculares y se inoculó en la etapa de semillero. La inoculación se realizó una sola vez durante el ciclo del experimento y el riego se aplicó en función de la evaporación del agua de la bandeja. Se inocularon tres dosis de HMA: 10, 20 y 40 esporas. mL<sup>-1</sup> agua. Se estudiaron cuatro tratamientos siguiendo un diseño completamente aleatorizado. Se evaluaron indicadores del desarrollo vegetativo (masa seca aérea y superficie foliar) y del funcionamiento micorrízico (frecuencia e intensidad de la colonización y extracción de proteínas totales). Los resultados mostraron que el inoculante líquido tuvo un efecto positivo sobre los indicadores de desarrollo vegetativo y funcionamiento micorrízico

del tomate. Se encontró que la dosis de 20 esporas por planta fue la que manifestó la mejor respuesta. (Mujica et al. 2014)

## **VARIACIÓN EN EL ÍNDICE Y DENSIDAD ESTOMÁTICA EN PLANTAS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) SOMETIDAS A TRATAMIENTOS SALINOS**

**Resumen:** Plantas de tomate cv. Missouri, cultivadas en campo, campo fueron regadas con agua que contenía diferentes niveles de NaCl (conductividad eléctrica aproximada de 0,5; 2,3; 3,1 y 5,0 dS/m). Al momento de la cosecha, se colectaron al azar porciones medias de folíolos para determinar el índice estomático (IE) y la densidad estomática (DE). Las plantas sometidas a los tres mayores tratamientos salinos resultaron con valores de IE promedio para ambas superficies de la hoja de 63,45; 63,97 y 77,52, respectivamente, en relación con el tratamiento testigo de (0,5 dS/m) que presentó un IE de 58,47. En cuanto a la densidad estomática, la salinidad produjo un descenso del número de estomas por unidad de superficie en la cara adaxial de las hojas y un ligero aumento en la cara abaxial. En consecuencia, el menor valor (59,73 estomas/mm<sup>2</sup>) se encontró en el tratamiento más salino (cara adaxial de la hoja) y el mayor (175,17 estomas/mm<sup>2</sup>) en el menos salino (cara abaxial de la hoja). Estos resultados parecen indicar una forma de evasión anatómica por parte de las plantas de tomate ante condiciones de estrés salino. (Salas et al. 2001)

## **5. DESARROLLO**

### **5.1. Localización**

La investigación se realizó en el centro de innovación tecnológica SISTAGRO, ubicado en Metapán, en el departamento de Santa Ana, El Salvador (14°33' N -89°45' W; 477 m s.n.m.). Según la clasificación de Köppen, el clima local es del tipo Aw, tropical lluvioso con verano seco y estación lluviosa concentrada entre junio y octubre.

### **5.2. Material vegetal y gestión agrícola**

El estudio analizó el desarrollo de la planta del tomate, *Solanum lycopersicum*. En particular, se comparó la variedad *Tomate Valiente* (variedad de polinización abierta) con la variedad más difundida localmente, *Tomate Pony* (variedad híbrida). Las

semillas de la variedad *Valiente* se compraron a la empresa *AMER CONSULTORES S.A. DE C.V.*, mientras que las semillas de *Tomate Pony* se compraron a la empresa *El Surco, S.A de C.V.*

La siembra se realizó los días 8 y 9 de abril, sembrando manualmente en bandejas de plástico rígido con 128 celdas. El tamaño de las bandejas es el siguiente: 54 cm de largo, 28 cm de ancho y 5 cm de profundidad.

El 50% de la bandeja se sembró con la variedad *Valiente* y el restante 50% con *Pony*, de manera que se obtuvieron 64 plántulas de cada variedad por bandeja, las cuales fueron sometidas a los mismos tratamientos.

Las bandejas de semillero se colocaron en un vivero exterior, cubierto por una red de polisombra que reduce el 63% la intensidad de la luz solar y preserva al mismo tiempo la circulación del aire desde los lados abiertos. Durante los cinco días siguientes a la siembra, se regó con agua cuatro veces al día (a las 8.00, a las 11.00, a las 13:30 y a las 16.00 horas) utilizando una regadera de 0.75 litros por bandeja por litro. Cuando el 80% de las plántulas presentaron cotiledones completamente expandidos, se consideró que el proceso de germinación había concluido y se inició con los tratamientos.

### 5.3. Tratamientos y diseño experimental

Se consideraron 16 tratamientos, obtenidos a partir de la combinación factorial de dos diferentes sustratos (turba de *Sphagnum* y suelo de sotobosque), dos tratamientos con *Trichoderma* (aplicación y no aplicación), dos tratamientos con micorrizas (semilla tratada y semilla no tratada) y dos métodos de riego diferentes (solamente con agua y con solución nutritiva).

La turba utilizada como sustrato es específicamente turba de *Sphagnum canadiense*, compuesta en un 80% por turba de *Sphagnum*, perlita, caliza calcítica y caliza dolomítica, junto con un agente humectante. Presenta un rango de pH entre 5,4 - 6,3 y una conductividad eléctrica de 1000 - 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El suelo de sotobosque proviene de las zonas boscosas de Chalatenango, La Palma (El Salvador).

El hongo *Trichoderma Asperellum T-90* se aplicó utilizando el producto BioTRICH T-90 (concentración de  $>1 \times 10^8$  conidios por gramo de producto). Se aplicaron 10 gramos del producto comercial BioTRICH por bandeja. La aplicación se realizó 5 días antes de la siembra, para permitir la colonización del

sustrato por parte del hongo. Se incorporó el *Trichoderma* al sustrato, que posteriormente se llevó a capacidad de campo con agua y se colocó en bandejas. Las bandejas fueron cubiertas con paja natural para preservar la humedad y facilitar el desarrollo del hongo. El tratamiento con *Trichoderma* consistió en aplicaciones sucesivas, cada 5 días a partir de la germinación, con las siguientes dosis: 30 gramos de producto en 8 litros de agua, aplicado a las 24 bandejas tratadas con el uso de una bomba.

El hongo *Glomus Cubense* se aplicó con el producto *Biofertilizante Bioamigo* (composición garantizada de al menos 20 esporas por gramo): las semillas tratadas se cubrieron uniformemente con el producto, se dejaron secar en un espacio sombreado por 15 minutos y, posteriormente fueron sembradas. Ambos productos microbiológicos son suministrados por la empresa *Bioamigo® El Salvador*.

Para el riego se utilizó el agua disponible en la región, que tiene una conductividad eléctrica de 580  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y un pH de 6.5. La solución ensayada es una solución nutritiva a  $\text{CE}=1200 \mu\text{S}/\text{cm}$ , preparada a partir de un fertilizante soluble compuesto como sigue: **N** 19,26% (13,51% Nitrógeno Ureico, 5,75% Nitrógeno Amoniacal); **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** 28.44%; **K<sub>2</sub>O** 9.61%; **Mg** 0.45%; **S** 3.83%; ingredientes inertes 38.41%.

El suministro de riego se realizó cuatro veces al día, a las 8.00, a las 11.00, a las 13:30 y a las 16.00 horas, con un volumen de 0.75 litros/bandeja por aplicación, para un total de 2 litros diarios por bandeja.

El diseño experimental que se decidió implementar fue un *completely randomized block design*, con 16 tratamientos, aplicando un tratamiento por bandeja, y 3 repeticiones por un total de 48 bandejas.

#### 5.4. Mediciones

A los 21 días de la siembra, se tomaron parámetros morfológicos (altura de la planta, longitud radicular, número de grupo de hojas, diámetro del tallo, peso fresco total de la plántula, peso fresco aéreo de la plántula, peso fresco radicular, peso seco total, peso seco aéreo y peso seco radicular).

Las mediciones morfológicas fueron obtenidas de 4 plantas por tratamiento en cada una de las tres réplicas ( $n = 12$ ).

Cuadro 1. Tratamientos aplicados

	<b>TRATAMIENTO (Aplicado por igual a ambas variedades Pony y Valiente)</b>
T1	Sustrato de Sotobosque sin tratar, semilla de tomate sin tratar y agua
T2	Sustrato de Sotobosque sin tratar, semilla de tomate sin tratar y solución nutritiva
T3	Sustrato de Sotobosque con Trichoderma, semilla de tomate sin tratar y agua
T4	<i>Sustrato de Sotobosque con Trichoderma, semilla de tomate sin tratar y solución nutritiva</i>
T5	Sustrato de Sotobosque sin tratar, semilla de tomate con Micorriza y agua
T6	Sustrato de Sotobosque sin tratar, semilla de tomate con Micorriza y solución nutritiva
T7	Sustrato de Sotobosque con Trichoderma, semilla de tomate con Micorriza y agua
T8	Sustrato de Sotobosque con Trichoderma, semilla de tomate con Micorriza y solución nutritiva
T9	Sustrato de Turba con Trichoderma, semilla de tomate sin tratar y agua
T10	Sustrato de Turba con Trichoderma, semilla de tomate sin tratar y solución nutritiva
T11	Sustrato de Turba sin tratar, semilla de tomate sin tratar y agua
T12	Sustrato de Turba sin tratar, semilla de tomate sin tratar y solución nutritiva

T13	Sustrato de Turba con Trichoderma, semilla de tomate con Micorriza y agua
T14	Sustrato de Turba con Trichoderma, semilla de tomate con Micorriza y solución nutritiva
T15	Sustrato de Turba sin tratar, semilla de tomate con Micorriza y agua
T16	Sustrato de Turba sin tratar, semilla de tomate con Micorriza y solución nutritiva

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados preliminares obtenidos luego de haber sido realizado el análisis estadístico por medio del programa SPSS versión 29. Los resultados que serán discutidos en esta sección son los valores obtenidos a los 21 días después de haberse realizado la siembra de las semillas de las dos variedades de tomate en estudio (T. Valiente y T. Pony).

### 6.1 Resumen de las medias obtenidas por cada una de las variables estudiadas

*Cuadro 2. Valores de medias obtenidas por las variedades de tomate respecto a las variables analizadas. [Con mayor detalle en Anexo 8]*

VARIABLES	VALIENTE	PONY
Altura de la planta (cm)	8.97	8.42
Longitud radicular (cm)	6.66	6.85
Número de grupo de hojas	2.51	2.44
Diámetro del tallo basal (cm)	2.40	2.34
Diámetro del tallo apical (cm)	1.88	1.79
Peso fresco total de la plántula (g)	1.65	1.62

Peso fresco aéreo de la plántula (g)	1.09	0.98
Peso fresco radicular (g)	0.57	0.64
Peso seco total (g)	0.17	0.17
Peso seco aéreo (g)	0.08	0.07
Peso seco radicular (g)	0.09	0.11

\*Simbología en los gráficos: VALIENTE = T. Valiente; Pony = T. Pony

*Cuadro 3. Resumen de los valores de medias obtenidas por según la modalidad de riego respecto a las variables analizadas. [Con mayor detalle en Anexo 9]*

VARIABLES	AGUA	SOLUCIÓN NUTRITIVA
Altura de la planta (cm)	4.70	12.69
Longitud radicular (cm)	7.12	6.39
Número de grupo de hojas	1.78	3.17
Diámetro del tallo basal (cm)	1.66	3.09
Diámetro del tallo apical (cm)	1.17	2.50
Peso fresco total de la plántula (g)	0.65	2.62
Peso fresco aéreo de la plántula (g)	0.26	1.81
Peso fresco radicular (g)	0.38	0.82
Peso seco total (g)	0.09	0.25
Peso seco aéreo (g)	0.02	0.13
Peso seco radicular (g)	0.07	0.12

\*Simbología en los gráficos: AGUA = H2O; SOLUCIÓN NUTRITIVA = SN

*Cuadro 4. Resumen de los valores de medias obtenidas por el tipo de sustrato respecto a las variables analizadas. [Con mayor detalle en Anexo 10]*

VARIABLES	SOTOBOSQUE	TURBA
Altura de la planta (cm)	10.67	6.72

Longitud radicular (cm)	6.78	6.72
Número de grupo de hojas	2.68	2.27
Diámetro del tallo basal (cm)	2.65	2.10
Diámetro del tallo apical (cm)	2.07	1.60
Peso fresco total de la plántula (g)	2.07	1.19
Peso fresco aéreo de la plántula (g)	1.35	0.72
Peso fresco radicular (g)	0.74	0.46
Peso seco total (g)	0.23	0.11
Peso seco aéreo (g)	0.10	0.06
Peso seco radicular (g)	0.13	0.06

\*Simbología en los gráficos: SOTOBOSQUE = ST; TURBA = TB

*Cuadro 5. Resumen de los valores de medias obtenidas por los Trichodermas respecto a las variables analizadas. [Con mayor detalle en Anexo 11]*

VARIABLES	CON TRICHODERMAS	SIN TRICHODERMAS
Altura de la planta (cm)	8.56	8.83
Longitud radicular (cm)	6.67	6.84
Número de grupo de hojas	2.56	2.39
Diámetro del tallo basal (cm)	2.40	2.35
Diámetro del tallo apical (cm)	1.86	1.81
Peso fresco total de la plántula (g)	1.63	1.64
Peso fresco aéreo de la plántula (g)	1.01	1.05
Peso fresco radicular (g)	0.61	0.59

Peso seco total (g)	0.16	0.18
Peso seco aéreo (g)	0.07	0.08
Peso seco radicular (g)	0.09	0.10

\*Simbología en los gráficos: CON TRICHODERMAS = T; SIN TRICHODERMAS = NT

*Cuadro 6. Resumen de los valores de medias obtenidas por las Micorrizas respecto a las variables analizadas. [Con mayor detalle en Anexo 12]*

VARIABLES	CON MICORRIZAS	SIN MICORRIZAS
Altura de la planta (cm)	8.75	8.64
Longitud radicular (cm)	7.34	6.16
Número de grupo de hojas	2.42	2.53
Diámetro del tallo basal (cm)	2.42	2.33
Diámetro del tallo apical (cm)	1.83	1.84
Peso fresco total de la plántula (g)	1.60	1.67
Peso fresco aéreo de la plántula (g)	1.03	1.04
Peso fresco radicular (g)	0.56	0.64
Peso seco total (g)	0.16	0.18
Peso seco aéreo (g)	0.07	0.08
Peso seco radicular (g)	0.09	0.10

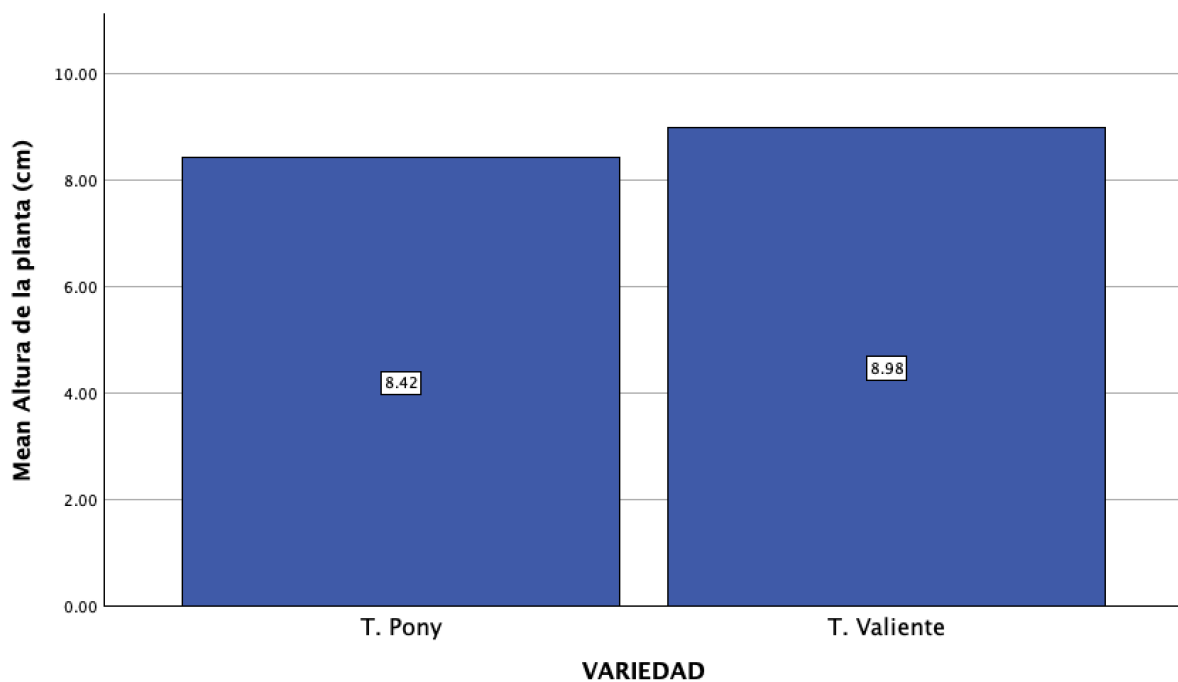
\*Simbología en los gráficos: CON MICORRIZAS = M; SIN MICORRIZAS = NM

## 6.2. Discusión de gráficas de las medias de las variables estudiadas

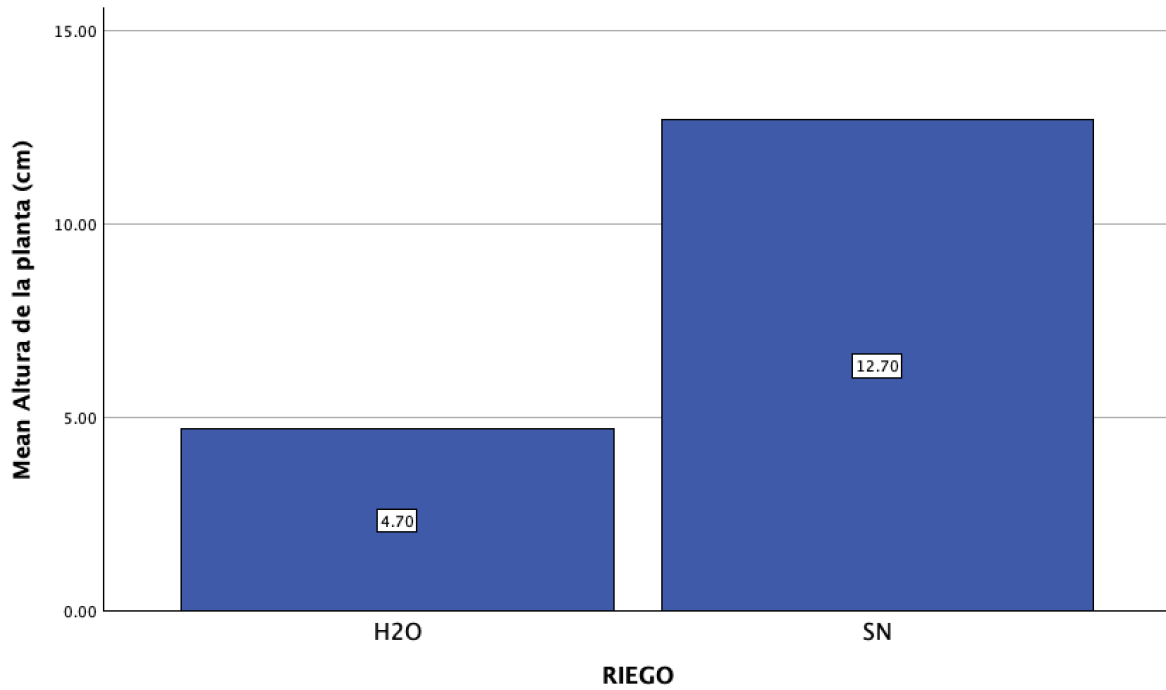
### 6.2.1. Discusión de gráficas respecto a la altura de la planta (cm)

Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente "Altura de la planta (cm)" [Ver Anexo 13]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: "Variedad" con un valor de probabilidad de 0.007, "Riego" con un valor de probabilidad menor a 0.001 y

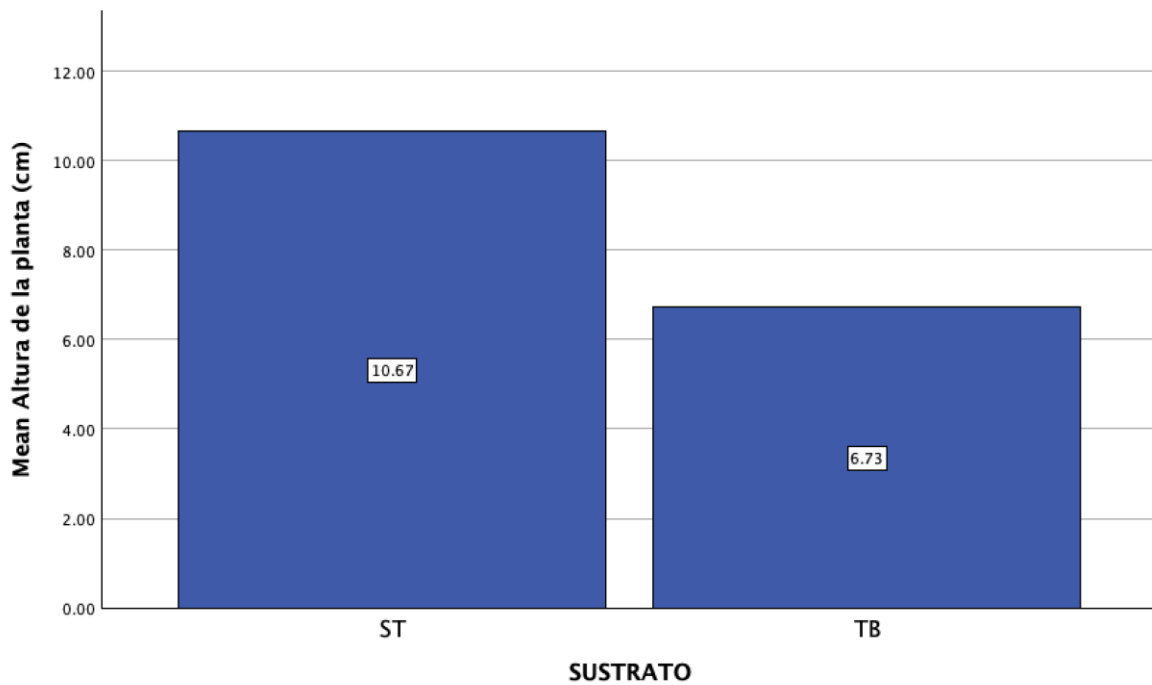
“Sustrato” con un valor de probabilidad menor a 0.001; siendo estos tres valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo el riego [Ver Gráfica 2] la variable independiente que está presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.835) [Ver Anexo 13] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Altura de la planta (cm)” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es elevada.



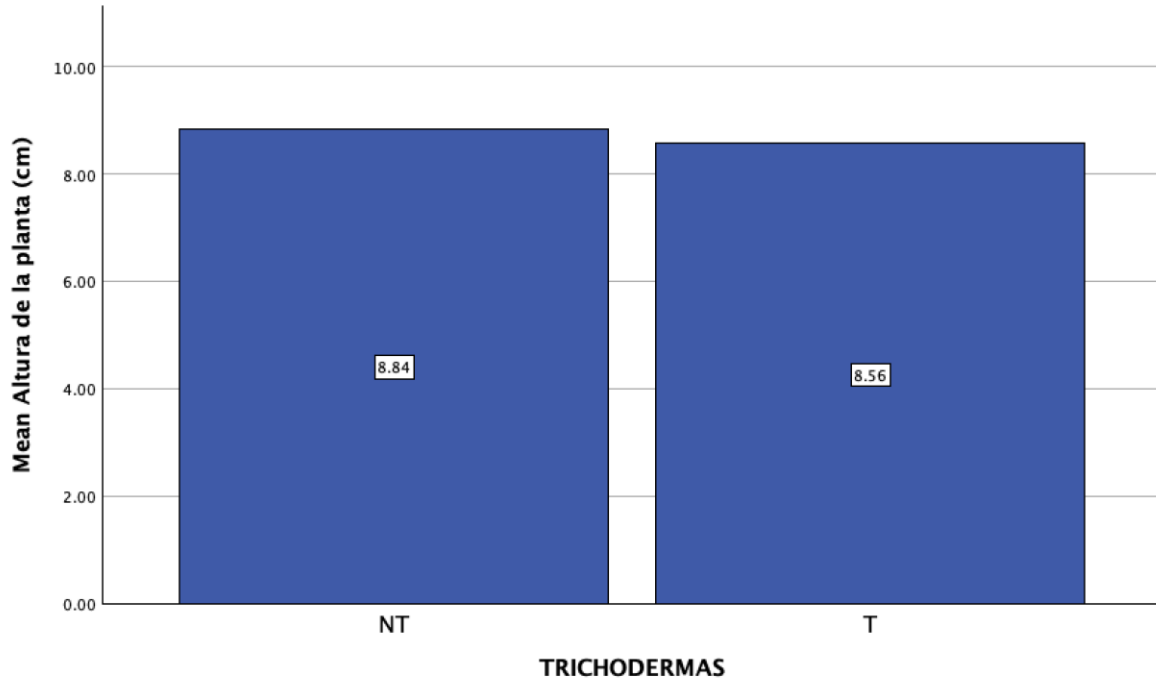
Gráfica 1. Media de la altura de la planta (cm) según la variedad de tomate



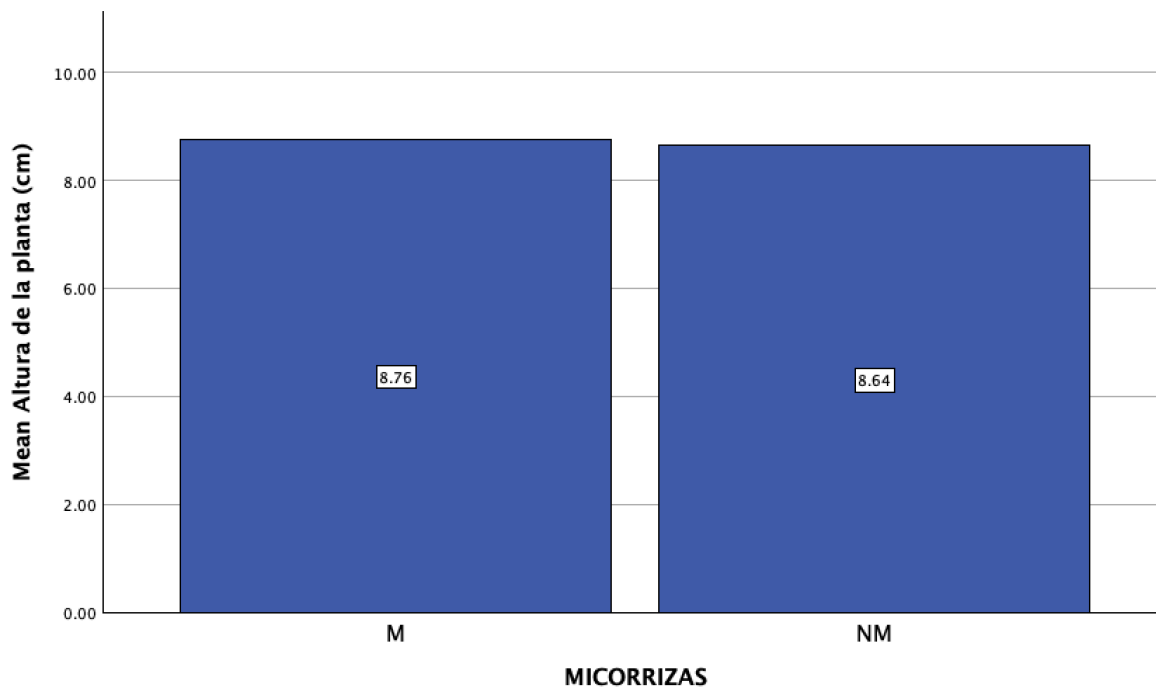
Gráfica 2. Media de la altura de la planta (cm) según la modalidad de riego



Gráfica 3. Media de la altura de la planta (cm) según el tipo de sustrato



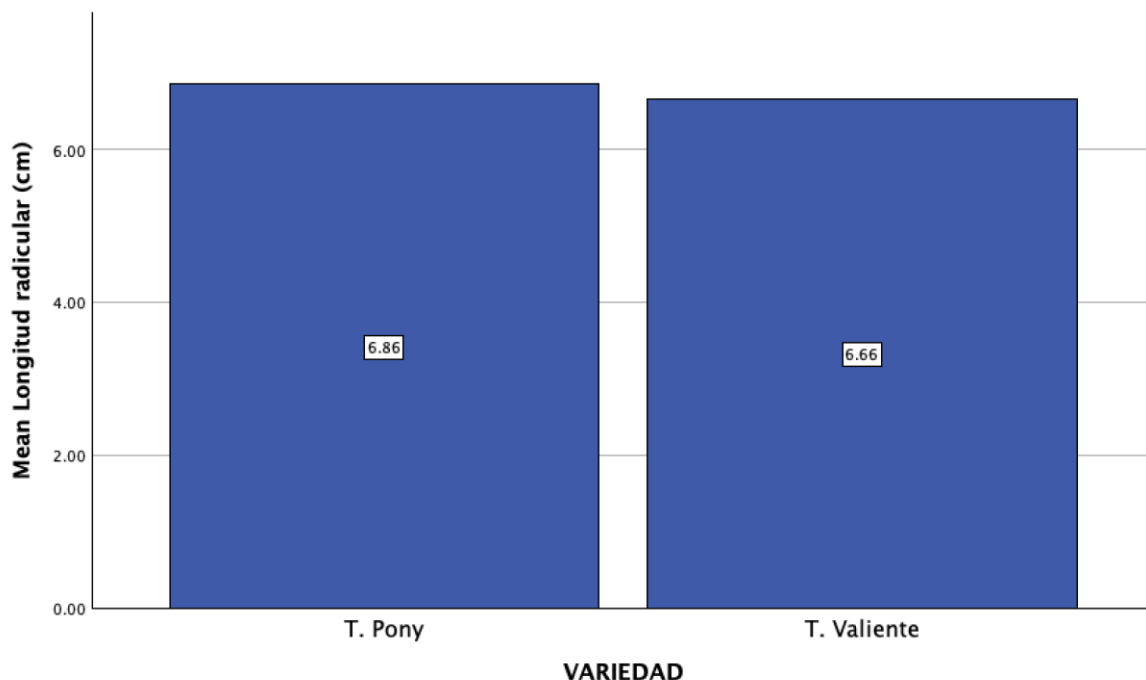
Gráfica 4. Media de la altura de la planta (cm) según presencia o ausencia de Trichodermas



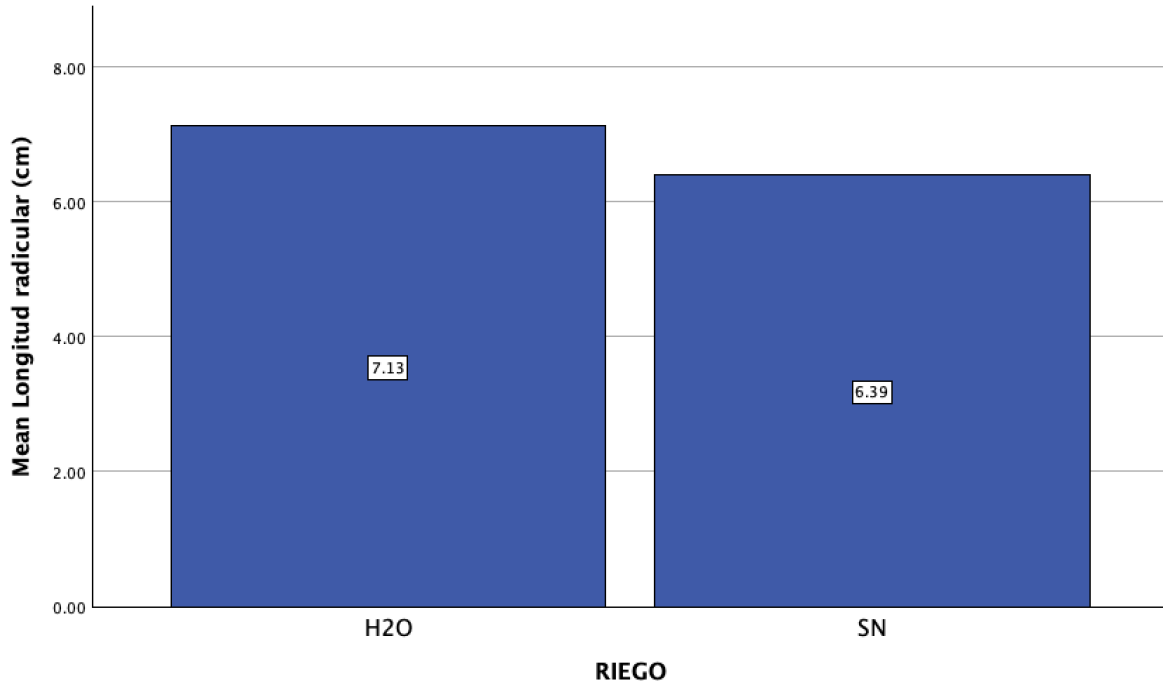
Gráfica 5. Media de la altura de la planta (cm) según presencia o ausencia de Micorrizas

### 6.2.2. Discusión de gráficas respecto a la longitud radicular (cm)

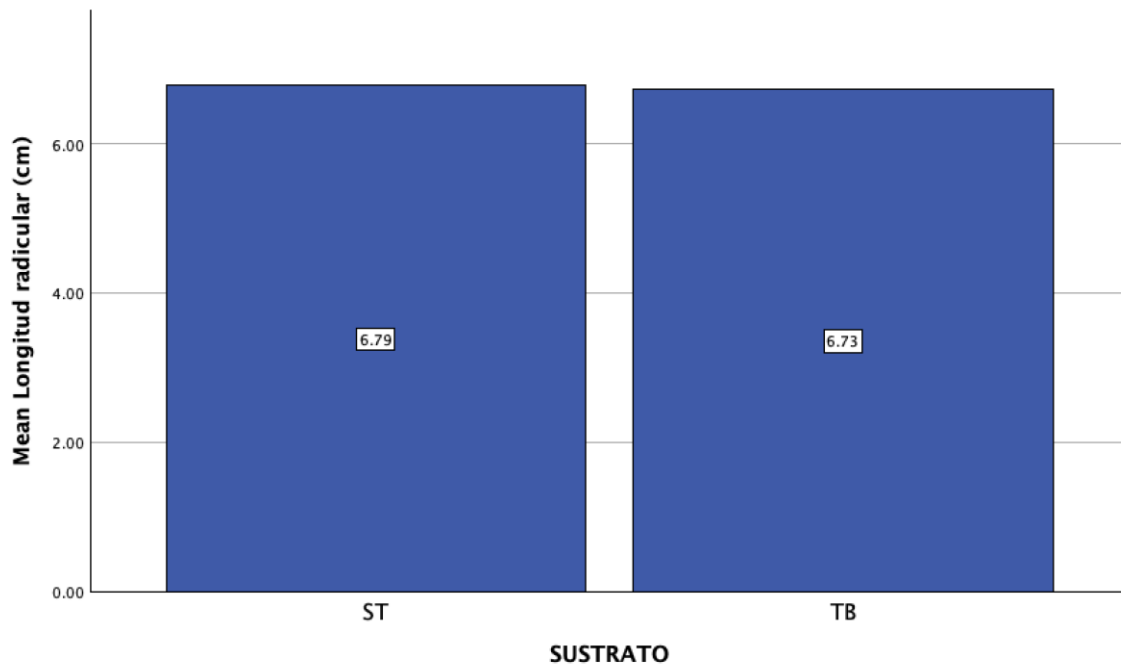
Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente “Longitud radicular (cm)” [Ver Anexo 14]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: “Riego” con un valor de probabilidad menor a 0.001 y “Micorrizas” con un valor de probabilidad menor a 0.001; siendo estos tres valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo las micorrizas [Ver Gráfica 10] la variable independiente que está presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.233) [Ver Anexo 14] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Longitud radicular (cm)” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es débil.



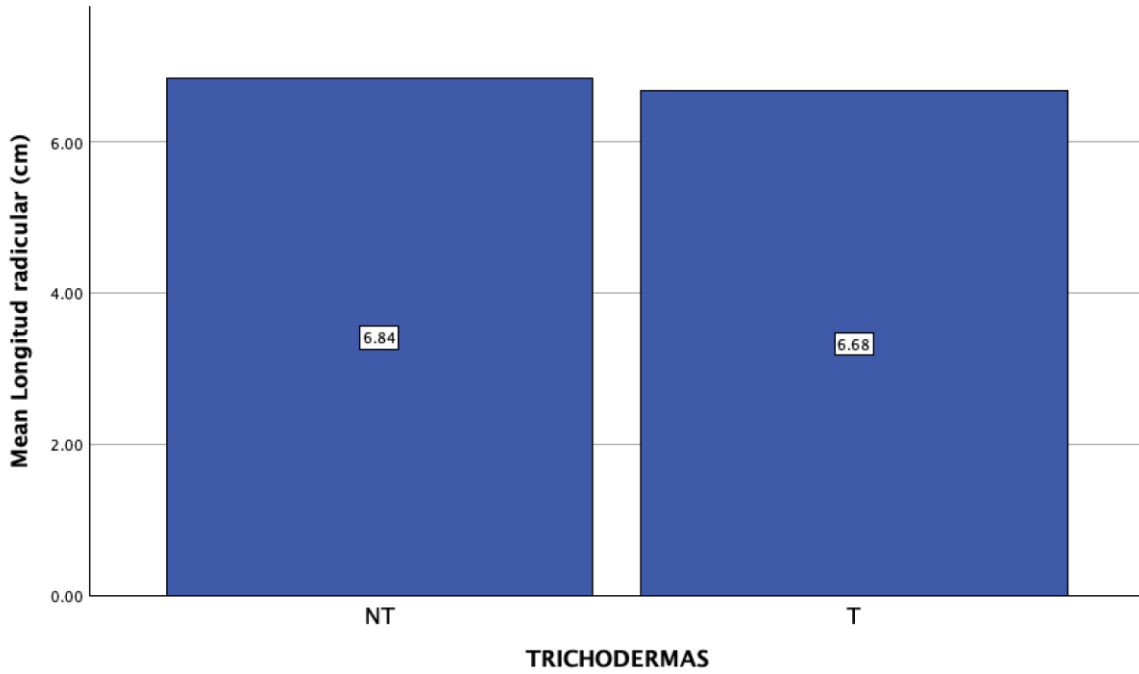
Gráfica 6. Media de la longitud radicular (cm) según la variedad de tomate



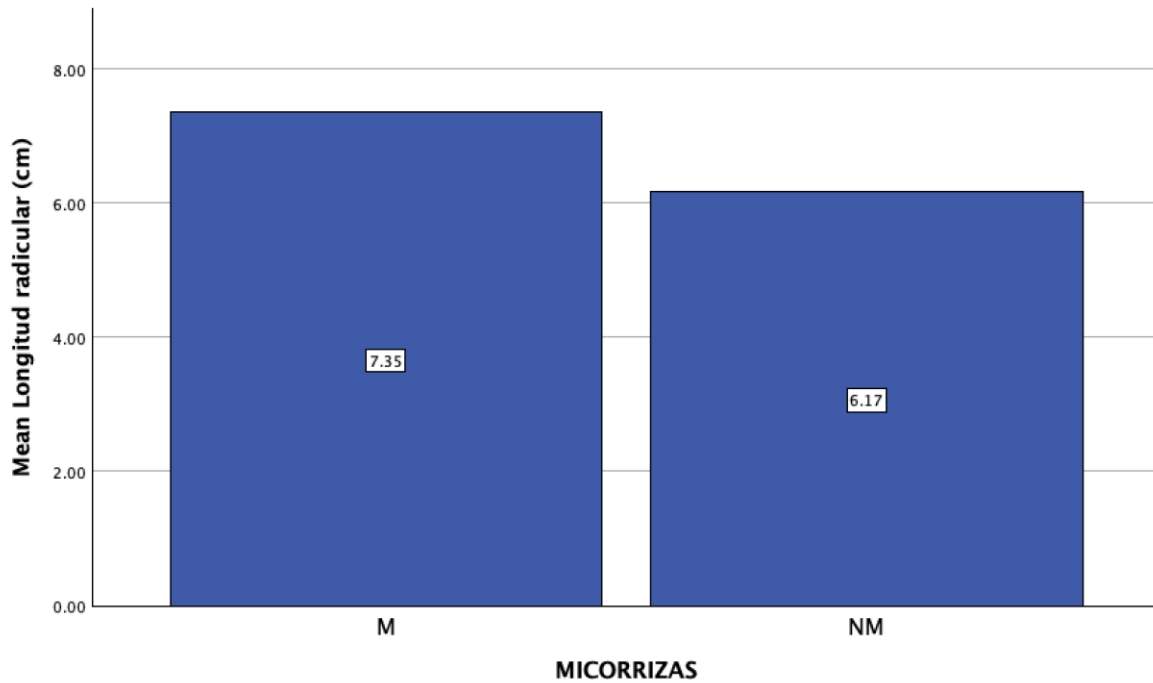
Gráfica 7. Media de la longitud radicular (cm) según la modalidad de riego



Gráfica 8. Media de la longitud radicular (cm) según el tipo de sustrato



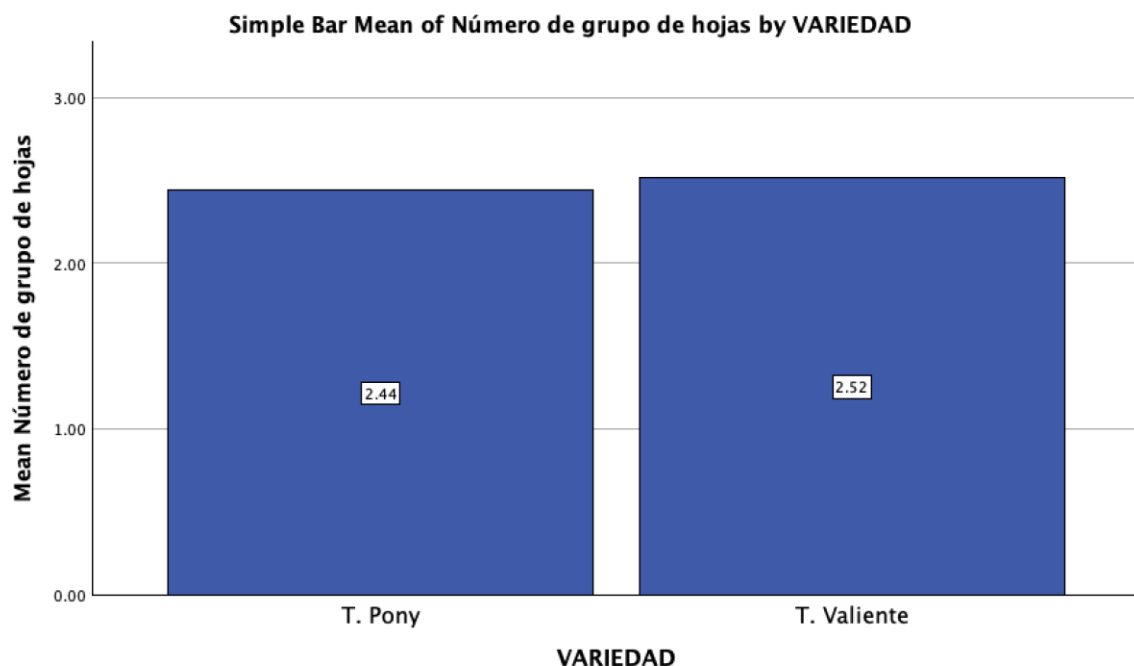
Gráfica 9. Media de la longitud radicular (cm) según presencia o ausencia de Trichodermas



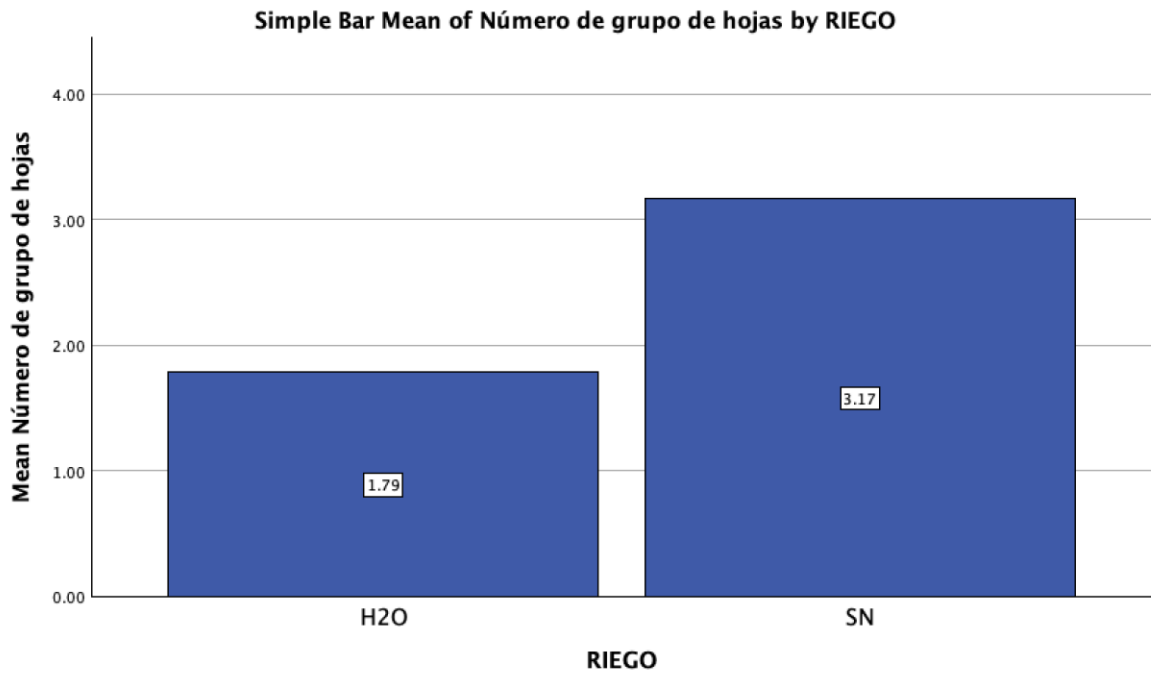
Gráfica 10. Media de la longitud radicular (cm) según presencia o ausencia de Micorrizas

### 6.2.3. Discusión de gráficas respecto al número de grupo de hojas

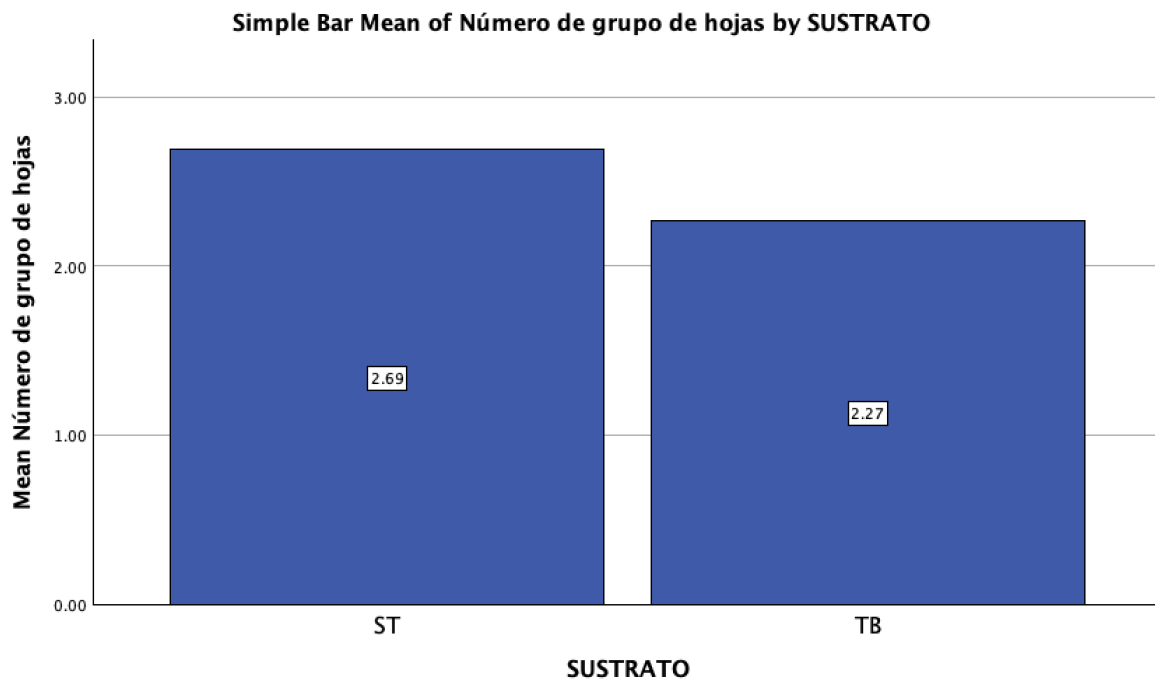
Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente “Número de grupo de hojas” [Ver Anexo 15]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: “Micorrizas” con un valor de probabilidad de 0.017, “Riego” con un valor de probabilidad menor a 0.001, “Trichodermas” con un valor de probabilidad menor a 0.001 y “Sustrato” con un valor de probabilidad menor a 0.001; siendo estos cuatro valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo el riego [Ver Gráfica 12] la variable independiente que está presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.713) [Ver Anexo 15] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Número de grupo de hojas” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es aceptablemente elevada.



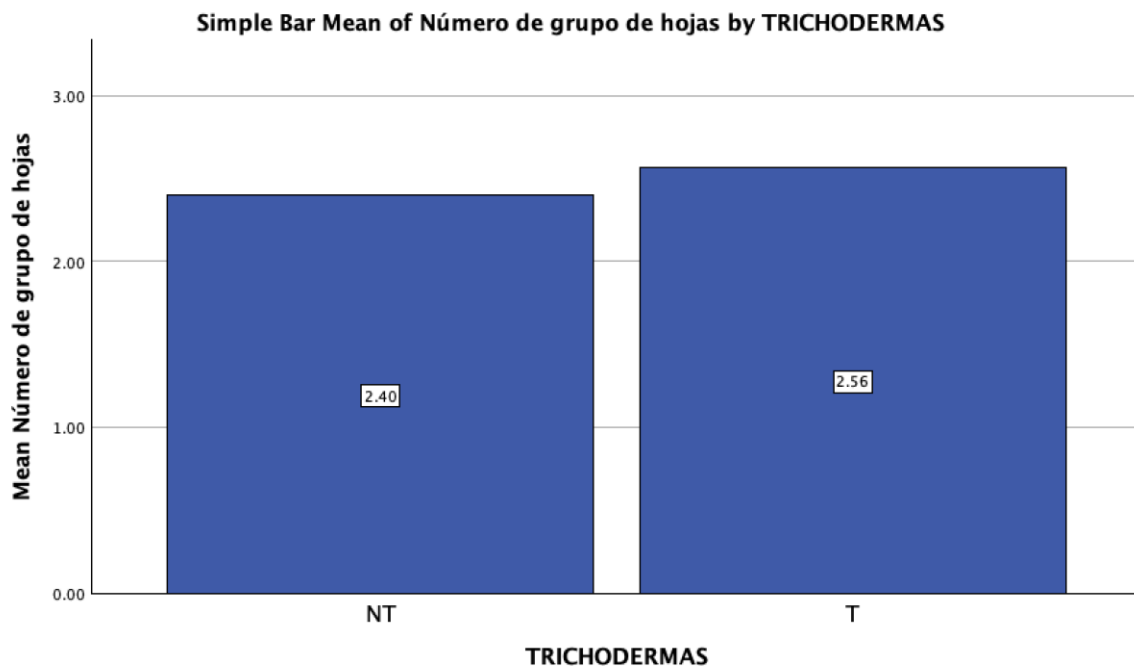
Gráfica 11. Media del número de grupo de hojas según la variedad de tomate



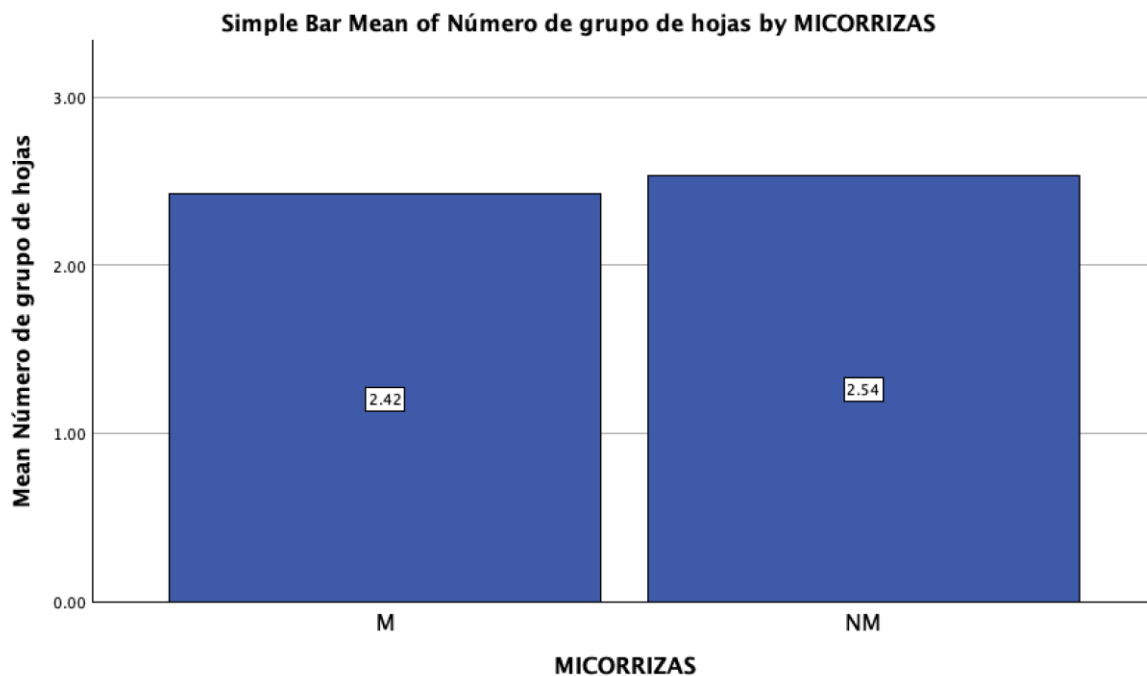
Gráfica 12. Media del número de grupo de hojas según la modalidad de riego



Gráfica 13. Media del número de grupo de hojas según el tipo de sustrato



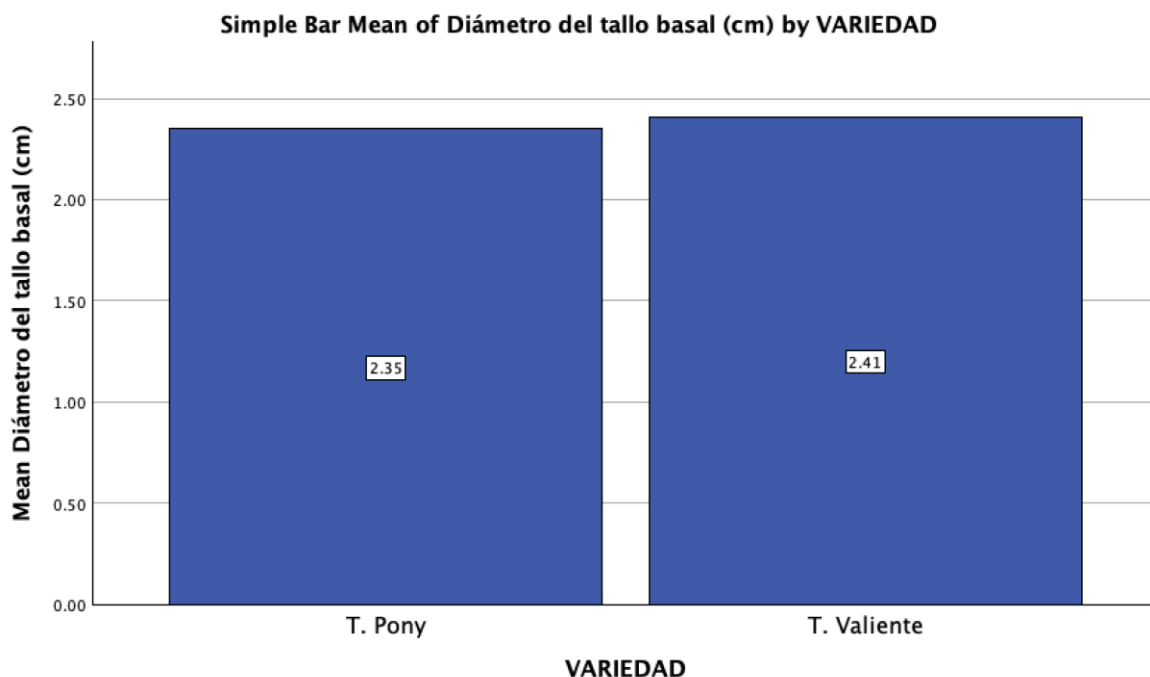
Gráfica 14. Media del número de grupo de hojas según presencia o ausencia de Trichodermas



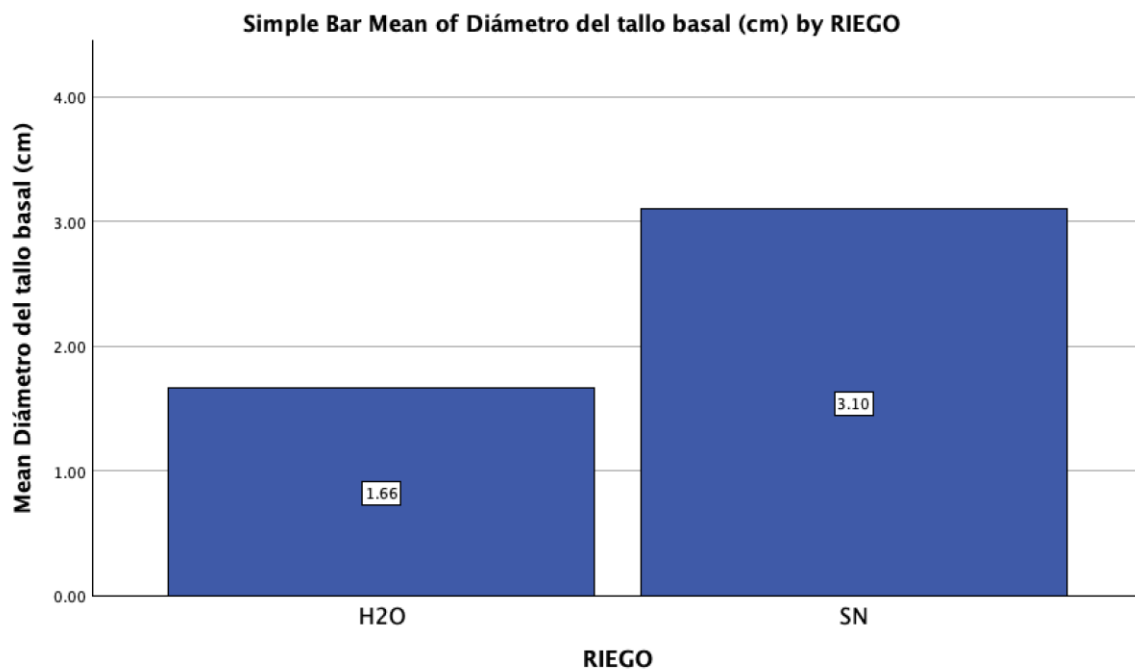
Gráfica 15. Media del número de grupo de hojas según presencia o ausencia de Micorrizas

#### 6.2.4. Discusión de gráficas respecto al diámetro del tallo basal (cm)

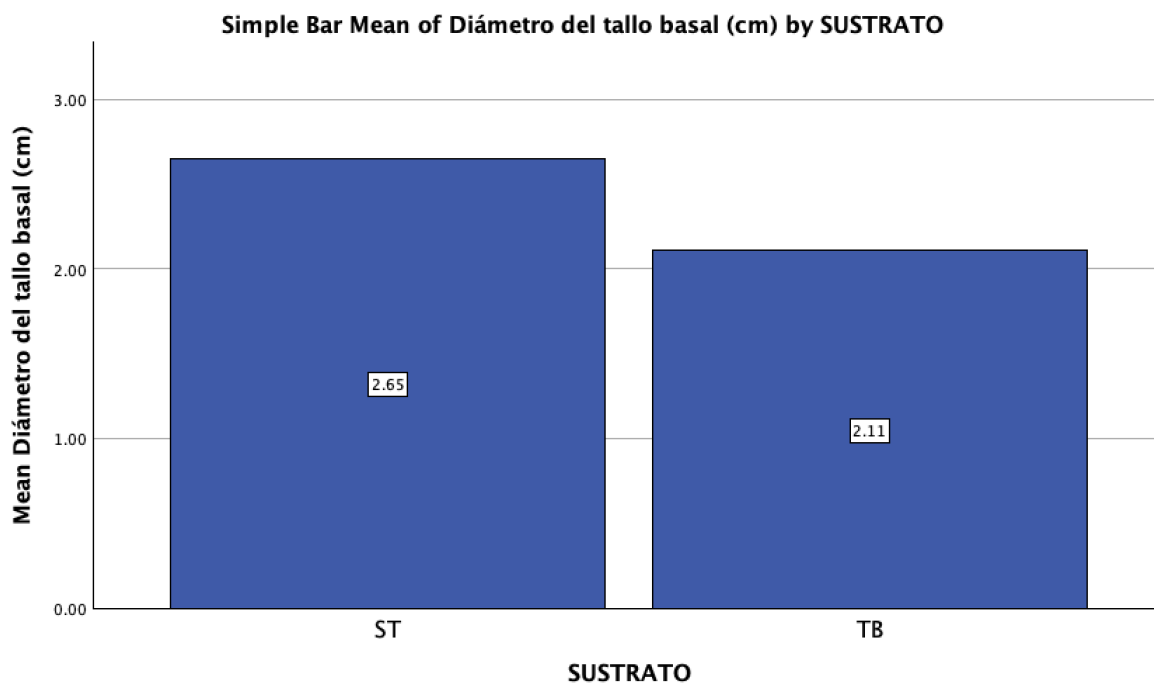
Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente “Diámetro del tallo basal (cm)” [Ver Anexo 16]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: “Variedad” con un valor de probabilidad de 0.039, “Riego” con un valor de probabilidad menor a 0.001, “Sustrato” con un valor de probabilidad menor a 0.001 y “Micorrizas” con un valor de probabilidad menor a 0.004; siendo estos cuatro valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo el riego [Ver Gráfica 17] la variable independiente que está presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.884) [Ver Anexo 16] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Diámetro del tallo basal (cm)” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es elevada.



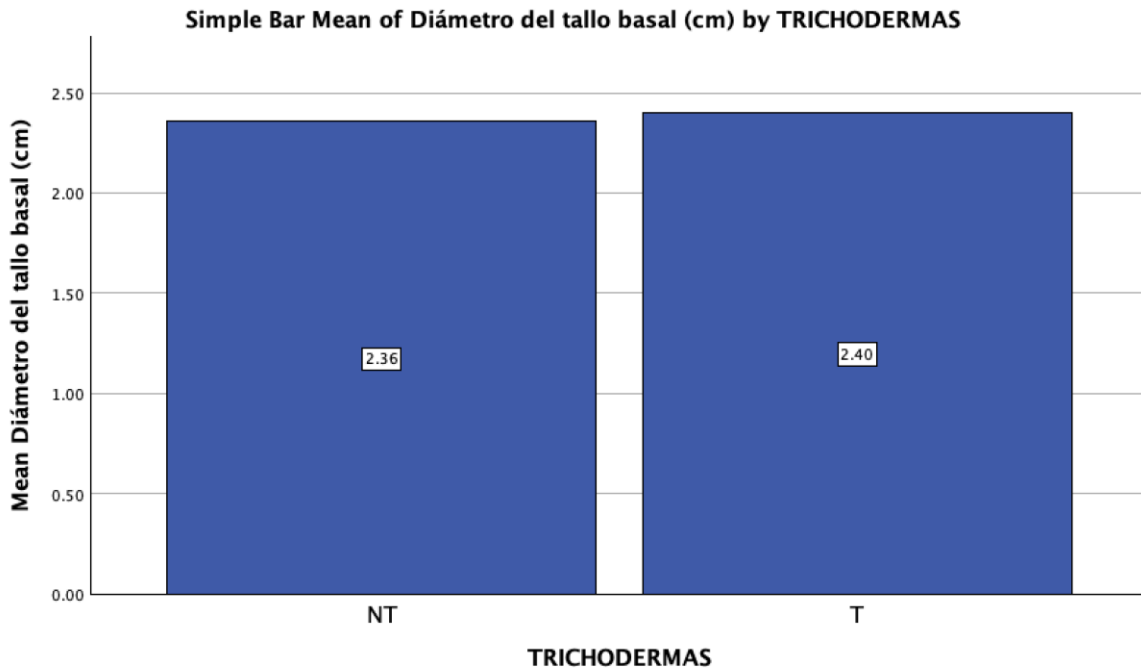
Gráfica 16. Media del diámetro del tallo basal (cm) según la variedad de tomate



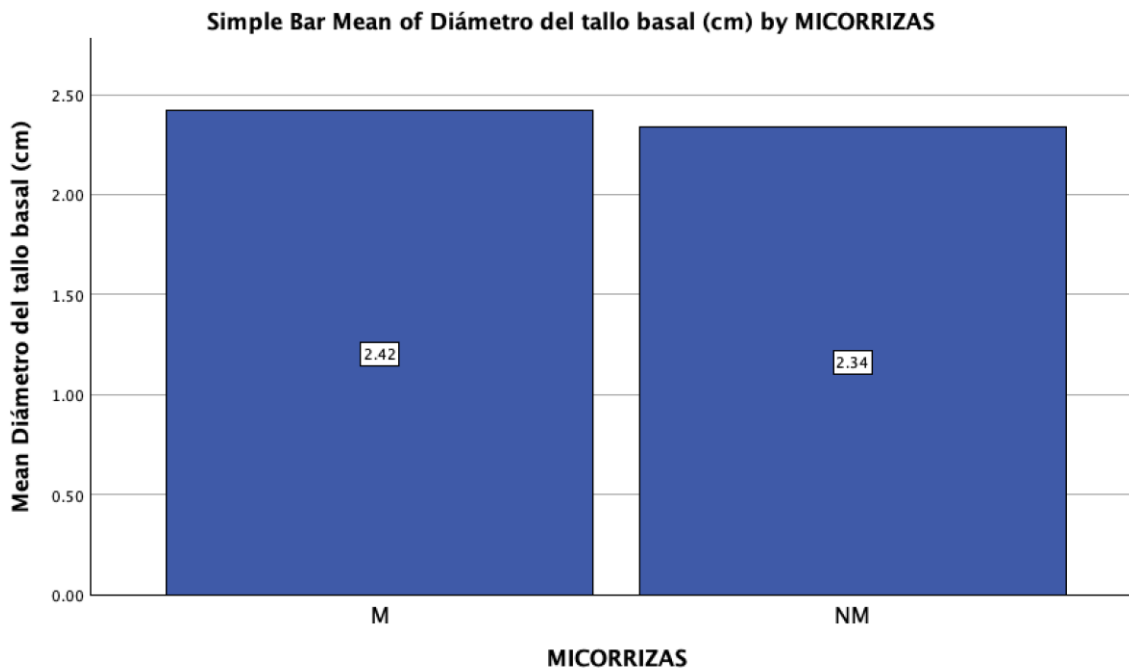
Gráfica 17. Media del diámetro del tallo basal (cm) según la modalidad de riego



Gráfica 18. Media del diámetro del tallo basal (cm) según el tipo de sustrato



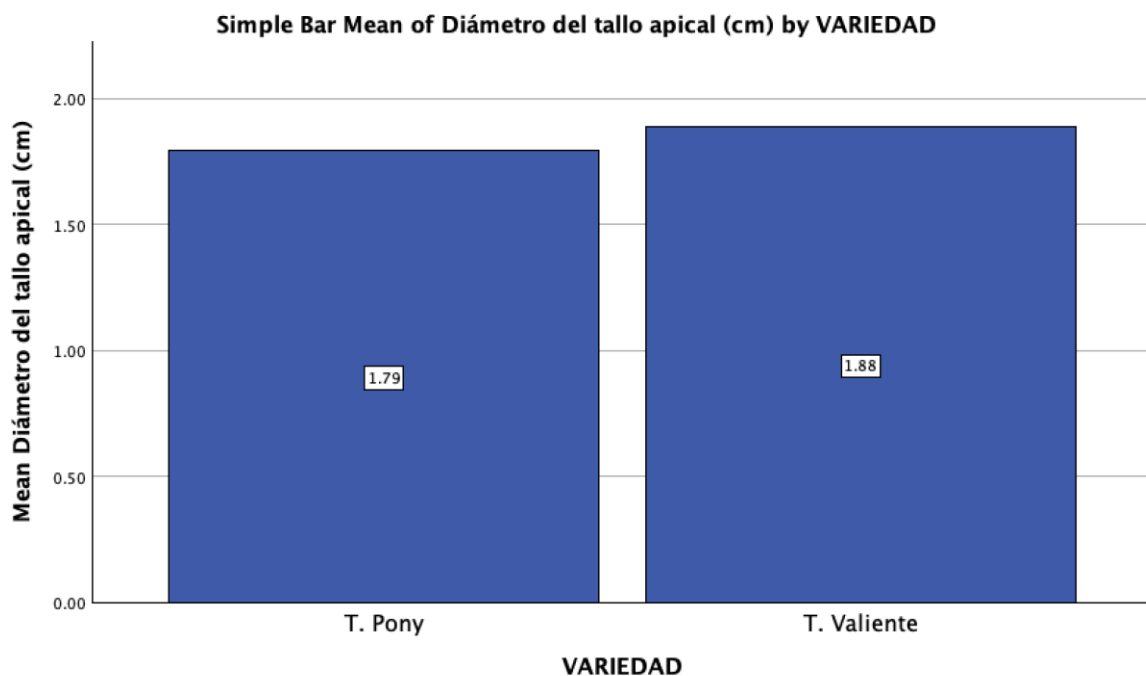
Gráfica 19. Media del diámetro del tallo basal (cm) según presencia o ausencia de Trichodermas



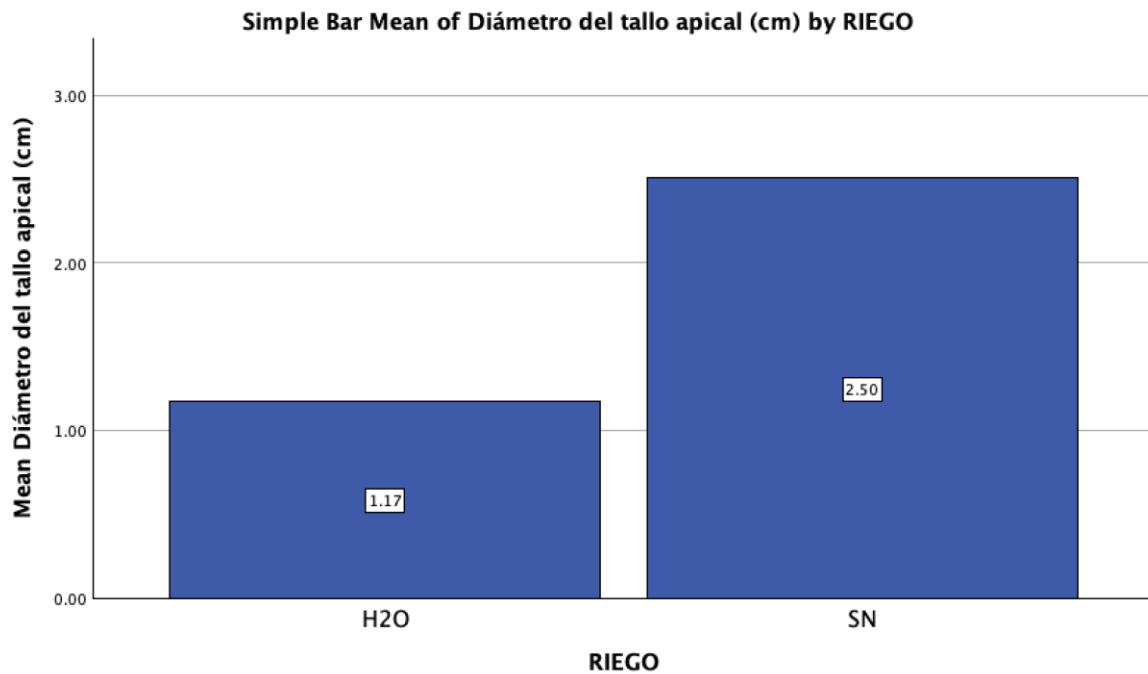
Gráfica 20. Media del diámetro del tallo basal (cm) según presencia o ausencia de Micorrizas

### 6.2.5. Discusión de gráficas respecto al diámetro del tallo apical (cm)

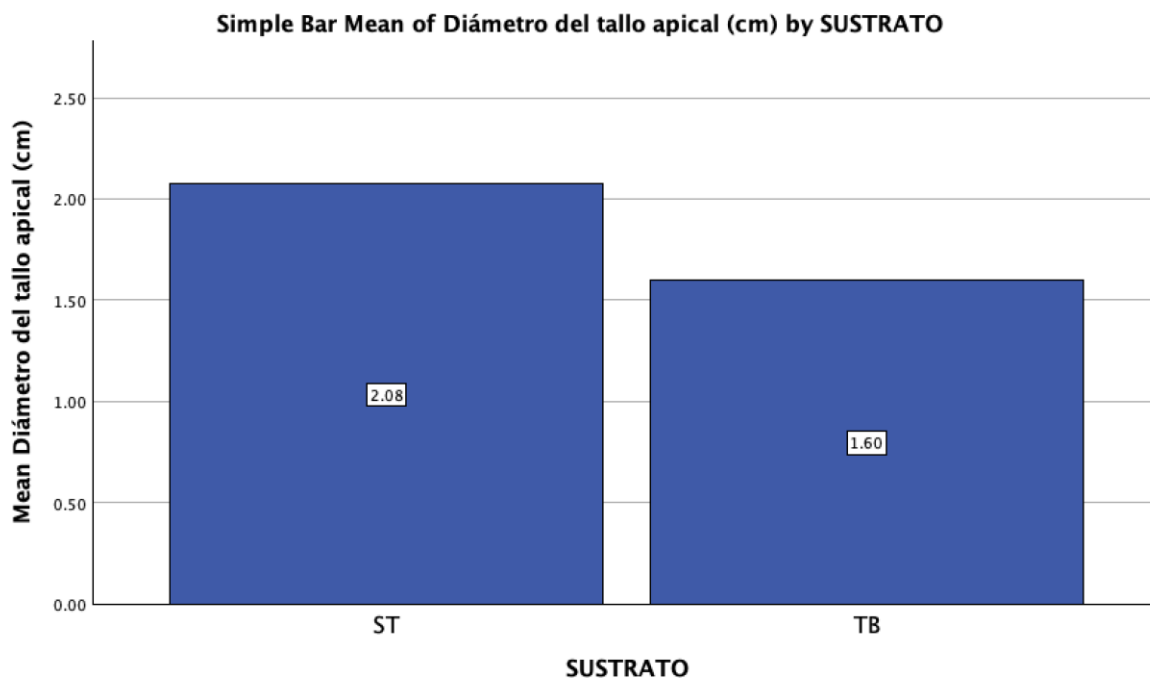
Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente “Diámetro del tallo apical (cm)” [Ver Anexo 17]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: “Variedad” con un valor de probabilidad de 0.006, “Riego” con un valor de probabilidad menor a 0.001 y “Sustrato” con un valor de probabilidad menor a 0.001; siendo estos tres valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo el riego [Ver Gráfica 22] la variable independiente que está presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.830) [Ver Anexo 17] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Diámetro del tallo apical (cm)” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es elevada.



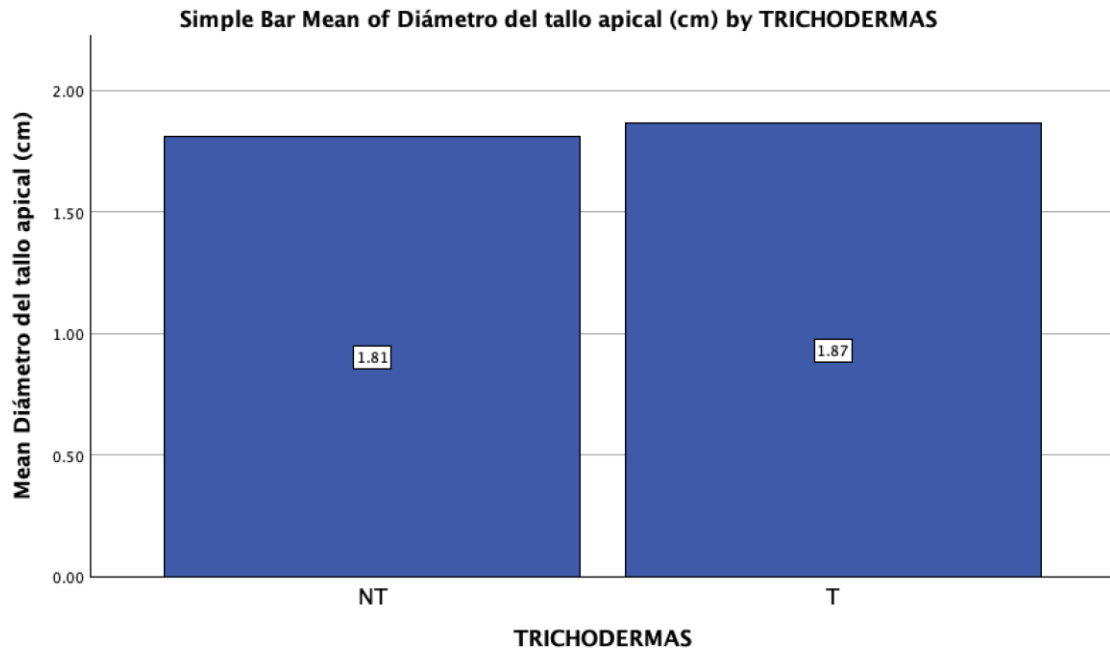
Gráfica 21. Media del diámetro del tallo apical (cm) según la variedad de tomate



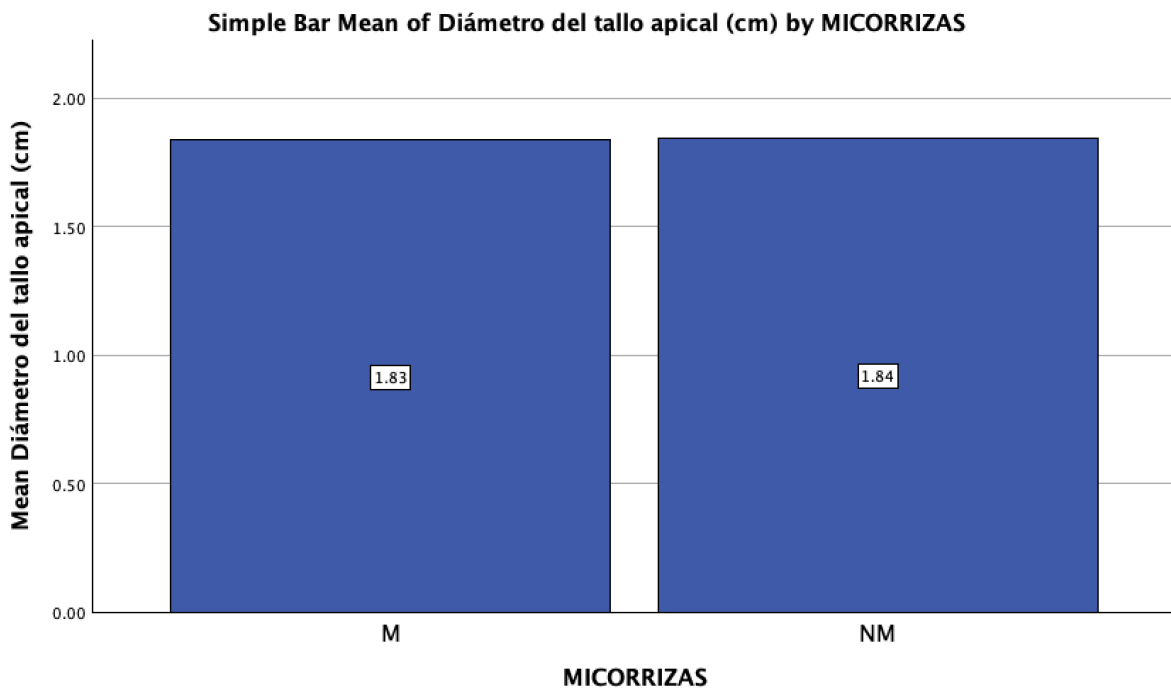
Gráfica 22. Media del diámetro del tallo apical (cm) según la modalidad de riego



Gráfica 23. Media del diámetro del tallo apical (cm) según el tipo de sustrato



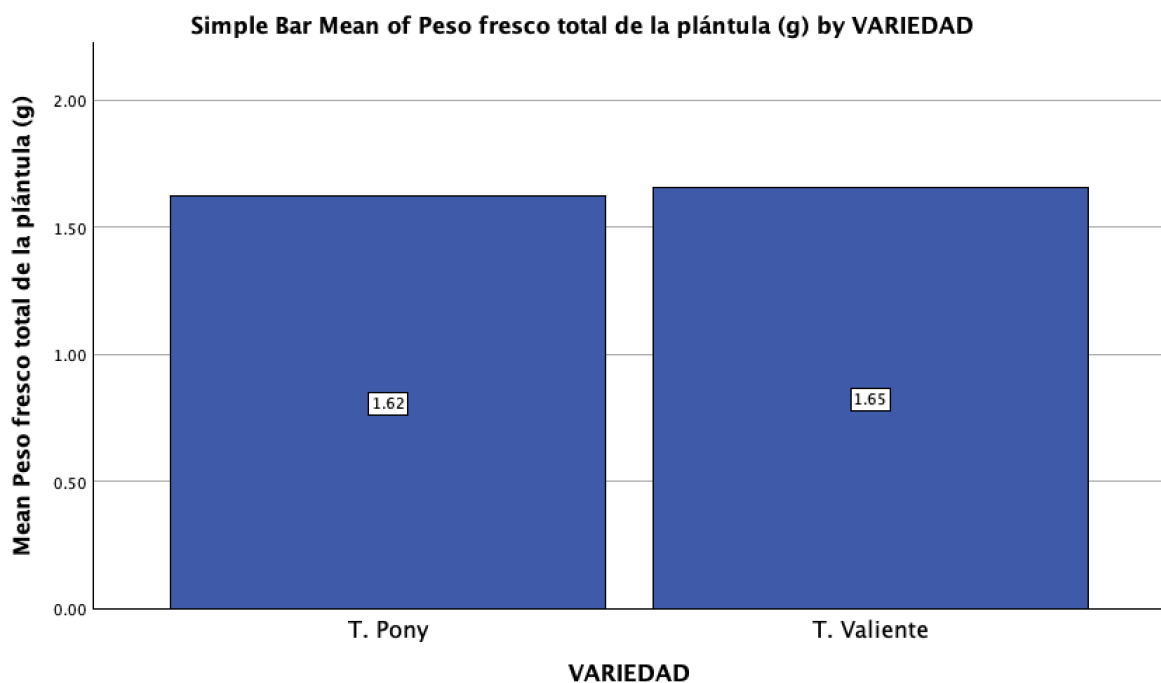
Gráfica 24. Media del diámetro del tallo apical (cm) según presencia o ausencia de Trichodermas



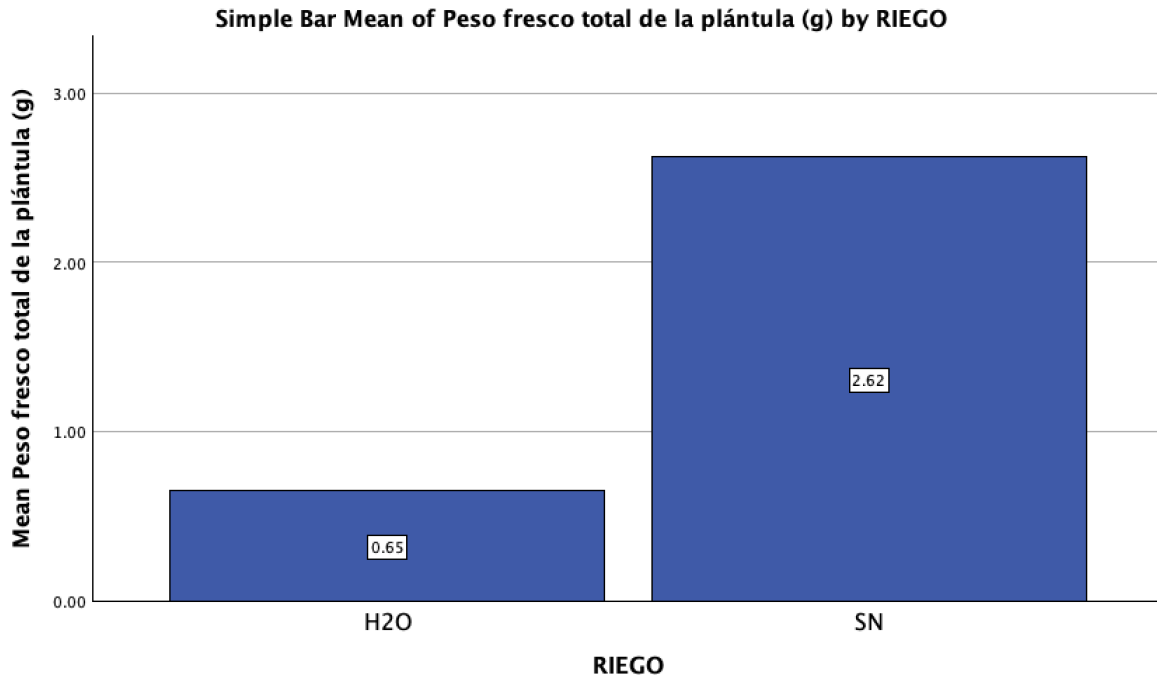
Gráfica 25. Media del diámetro del tallo apical (cm) según presencia o ausencia de Micorrizas

### 6.2.6. Discusión de gráficas respecto al peso fresco total de la plántula (g)

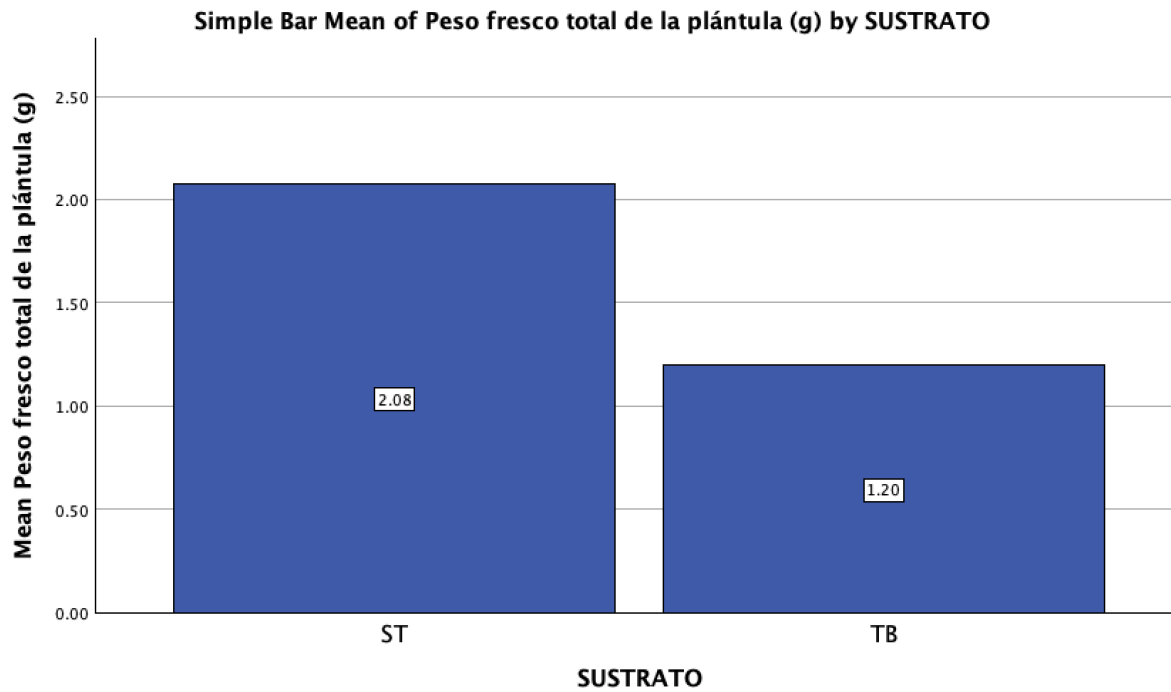
Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente “Peso fresco total de la plántula (g)” [Ver Anexo 18]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: “Riego” con un valor de probabilidad menor a 0.001 y “Sustrato” con un valor de probabilidad menor a 0.001; siendo estos dos valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo el riego [Ver Gráfica 27] la variable independiente que está presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.767) [Ver Anexo 18] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Peso fresco total de la plántula (g)” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es aceptablemente elevada.



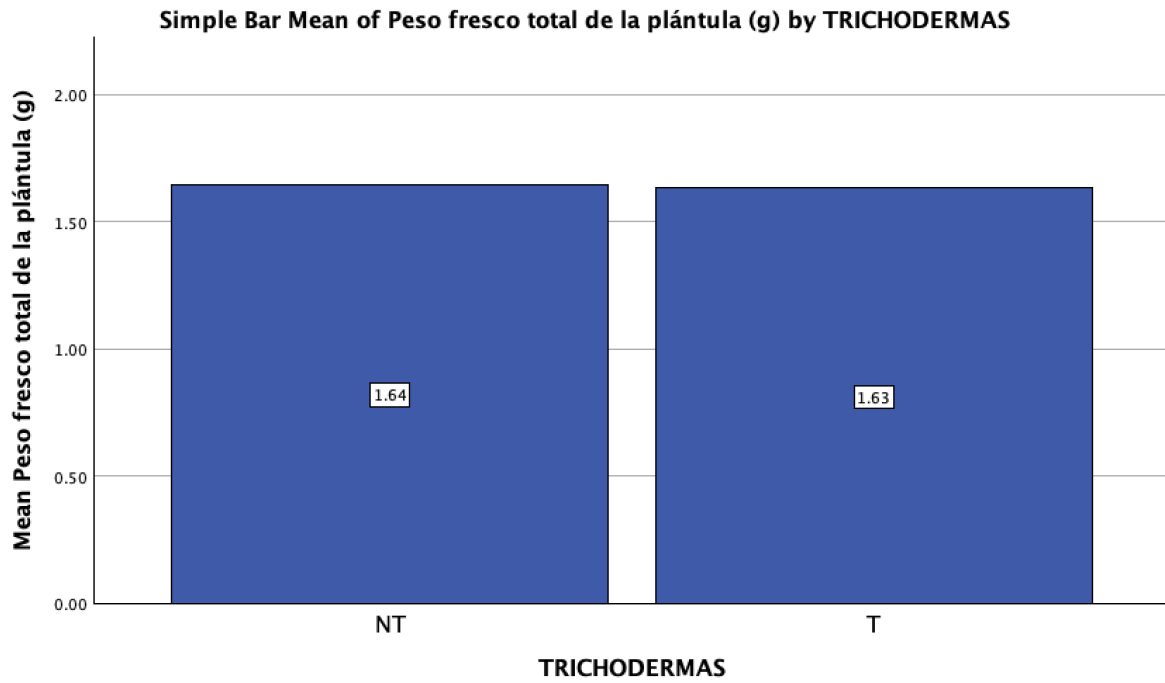
Gráfica 26. Media del peso fresco total de la plántula (g) según la variedad de tomate



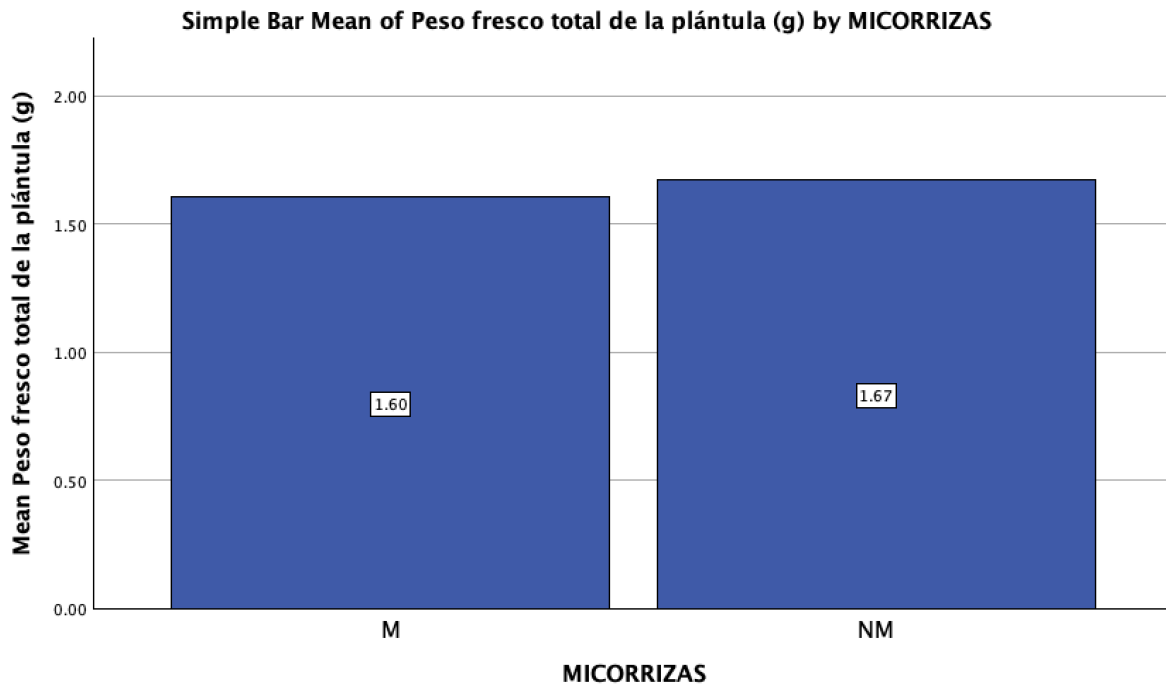
Gráfica 27. Media del peso fresco total de la plántula (g) según la modalidad de riego



Gráfica 28. Media del peso fresco total de la plántula (g) según el tipo de sustrato



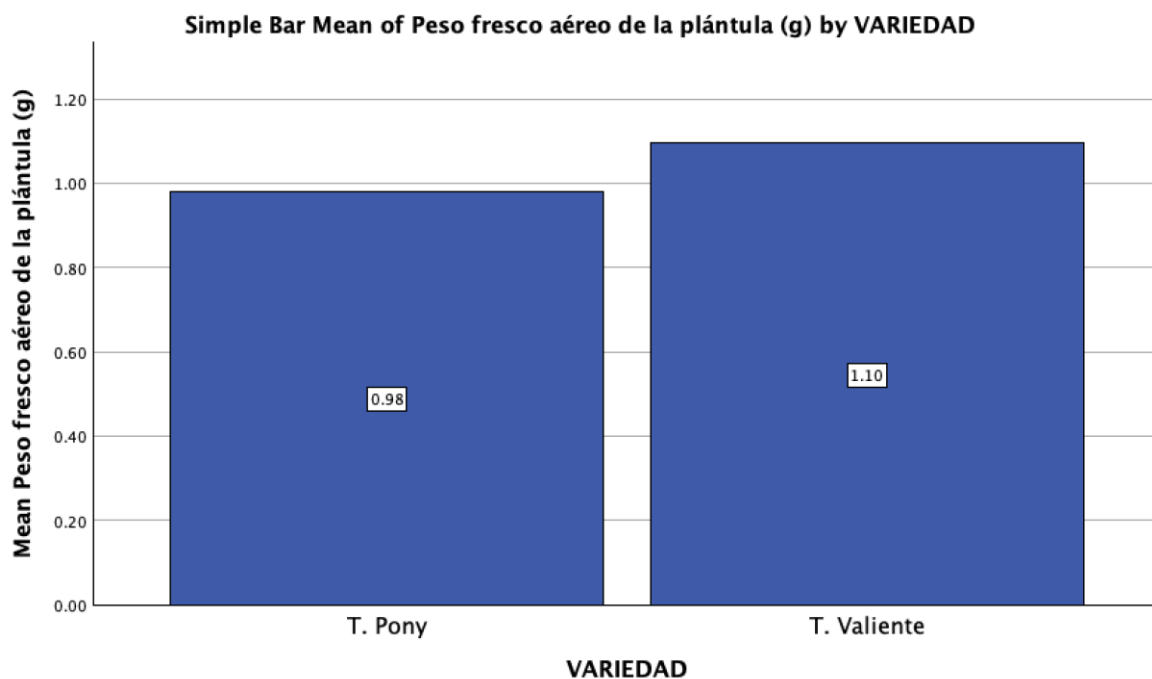
Gráfica 29. Media del peso fresco total de la plántula (g) según presencia o ausencia de Trichodermas



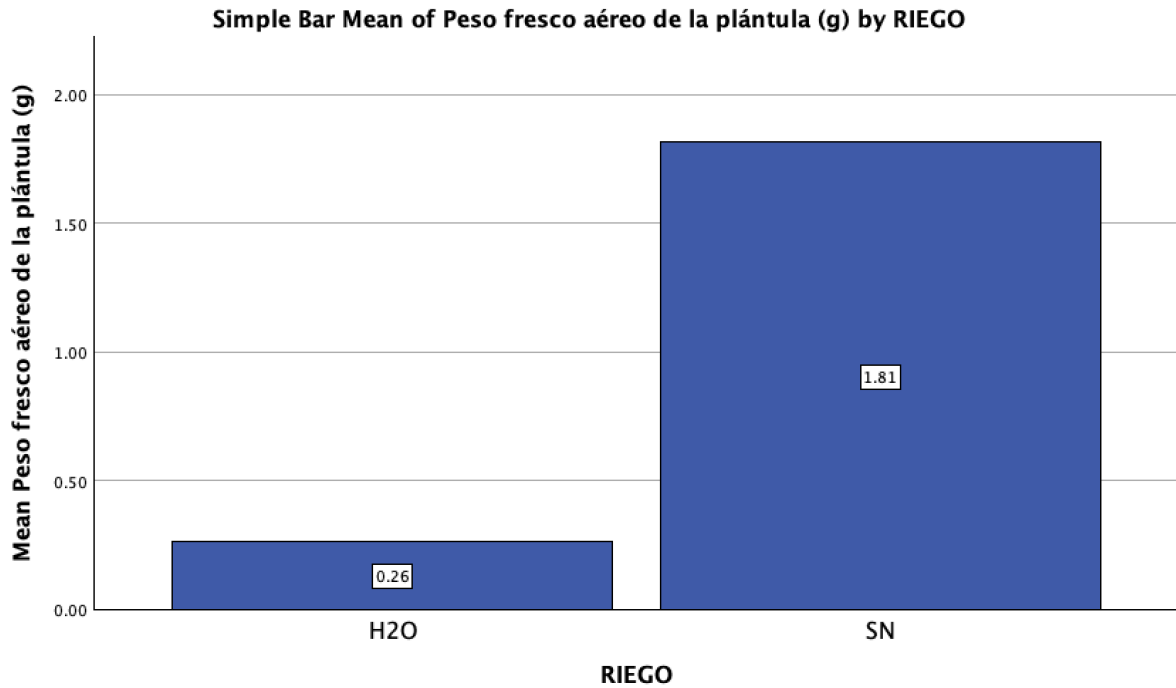
Gráfica 30. Media del peso fresco total de la plántula (g) según presencia o ausencia de Micorrizas

### 6.2.7. Discusión de gráficas respecto al peso fresco aéreo de la plántula (g)

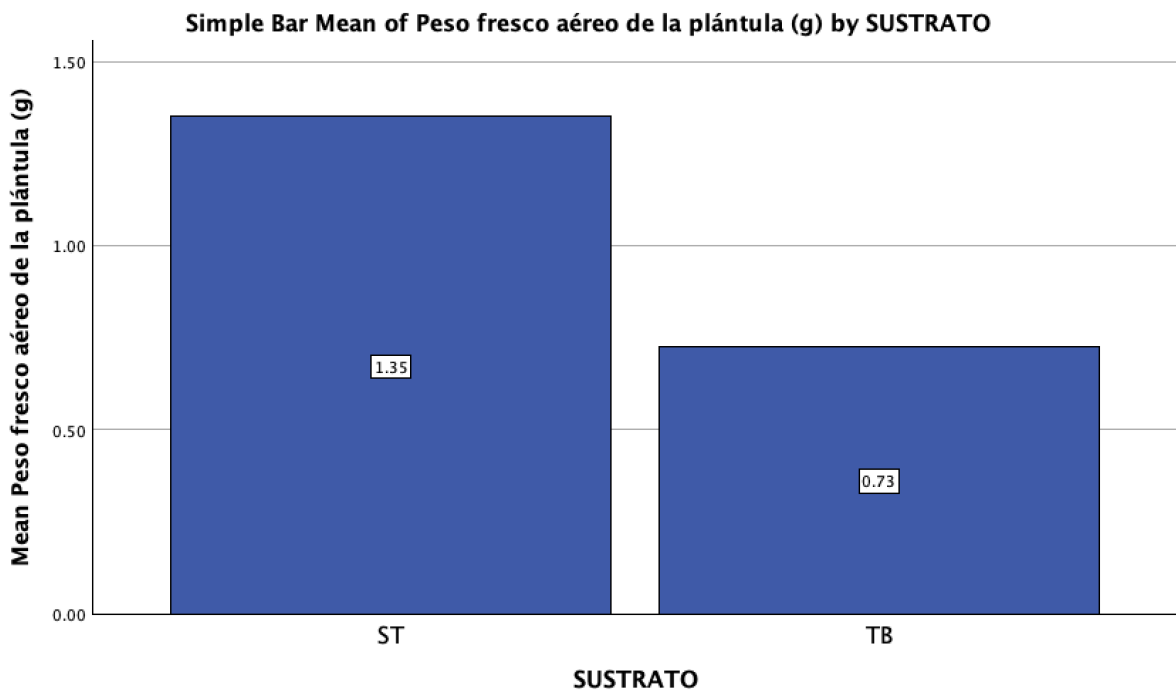
Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente “Peso fresco aéreo de la plántula (g)” [Ver Anexo 19]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: “Variedad” con un valor de probabilidad de 0.018, “Riego” con un valor de probabilidad menor a 0.001 y “Sustrato” con un valor de probabilidad menor a 0.001; siendo estos tres valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo el riego [Ver Gráfica 32] la variable independiente que está presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.810) [Ver Anexo 19] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Peso fresco aéreo de la plántula (g)” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es elevada.



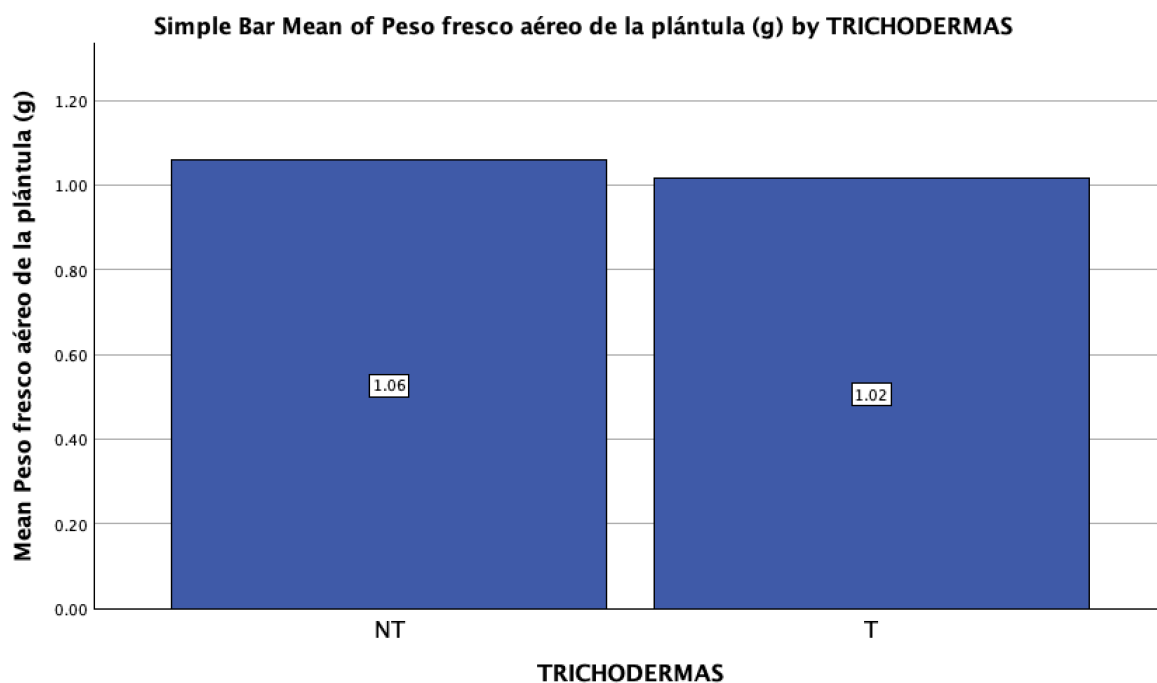
Gráfica 31. Media del peso fresco aéreo de la plántula (g) según la variedad de tomate



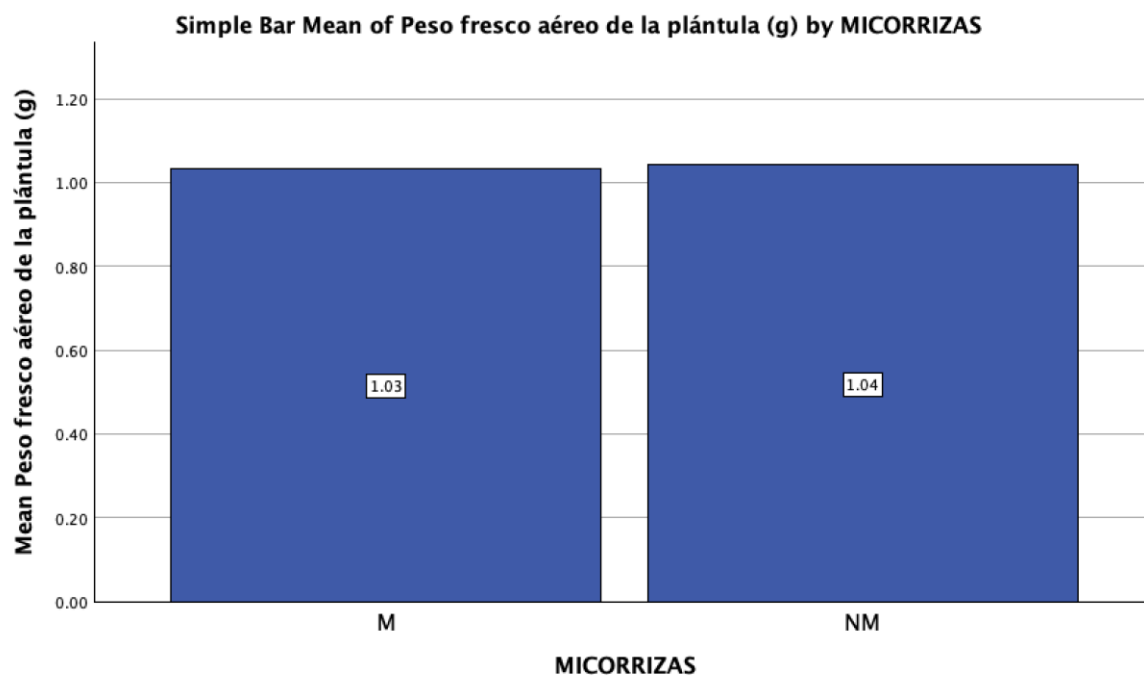
Gráfica 32. Media del peso fresco aéreo de la plántula (g) según la modalidad de riego



Gráfica 33. Media del peso fresco aéreo de la plántula (g) según el tipo de sustrato



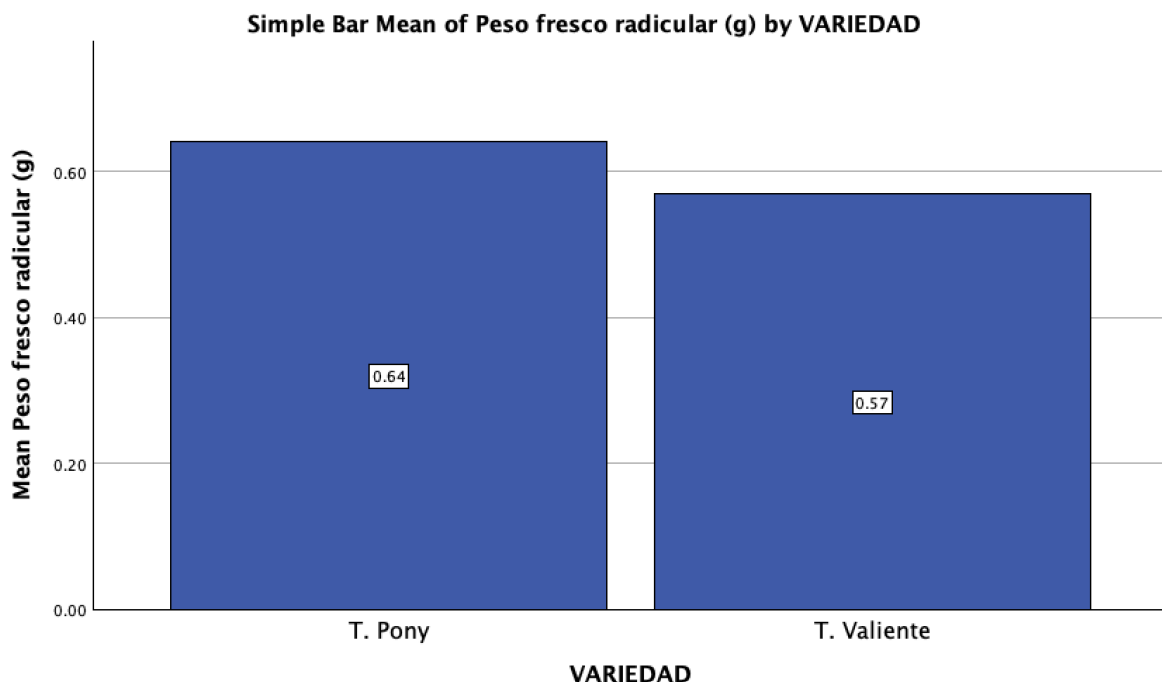
Gráfica 34. Media del peso fresco aéreo de la plántula (g) según presencia o ausencia de Trichodermas



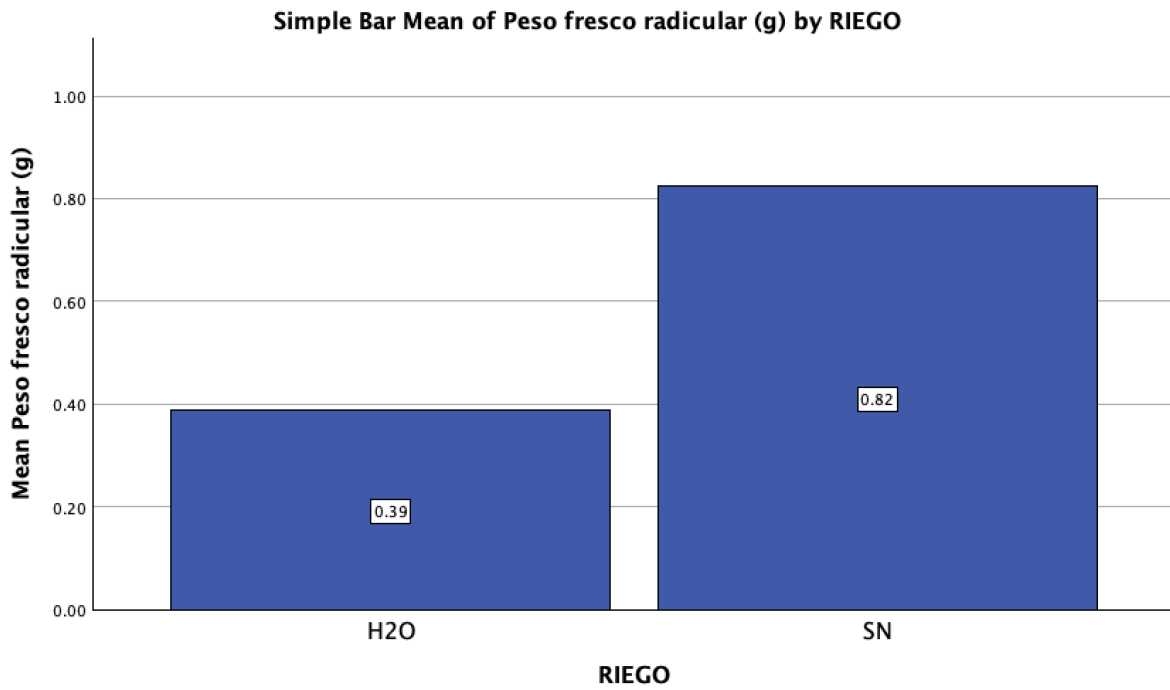
Gráfica 35. Media del peso fresco aéreo de la plántula (g) según presencia o ausencia de Micorrizas

### 6.2.8. Discusión de gráficas respecto al peso fresco radicular de la plántula (g)

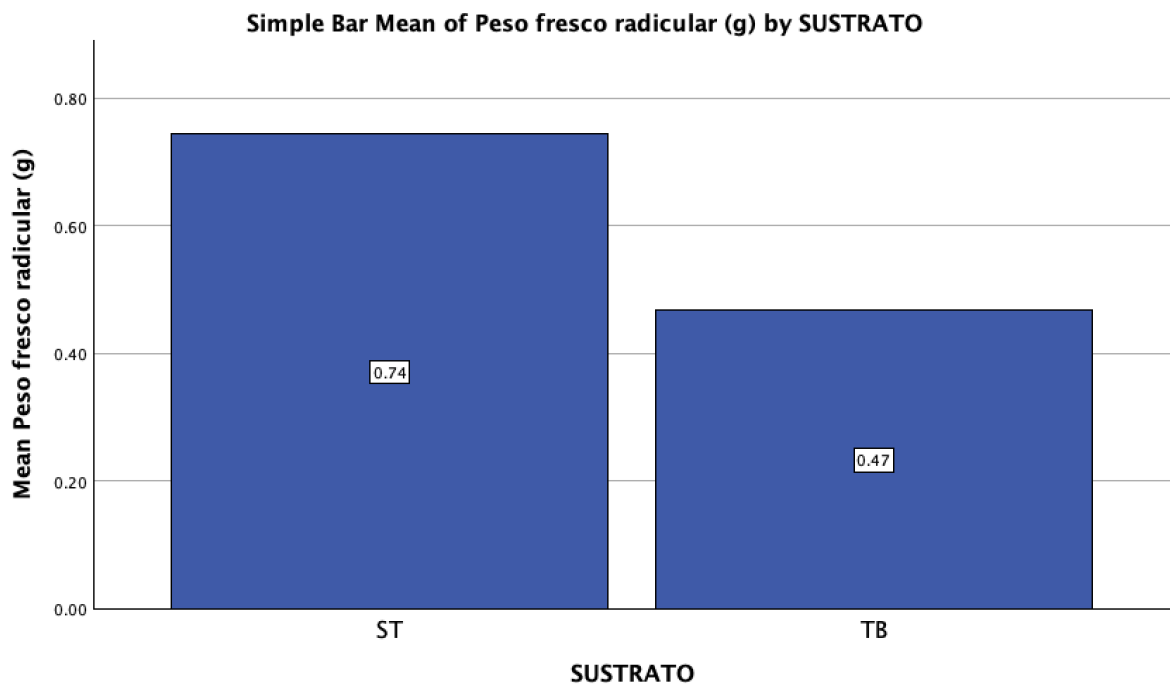
Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente “Peso fresco radicular de la plántula (g)” [Ver Anexo 20]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: “Variedad” con un valor de probabilidad de 0.025, “Riego” con un valor de probabilidad menor a 0.001, “Sustrato” con un valor de probabilidad menor a 0.001 y “Micorrizas” con un valor de probabilidad de 0.019; siendo estos cuatro valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo el riego [Ver Gráfica 37] la variable independiente que está presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.493) [Ver Anexo 20] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Peso fresco radicular de la plántula (g)” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es débil.



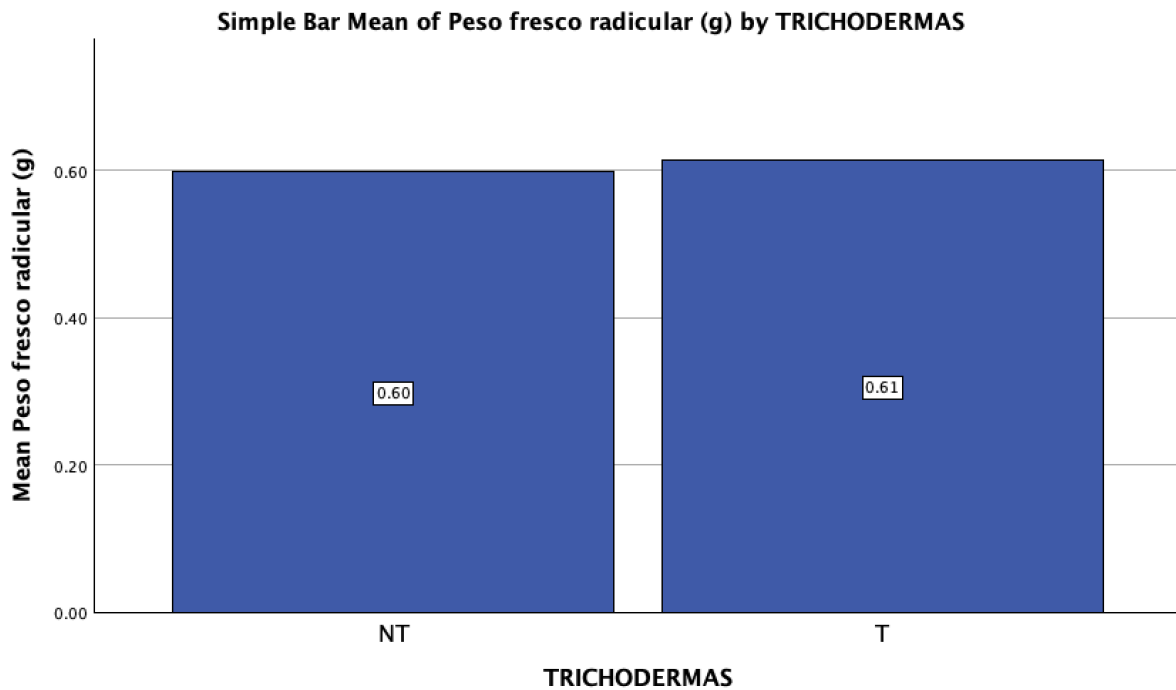
Gráfica 36. Media del peso fresco radicular de la plántula (g) según la variedad de tomate



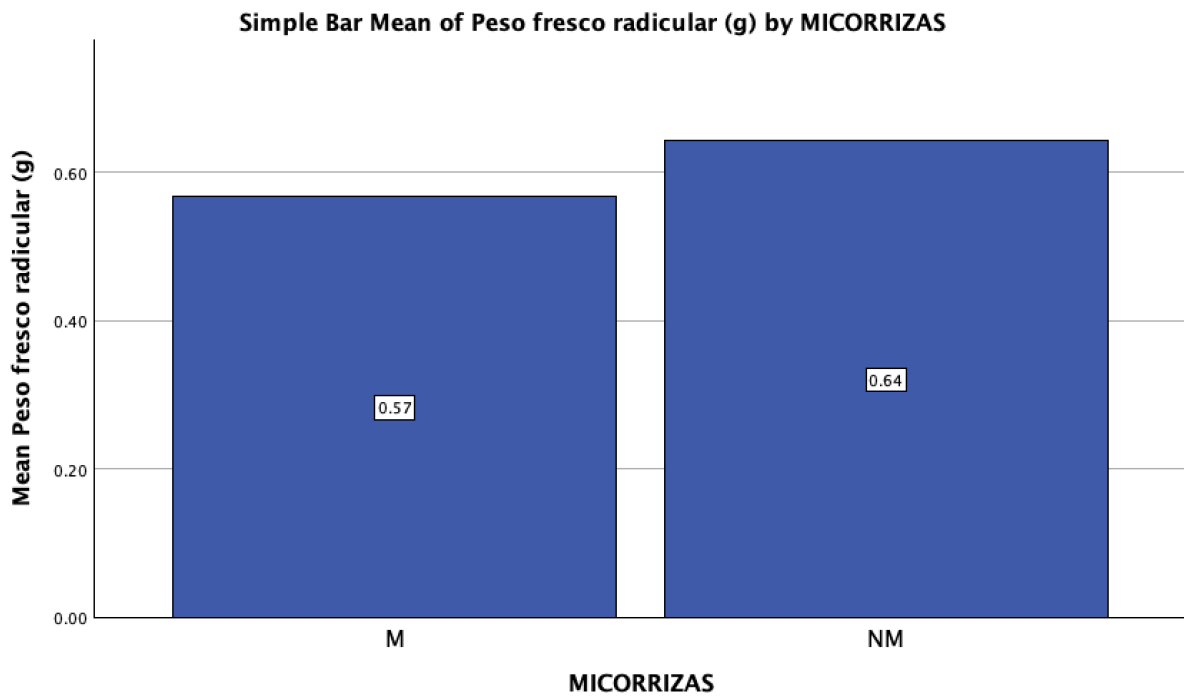
Gráfica 37. Media del peso fresco radicular de la plántula (g) según la modalidad de riego



Gráfica 38. Media del peso fresco radicular de la plántula (g) según el tipo de sustrato



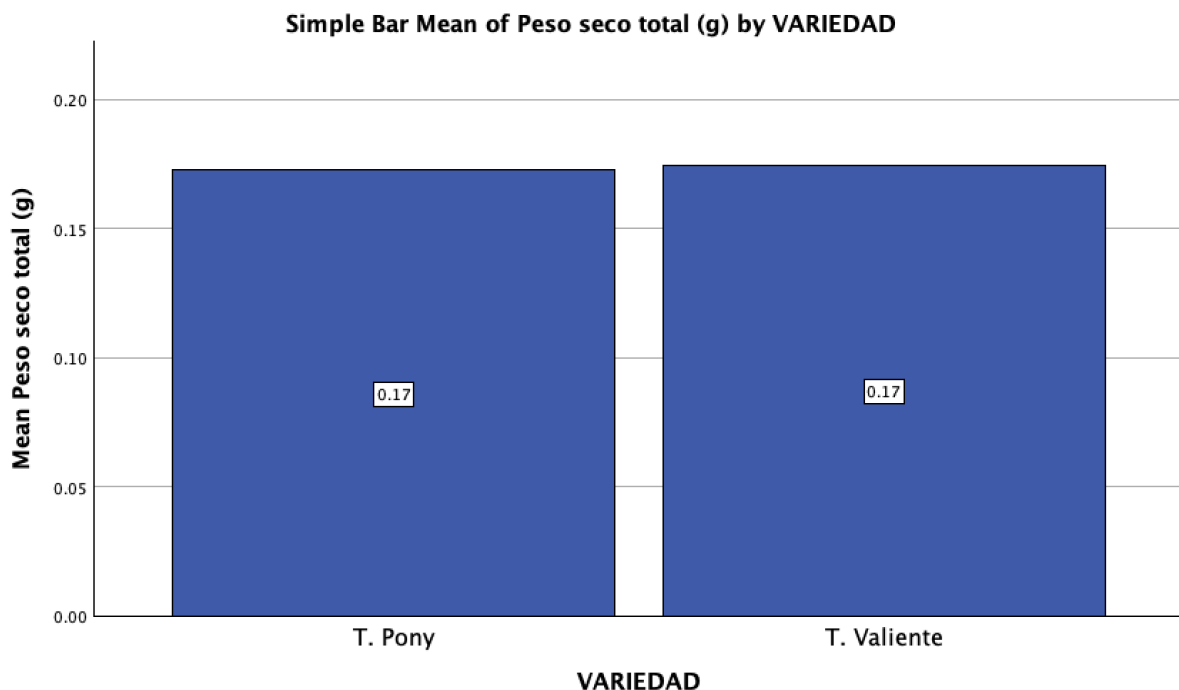
Gráfica 39. Media del peso fresco radicular de la plántula (g) según presencia o ausencia de Trichodermas



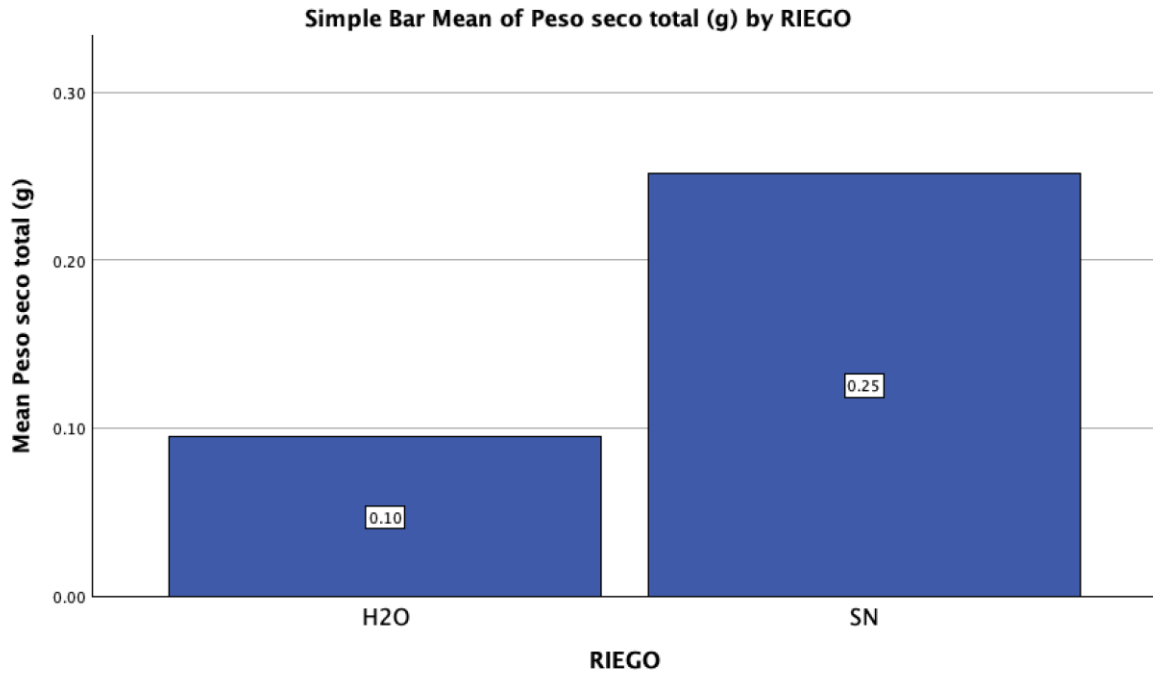
Gráfica 40. Media del peso fresco radicular de la plántula (g) según presencia o ausencia de Micorrizas

### 6.2.9. Discusión de gráficas respecto al peso seco total de la plántula (g)

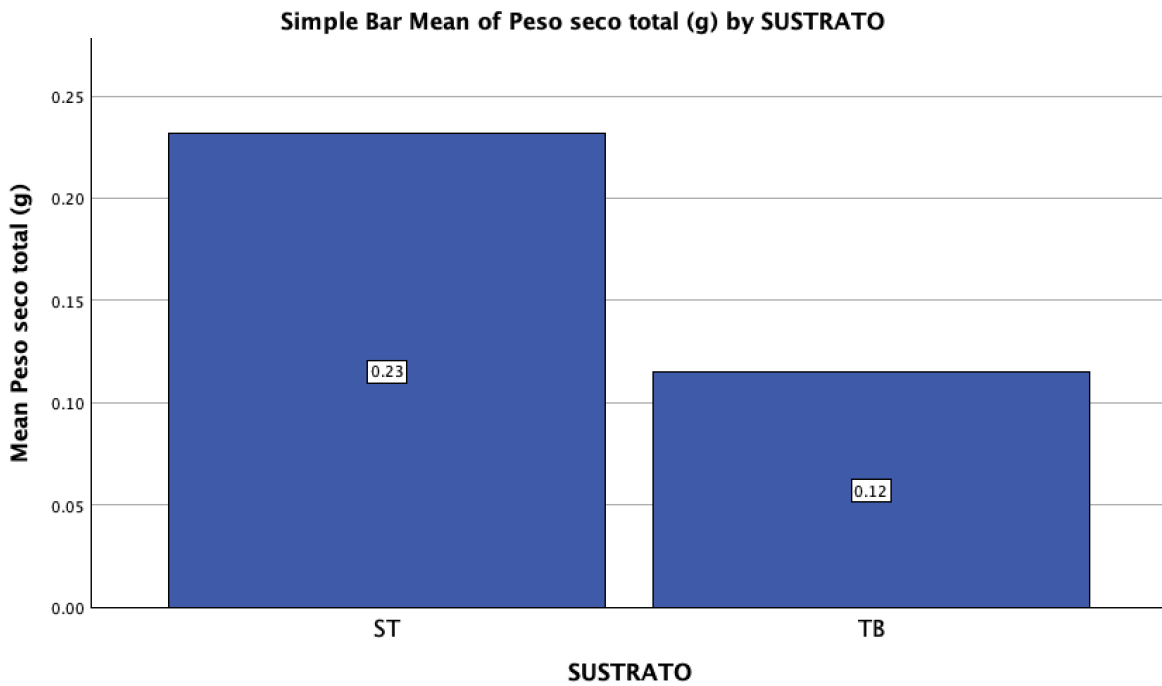
Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente “Peso seco total de la plántula (g)” [Ver Anexo 21]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: “Riego” con un valor de probabilidad menor a 0.001 y “Sustrato” con un valor de probabilidad menor a 0.001; siendo estos dos valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo el riego [Ver Gráfica 42] la variable independiente que está presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.604) [Ver Anexo 21] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Peso seco total de la plántula (g)” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es moderadamente débil.



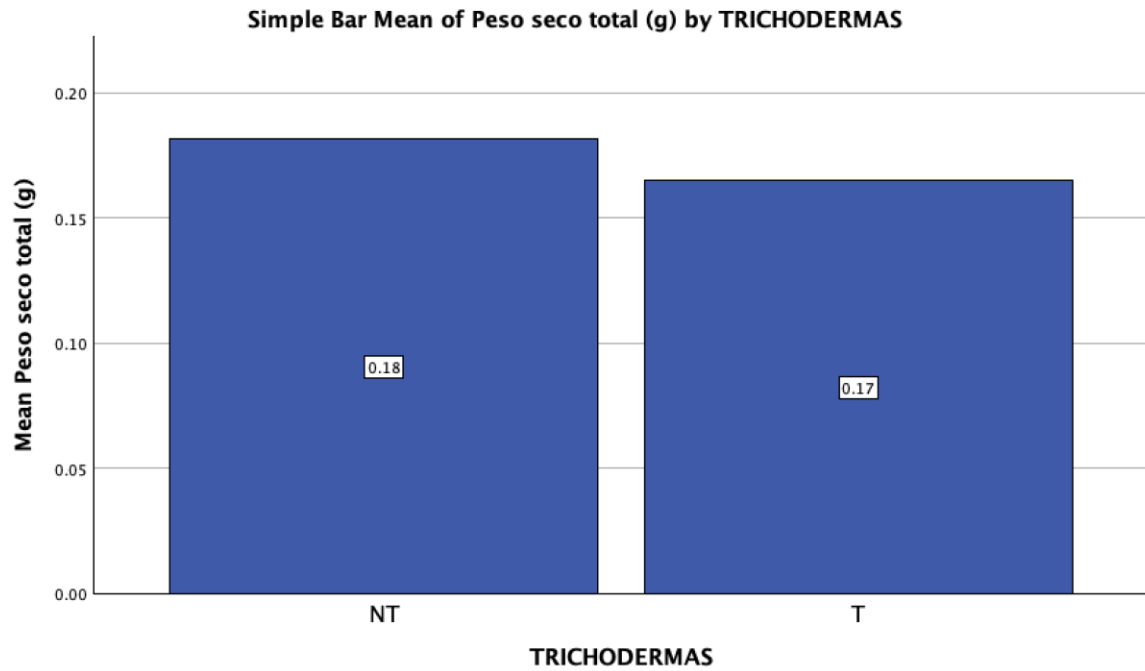
Gráfica 41. Media del peso seco total (g) según la variedad de tomate



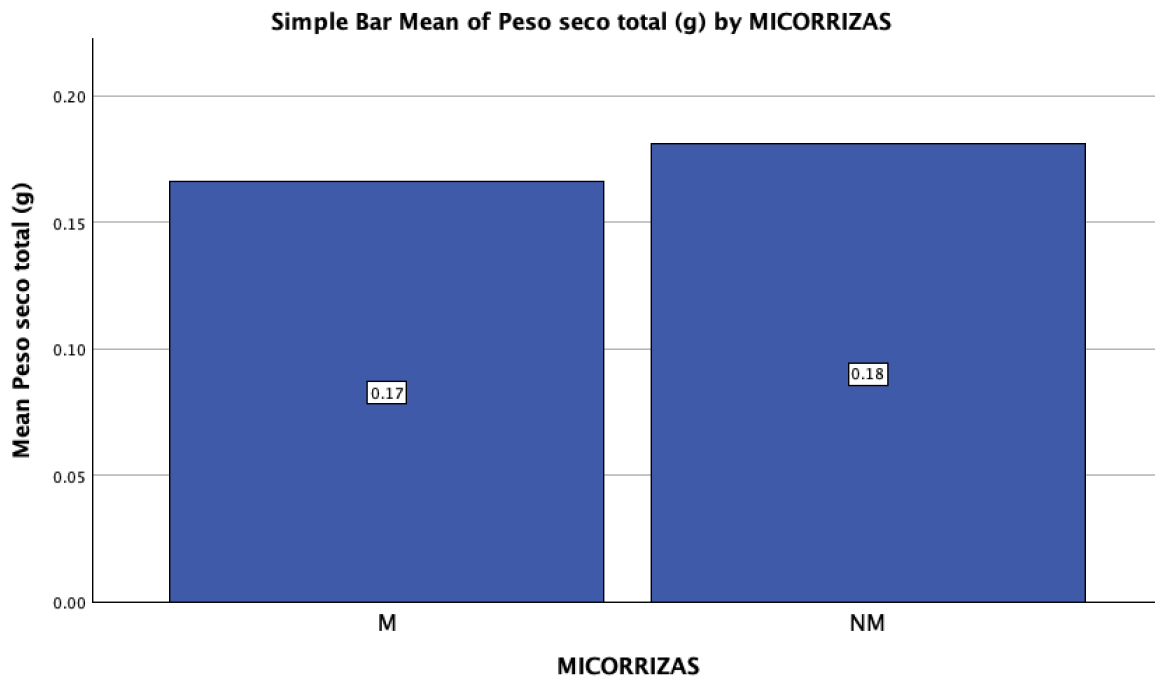
Gráfica 42. Media del peso seco total (g) según la modalidad de riego



Gráfica 43. Media del peso seco total (g) según el tipo de sustrato



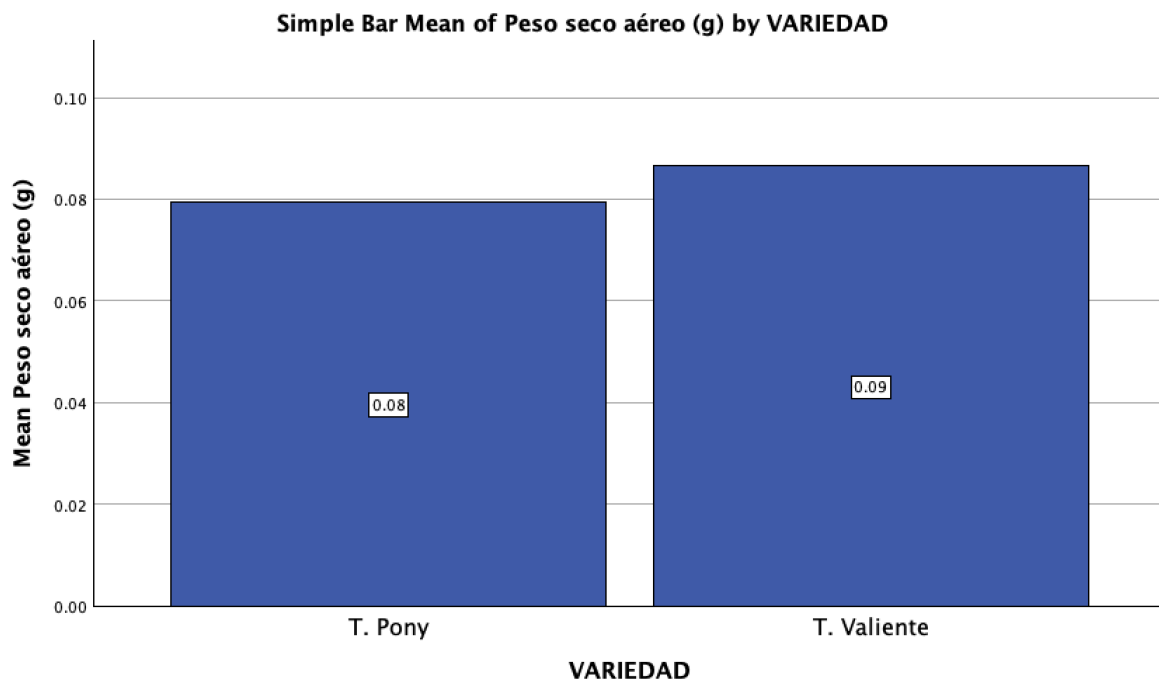
Gráfica 44. Media del peso seco total (g) según presencia o ausencia de Trichodermas



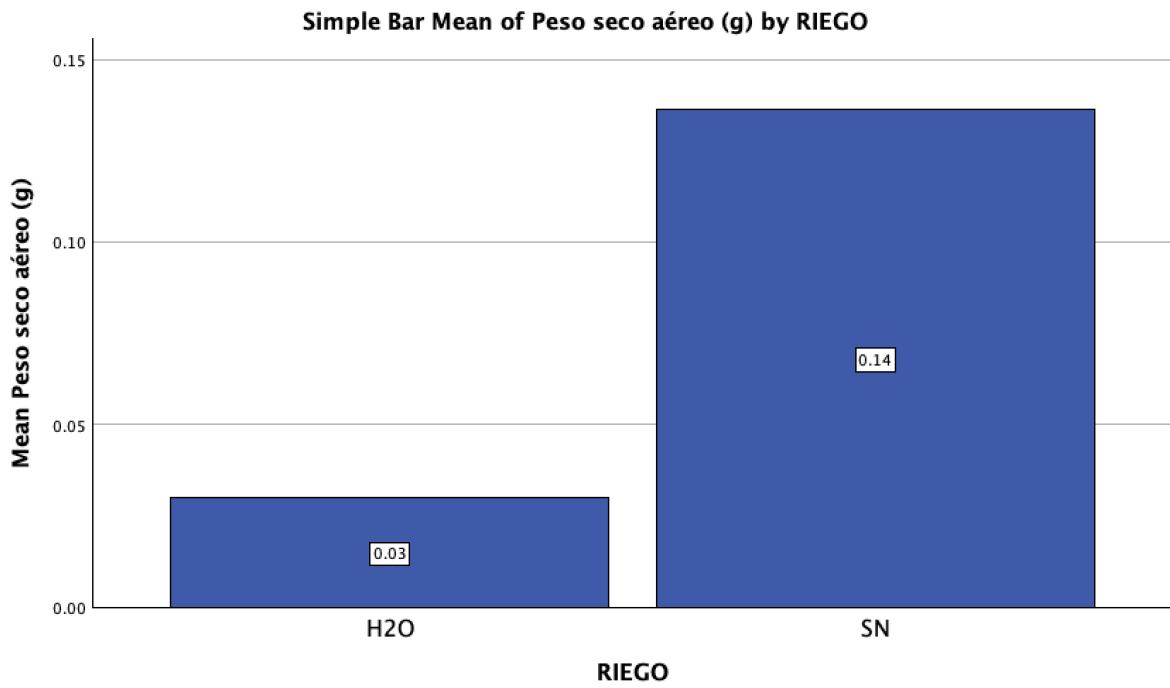
Gráfica 45. Media del peso seco total (g) según presencia o ausencia de Micorrizas

### 6.2.10. Discusión de gráficas respecto al peso seco aéreo de la plántula (g)

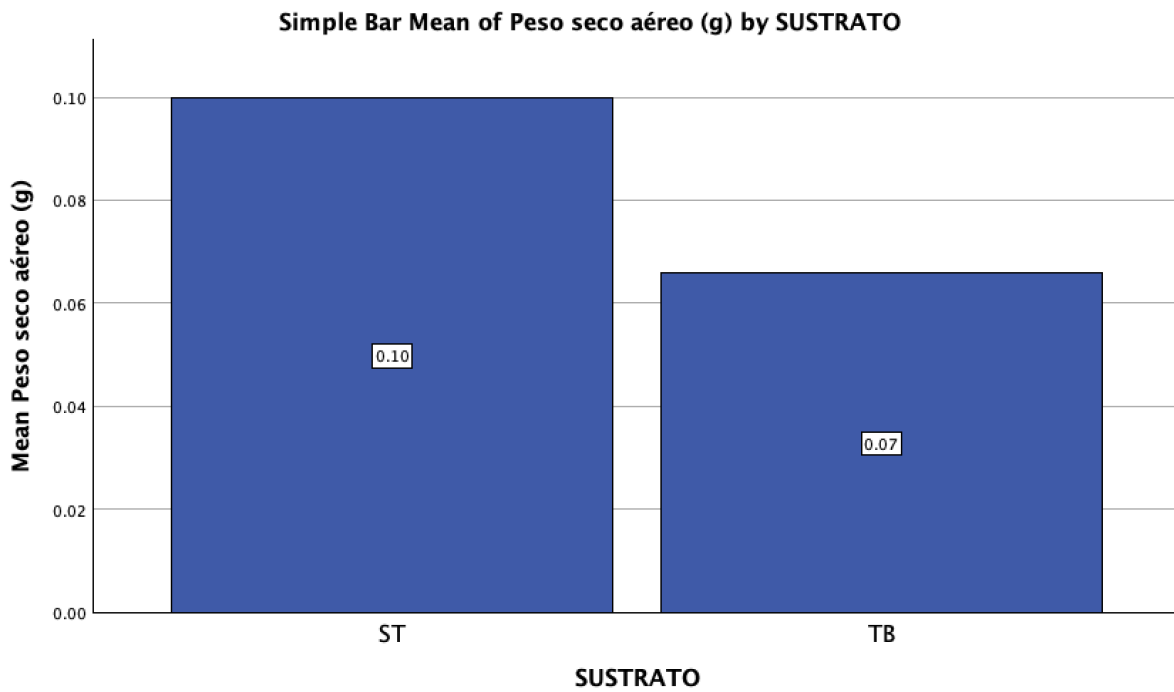
Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente “Peso seco aéreo de la plántula (g)” [Ver Anexo 22]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: “Riego” con un valor de probabilidad menor a 0.001 y “Sustrato” con un valor de probabilidad menor a 0.001; siendo estos dos valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo el riego [Ver Gráfica 47] la variable independiente que está presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.494) [Ver Anexo 22] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Peso seco aéreo de la plántula (g)” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es débil.



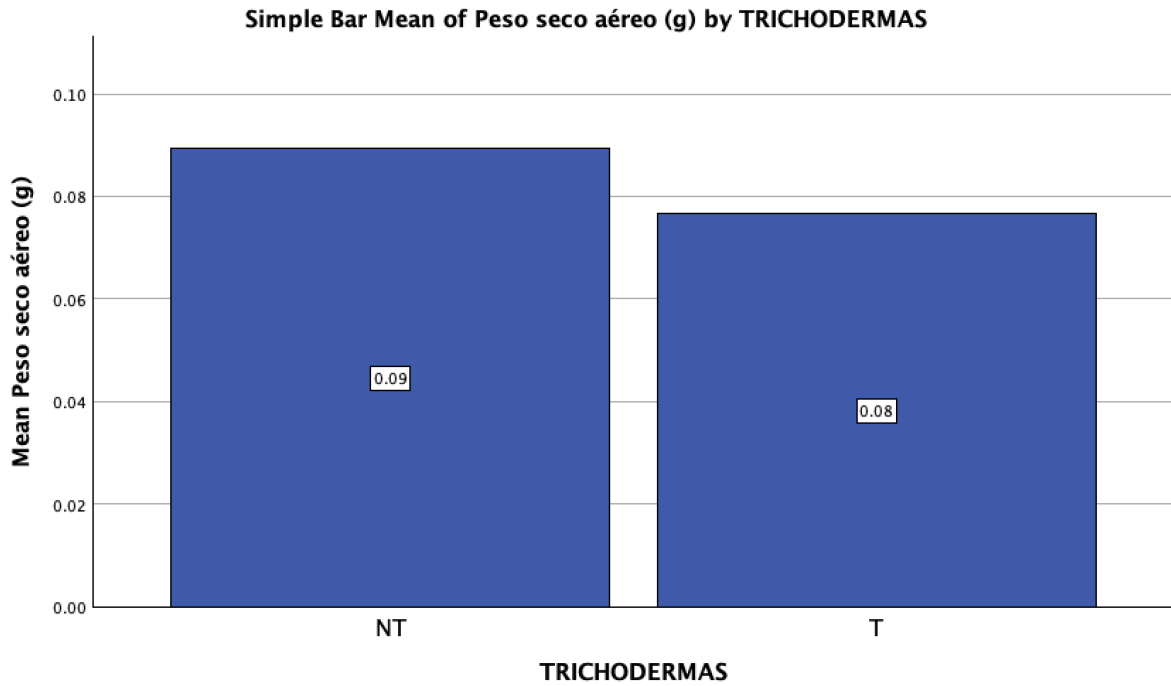
Gráfica 46. Media del peso seco aéreo (g) según la variedad de tomate



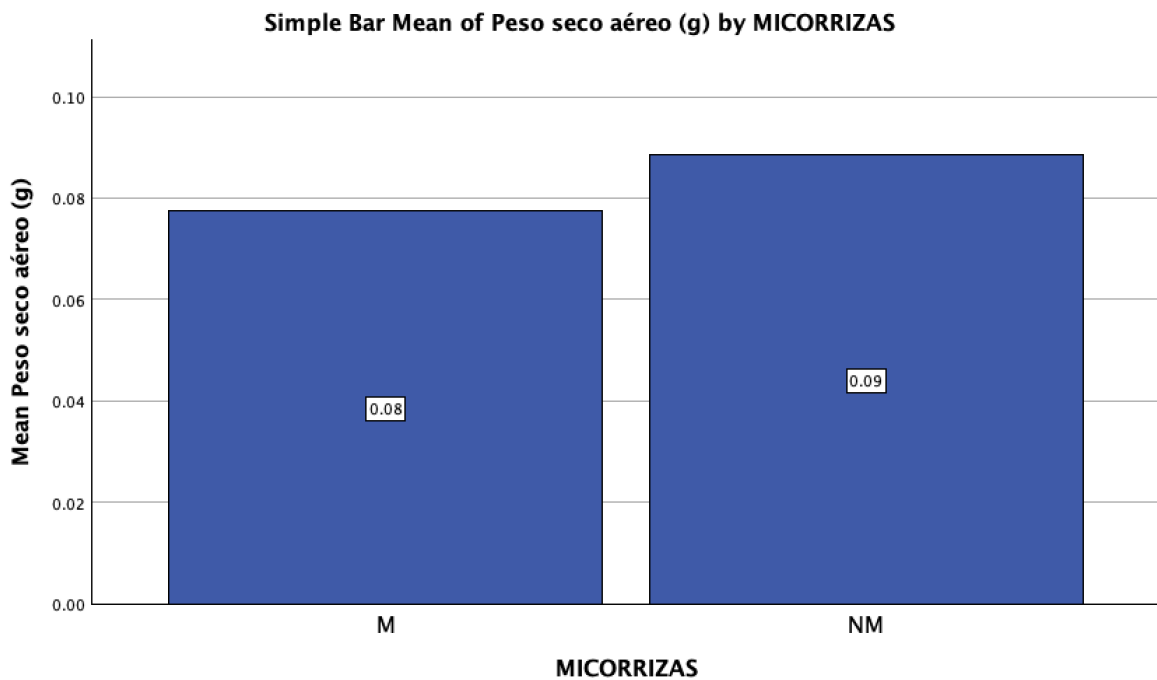
Gráfica 47. Media del peso seco aéreo (g) según la modalidad de riego



Gráfica 48. Media del peso seco aéreo (g) según el tipo de sustrato



Gráfica 49. Media del peso seco aéreo (g) según presencia o ausencia de Trichodermas

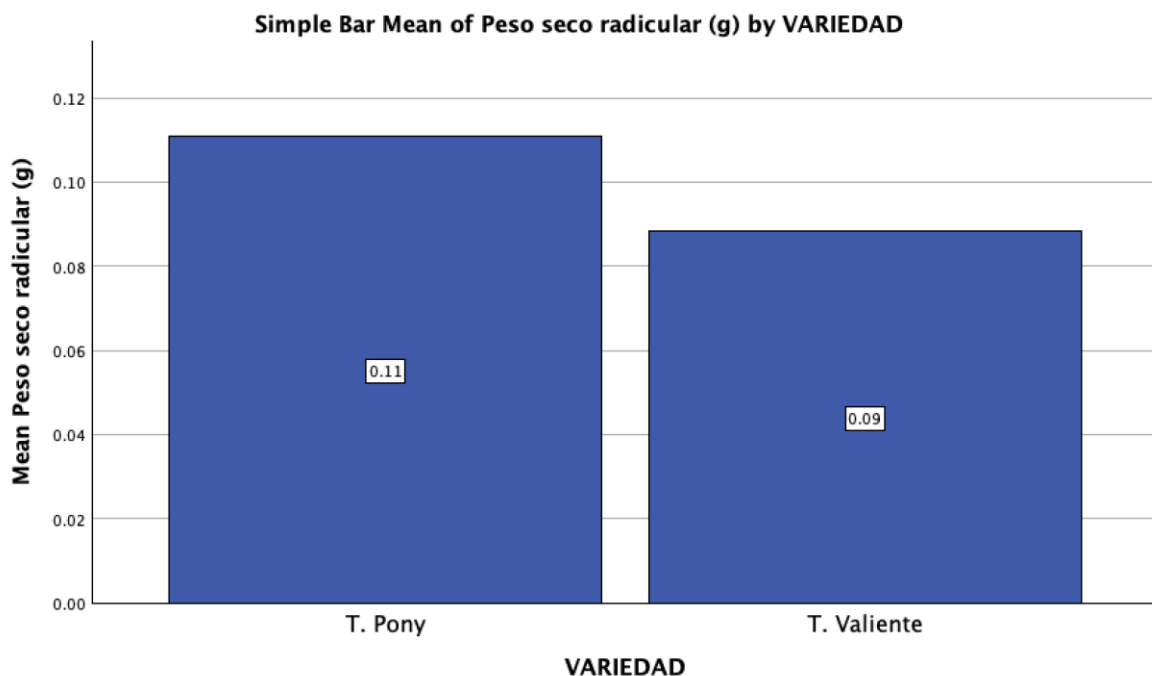


Gráfica 50. Media del peso seco aéreo (g) según presencia o ausencia de Micorrizas

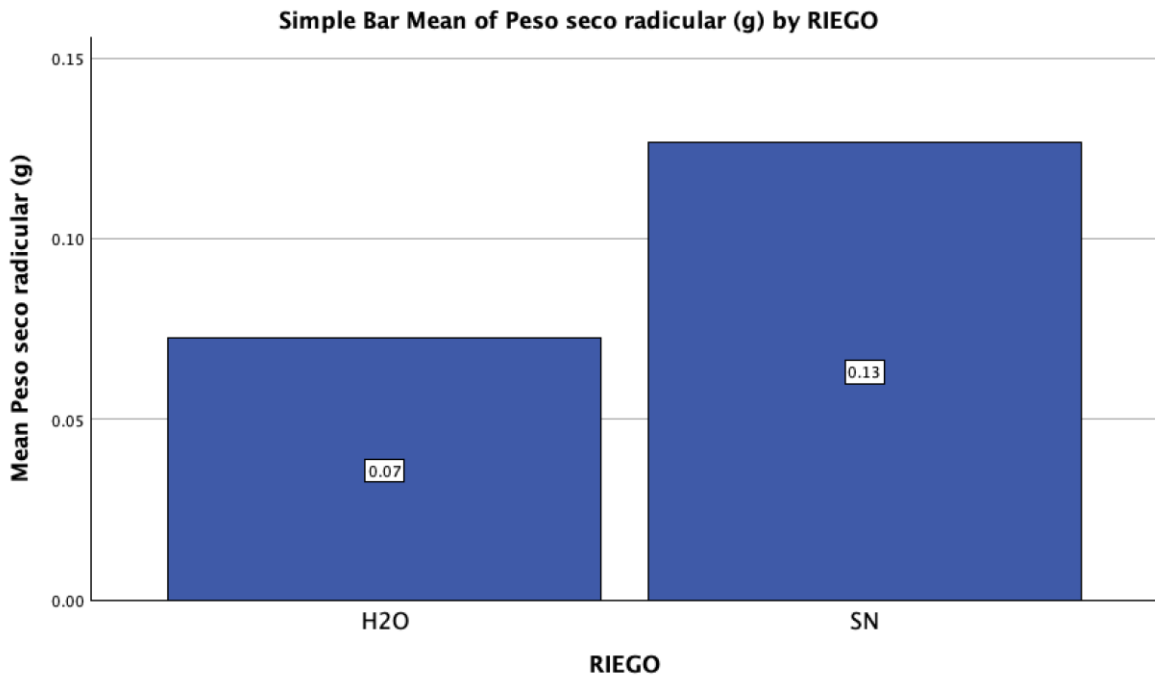
#### 6.2.11. Discusión de gráficas respecto al peso seco radicular de la plántula (g)

Después de haber aplicado el Análisis de Varianza (ANVA: P-valor = 5%) a los datos obtenidos por la variable dependiente “Peso seco radicular de la plántula (g)” [Ver

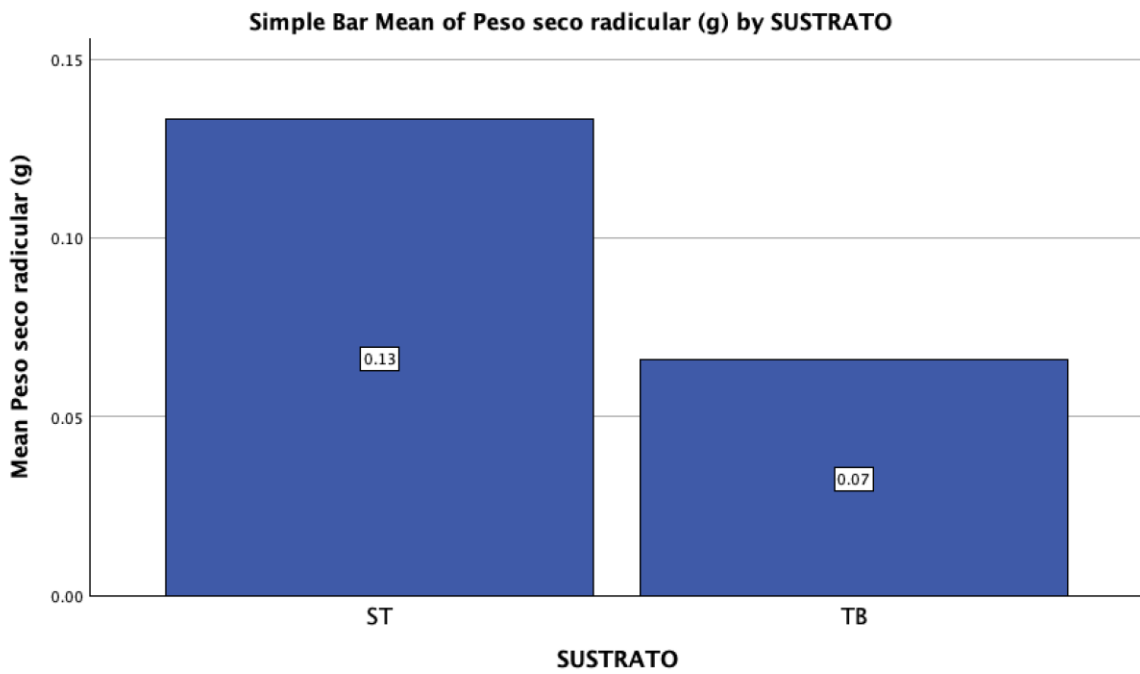
Anexo 23]; se demostró estadísticamente que las variables independientes: “Variedad” con un valor de probabilidad de 0.036, “Riego” con un valor de probabilidad menor a 0.001 y “Sustrato” con un valor de probabilidad menor a 0.001; siendo estos tres valores mencionados inferiores a al P-valor = 0.05, es posible afirmar que **sí** se están presentando diferencias significativas en los valores de sus medias expresados en los gráficos que a continuación se ilustran. Siendo el riego [Ver Gráfica 52] y el sustrato [Ver Gráfica 53] las variables independientes que están presentando la mayor diferencia significativa en cuanto a los valores de media analizados por el programa estadístico. Así como también, es oportuno mencionar que el coeficiente de determinación (factor R-cuadrado = 0.200) [Ver Anexo 23] obtenido en el Análisis de Varianza para la variable dependiente “Altura de la planta (cm)” nos indica que su relación con las variables independientes analizadas es notablemente débil.



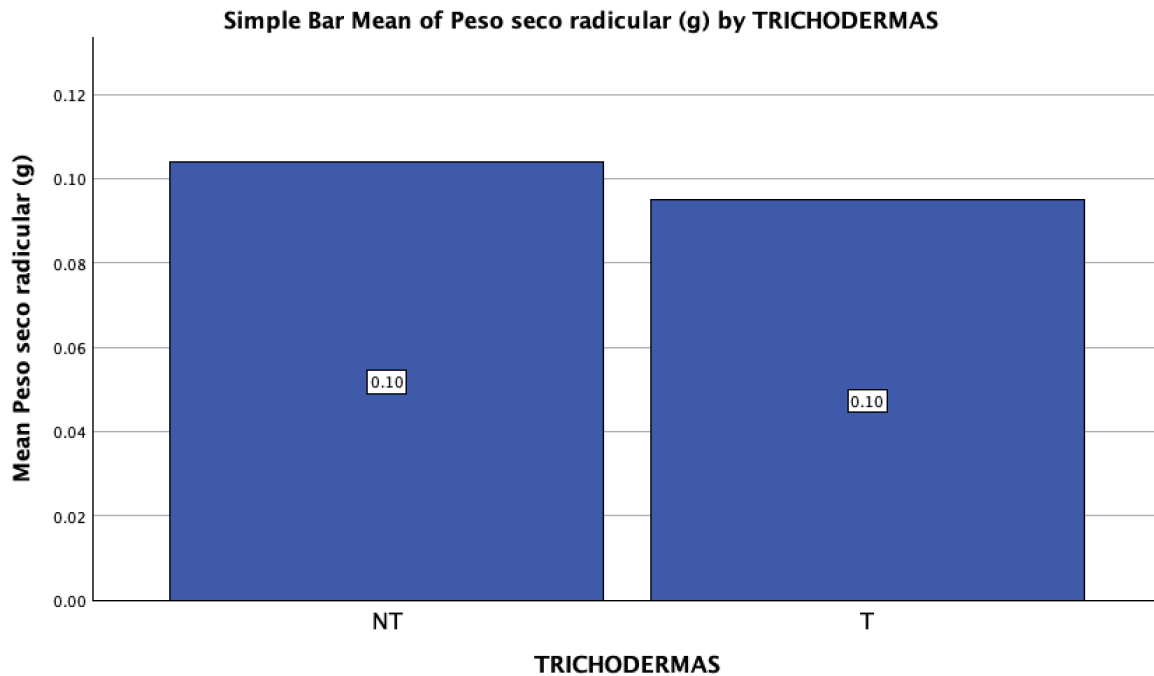
Gráfica 51. Media del peso seco radicular (g) según la variedad de tomate



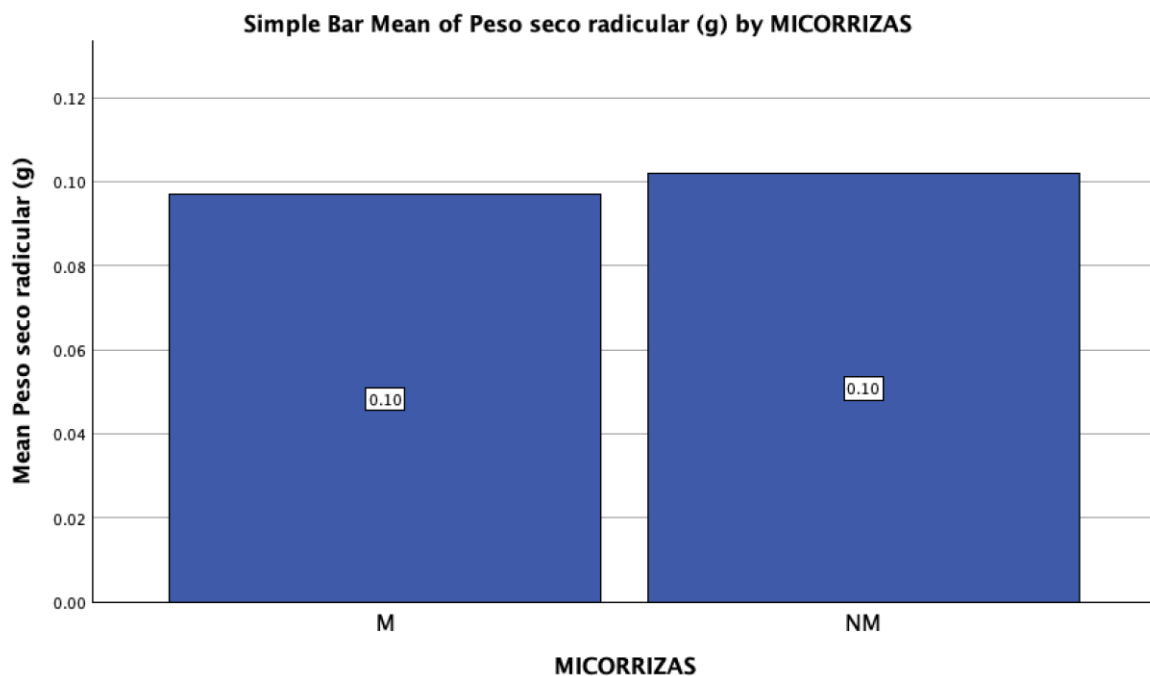
Gráfica 52. Media del peso seco radicular (g) según la modalidad de riego



Gráfica 53. Media del peso seco radicular (g) según el tipo de sustrato



Gráfica 54. Media del peso seco radicular (g) según presencia o ausencia de Trichodermas



Gráfica 55. Media del peso seco radicular (g) según presencia o ausencia de Micorrizas

Por lo tanto, luego de analizar los valores representados en cada uno de los gráficos previamente ilustrados, se puede determinar que la modalidad de riego con solución

nutritiva (fertirriego) ha sido la variable independiente que mejores resultados ha tenido en cuanto a las diferencias estadísticamente significativas encontradas. Siendo la variable independiente “Riego” la que se presentó con diferencias significativas en el 100% de los casos analizados por el programa estadístico.

Por lo que al realizar una comparación bibliográfica con otros autores referente a los rendimientos producidos en tomate al aplicar fertirriego se encontró que según Preciado (2011), en cuanto al rendimiento de la aplicación de soluciones nutritivas utilizadas en su experimento provocaron que las plantas de tomate mostraran diferencias significativas con un P-valor = 5%. Resultados similares fueron reportados por Ochoa et al. (2009) al obtener mayor rendimiento en el cultivo de tomate hidropónico con fertilización inorgánica que con fuentes orgánicas de fertilización. Al respecto, García et al. (2008) indican que las soluciones nutritivas preparadas con fuentes orgánicas de fertilización se deben diluir para disminuir la CE; sin embargo, esto provocó una disminución en la concentración de nutrientes, y hace necesario un aporte externo de los mismos, especialmente de nitrógeno, ya que el suministro adecuado de este elemento se asocia con niveles adecuados de clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso, alta actividad fotosintética y con la síntesis de carbohidratos, de lo cual depende el rendimiento. (Castro et al. 2004).

Los resultados anteriores se deben a que las plantas obtienen los nutrientes más eficientemente cuando se emplea una solución balanceada y en las formas iónicas que ellas pueden aprovechar (Ikeda et al. 2002; Ramos et al. 2002).

### 6.3. Aprendizajes logrados durante el desarrollo de la pasantía

#### 6.3.1. Temática: Día de campo instalación de la casa malla huerta familiar comunitaria

6.3.1.1. Lugar: Cantón San Francisco, Ciudad de San Ignacio, Departamento de Chalatenango, El Salvador.

#### 6.3.1.2. Actividades:

- **Preparación del área:** se trabajó en un terreno de 13m x 9 m (117 m<sup>2</sup>) para el posterior establecimiento de las camas de cultivo. El trabajo consistió en realizar labores de limpieza del terreno, removiendo las hierbas y algunos restos de cultivos anteriores.
- **Elaboración de las camas de siembra:** La actividad se fundamentó en remover el suelo y agregar el abono orgánico Bocashi, para luego mezclarlo con la tierra removida y levantar la cama de siembra a 20 cm sobre el nivel del suelo.
- **Instalación de sistema de riego:** Para lo cual, fue entregado un Kit completo de riego a las personas beneficiarias del día de campo; el kit consiste en un tanque de 750 l de capacidad, un tubo de polietileno para la tubería principal de abastecimiento, cinta de riego con goteros auto compensados incorporados, uniones plásticas y de PVC para la adecuación del sistema a las características particulares del terreno, manguera de plástico transparente para medir la presión del riego y demás piezas necesarias para mantener el correcto funcionamiento del sistema, tales como estacas de sujeción de

las cintas de riego, etc. Adicional a esto, se instaló el instrumento llamado “Pluviómetro” para medir la cantidad de lluvia que cae en el terreno y de esa forma estimar los tiempos de riego para cada día.

- **Instalación de la tela polisombra:** Para esta actividad, fue necesario la adquisición de 12 varas de bambú de 3.5 m de altura, las cuales fueron obtenidas en la misma zona donde se realizó el día de campo. Las personas de la comunidad participaron en la recolección del bambú, así como también durante el establecimiento de la tela polisombra sobre el huerto.
- **Entrega de siembra de plántines:** En esta actividad, los productores recibieron previamente la capacitación para realizar el correcto trasplante de los plántines de las hortalizas que se les entregaron, para que luego de manera conjunta, ya con las indicaciones claras, fuera llevado a cabo el trasplante in situ, así como también la siembra de las semillas que se proporcionaron también. Toda la actividad fue cuidadosamente orientada y acompañada por los técnicos asignados a este día de campo.

#### 6.3.1.3. Lecciones aprendidas:

- El trabajo comunitario requiere de la responsabilidad y buena disposición de los técnicos. Las personas encargadas de brindar la asistencia técnica deben ser capaces de motivar a los participantes del día de campo, así estos adquirirán un sentido de empoderamiento por el trabajo realizado.
- Los factores climáticos son impredecibles, y tienen la cualidad de afectar tanto positiva como negativamente el resultado de cualquier actividad de campo que se planifique en una determinada comunidad. Es importante tomar en cuenta este factor meteorológico con el propósito de saber cuándo modificar y adaptarse a las condiciones cambiantes de una jornada práctica sin perder el objetivo principal de dicha actividad.
- El trabajo coordinado con otras organizaciones presentes en el territorio fortalece el aprendizaje de los beneficiarios, puesto que la asistencia técnica brindada durante el día de campo desarrollado, se verá reforzada con el acompañamiento técnico de otros actores locales, quienes serán responsables de seguir brindando un refuerzo constante y adicional al aprendizaje de los productores beneficiados dentro del marco de este proyecto.

#### 6.3.1.4. Galería de imágenes



*Imagen 1. Medición de las mangueras de riego, San Francisco, Chalatenango, ES.*



*Imagen 2. Instalación del sistema de riego, San Francisco, Chalatenango, ES.*



*Imagen 3. Estructura con malla polisombra instalada, San Francisco, Chalatenango, ES.*

6.3.2. Temática: Día de campo instalación de la casa malla huerta familiar comunitaria

6.3.2.1. Lugar: Cantón Zompopero, Ciudad de La Palma, Departamento de Chalatenango, El Salvador.

6.3.2.2. Actividades:

- **Preparación del área:** se trabajó en un terreno de 9m x 16 m (144 m<sup>2</sup>) para el posterior establecimiento de las camas de cultivo. El trabajo consistió en realizar labores de limpieza del terreno, removiendo las hierbas y algunos restos de cultivos anteriores. El terreno se encontraba en una pendiente de alrededor de 30 grados de inclinación; por lo que también fue necesario construir terrazas de 1.20 m de ancho con una ligera inclinación hacia el interior de las mismas para favorecer la conservación del suelo y el aprovechamiento del agua. Sobre cada una de las terrazas realizadas se establecerán posteriormente las camas.
- **Elaboración de las camas de siembra:** La actividad se fundamentó en remover el suelo y agregar el abono orgánico Bocashi, para luego mezclarlo con la tierra removida y levantar así cada una de las camas de siembra a una altura de 20 cm sobre el nivel al que habían quedado las terrazas.
- **Instalación de sistema de riego:** Para lo cual, fue entregado un Kit completo de riego a las personas beneficiarias del día de campo; el kit consiste en un tanque de 750 l de capacidad, un tubo de polietileno para la tubería principal de abastecimiento, cinta de riego con goteros auto compensados incorporados, uniones plásticas y de PVC para la adecuación del sistema a las características particulares del terreno, manguera de plástico transparente para medir la presión del riego y demás piezas necesarias para mantener el correcto funcionamiento del sistema, tales como estacas de sujeción de las cintas de riego, etc. Adicional a esto, se instaló el instrumento llamado “Pluviómetro” para medir la cantidad de lluvia que cae en el terreno y de esa forma estimar los tiempos de riego para cada día.
- **Instalación de la tela polisombra:** Para esta actividad, fue necesario la adquisición de 12 varas de bambú de 3.5 m de altura, las cuales fueron obtenidas en la misma zona donde se realizó el día de campo. Las personas de la comunidad participaron en la recolección del bambú, así como también durante el establecimiento de la tela polisombra sobre el huerto.
- **Entrega y siembra de plantines:** En esta actividad, los productores recibieron previamente la capacitación para realizar el correcto trasplante de los plantines de las hortalizas que se les entregaron, para que luego de manera conjunta, ya con las indicaciones claras, fuera llevado a cabo el trasplante in situ, así como también la siembra de las semillas que se proporcionaron también. Toda la actividad fue cuidadosamente orientada y acompañada por los técnicos asignados a este día de campo.
- **Aplicación de producto biológico al suelo:** Se aplicó el hongo llamado “*Beauveria bassiana*”, el cual es un producto biológico que tiene la capacidad

de controlar la población de gallina ciega presente en las camas de siembra. Esta actividad fue desarrollada también con la participación activa de los agricultores presentes.

#### 6.3.2.3. Lecciones aprendidas:

- La iniciativa y la motivación de una comunidad por mejorar su calidad de vida es la fuerza medular capaz de lograr los cambios que sean necesarios de realizar; por lo que un proyecto de cooperación es solamente uno de muchos instrumentos por medio de los cuales, las familias alcancen su propia soberanía alimentaria.
- Es importante identificar las características del suelo, incluyendo aquí no solo componentes físicos o químicos, sino que también el tipo de biología que interactúa dentro del medio edáfico. Esto con el propósito de identificar y prevenir posibles amenazas que puedan afectar negativamente a los cultivos cuando se establezcan.
- La conservación del suelo es una práctica fundamental de realizar en cada día de campo que se establezcan huertos comunitarios, puesto que de esta manera se incrementan las posibilidades de lograr la sostenibilidad de la inversión realizada en cada día de campo, al incrementar la fertilidad de los suelos trabajados.

#### 6.3.2.4. Galería de imágenes



*Imagen 4. Preparación del suelo, La Palma, Chalatenango, ES.*



Imagen 5. Trasplante de plantines, La Palma, Chalatenango, ES.



Imagen 6. Instalación del sistema de riego, La Palma, Chalatenango, ES.

6.3.3. Temática: Día de campo instalación de sistema de riego, fertilización de camas de siembra, capacitación para trasplante y siembra de plantines y práctica de aforo del sistema de riego.

6.3.3.1. Lugar: Cantón Capucalito, Ciudad de Zacapa, Departamento de La Unión, Guatemala.

6.3.3.2. Actividades:

- **Fertilización de las camas de siembra:** La actividad se fundamentó en remover el suelo y agregar el abono orgánico Bocashi, para luego mezclarlo con la tierra removida y levantar la cama de siembra a 20 cm sobre el nivel del suelo.
- **Instalación de sistema de riego:** Para lo cual, fue entregado un Kit completo de riego a las personas beneficiarias del día de campo; el kit consiste en un tanque de 750 l de capacidad, un tubo de polietileno para la tubería principal de abastecimiento, cinta de riego con goteros auto compensados incorporados, uniones plásticas y de PVC para la adecuación del sistema a las características particulares del terreno, manguera de plástico transparente para medir la

presión del riego y demás piezas necesarias para mantener el correcto funcionamiento del sistema, tales como estacas de sujeción de las cintas de riego, etc. Adicional a esto, se instaló el instrumento llamado “Pluviómetro” para medir la cantidad de lluvia que cae en el terreno y de esa forma estimar los tiempos de riego para cada día.

- **Entrega y siembra de plantines:** En esta actividad, los productores recibieron previamente la capacitación para realizar el correcto trasplante de los plantines de las hortalizas que se les entregaron, para que luego de manera conjunta, ya con las indicaciones claras, fuera llevado a cabo el trasplante in situ, así como también la siembra de las semillas que se proporcionaron también. Toda la actividad fue cuidadosamente orientada y acompañada por los técnicos asignados a este día de campo.
- **Aforo del sistema de riego:** Bajo la orientación técnica del equipo responsable se les entregó a los productores participantes de esta actividad los materiales necesarios para llevar a cabo esta práctica; en la cual fueron guiados en cada paso desde la colocación adecuada de los instrumentos para tomar las muestras hasta la socialización final en base a los resultados obtenidos luego de finalizada la actividad. Con base a esta práctica, los productores pudieron comprender que el sistema de riego instalado es funcional y con la homogeneidad adecuada para funcionar en toda el área de cultivo.

#### 6.3.3.3. Lecciones aprendidas:

- La construcción de obras de conservación de suelo en laderas tales como terrazas, contribuye a que el área de cultivo favorezca no solo la producción agrícola, sino que también brinde un área de trabajo adecuado para los agricultores participantes. Agregando a esto que la protección de los suelos es fundamental para mantener y fortalecer la fertilidad de los mismos.
- La práctica de asociar cultivos representa una ventaja positiva para fortalecer y mantener la salud tanto en los cultivos como en el suelo mismo; puesto que la incidencia de plagas se ve reducida cuando en una determinada área productiva los cultivos están diversificados. Así como también, se fortalece las simbiosis positivas entre los organismos edáficos y los cultivos establecidos.
- Cuando se integran cultivos de ciclo corto y de ciclo largo dentro de una misma área, se incrementa su eficiencia productiva; debido a que los productores pueden realizar cosechas periódicas según las necesidades alimenticias y económicas que la comunidad requiera.

#### 6.3.3.4. Galería de imágenes



*Imagen 7. Medición de aforo del sistema de riego, Cantón Capucalito, La Unión, GT.*



*Imagen 8. Preparación de las camas de siembra, Cantón Capucalito, La Unión, GT.*



*Imagen 9. Trasplante de plantines, Cantón Capucalito, La Unión, GT.*

#### 6.3.4. Temática: Día de campo instalación de huerta familiar comunitaria

6.3.4.1. Lugar: Cantón Casona El Guayabo, Ciudad de Olopa, Departamento de Chiquimula, Guatemala.

#### 6.3.4.2. Actividades:

- **Preparación del área:** se trabajó en un terreno de 9m x 13 m (117 m<sup>2</sup>) para el posterior establecimiento de las camas de cultivo. El trabajo consistió en realizar labores de limpieza del terreno, removiendo las hierbas y algunos restos de cultivos anteriores. El terreno se encontraba en una pendiente de alrededor de 45 grados de inclinación. La comunidad había elaborado con anterioridad una serie de terrazas en las que prepararon sus camas de siembra, sin embargo, durante el desarrollo de esta actividad también reforzamos y mejoramos esas labores previas de conservación de suelo. Sobre cada una de las terrazas realizadas se establecerán posteriormente las camas. Adicional a esto, se trabajaron canales de drenaje para evitar la acumulación excesiva de agua dentro del área del huerto.
- **Elaboración de las camas de siembra:** La actividad se fundamentó en remover el suelo y agregar el abono orgánico Bocashi, y el fertilizante "Triple 15" para luego mezclar ambos con la tierra removida y levantar así cada una de las camas de siembra a una altura de 25 cm sobre el nivel al que habían quedado las terrazas.
- **Instalación de sistema de riego:** Para lo cual, fue entregado un Kit completo de riego a las personas beneficiarias del día de campo; el kit consiste en un tanque de 1,100 litros de capacidad, un tubo de polietileno para la tubería principal de abastecimiento, cinta de riego con goteros auto compensados incorporados, uniones plásticas de PVC para la adecuación del sistema a las características particulares del terreno, manguera de plástico transparente para medir la presión del riego y demás piezas necesarias para mantener el correcto funcionamiento del sistema, tales como estacas de sujeción de las cintas de riego, etc. Adicional a esto, se instaló el instrumento llamado "Pluviómetro" para medir la cantidad de lluvia que cae en el terreno y de esa forma estimar los tiempos de riego para cada día.
- **Instalación de estructura para tela polisombra:** Para esta actividad, fue necesario la adquisición de 12 varas de bambú de 3.5 m de altura, las cuales fueron obtenidas en la misma zona donde se realizó el día de campo. Las personas de la comunidad participaron en la recolección del bambú, así como también durante el establecimiento de toda la estructura. Fue necesario la preparación de mezcla de cemento para reforzar el sostenimiento de los postes dentro de los agujeros realizados. También, se utilizaron varillas roscadas y tuercas para la unión de los postes y las vigas transversales de la estructura en su parte superior.
- **Entrega y siembra de plantines:** En esta actividad, los productores recibieron previamente la capacitación para realizar el correcto trasplante de los plantines

de las hortalizas que se les entregaron, para que luego de manera conjunta, ya con las indicaciones claras, fuera llevado a cabo el trasplante in situ, así como también la siembra de las semillas que también se les proporcionaron. Toda la actividad fue cuidadosamente orientada y acompañada por los técnicos asignados a este día de campo.

#### 6.3.4.3. Lecciones aprendidas:

- En esta zona la cantidad de precipitación pluvial es muy elevada, por lo que la realización de canales de drenaje representa una actividad obligatoria de realizar para mantener la integridad, accesibilidad y productividad del huerto comunitario construido.
- Los suelos muy pesados requieren de mayor tiempo y esfuerzo para trabajarlos; por lo que la práctica de agregar abono Bocashi al suelo, fue una actividad de gran importancia para contribuir al mejoramiento de las características físicas del suelo.
- El interés que una comunidad tenga por mejorar su calidad de vida se verá reforzado de acuerdo al grado de compromiso que el equipo técnico demuestre a la comunidad. Por lo que el éxito de este proyecto radica en el acompañamiento y formación constante para mantener el trabajo realizado direccionado a una visión comunitaria de sostenibilidad y sustentabilidad.

#### 6.3.4.4. Galería de imágenes



Imagen 10. Preparación de la malla "Polisombra", Olopa, Chiquimula, GT.



Imagen 11. Instalación del sistema de riego, Olopa, Chiquimula, GT.



Imagen 12. Trasplante de plantines, Olopa, Chiquimula, GT.

6.3.5. Temática: Ejercicio para evaluación de impacto socio-económico de la huerta comunitaria en Maraxco.

6.3.5.1. Lugar: Cantón Plan del Jocote, Ciudad de Maraxco, Departamento de Chiquimula, Guatemala.

6.3.5.2. Actividades:

- El ejercicio fue realizado con el fin de conocer el impacto socio-económico que está produciendo el proyecto hasta en las personas participantes de este huerto comunitario en Maraxco.
- A cada una de las personas asistentes a la jornada, les fue aplicada una encuesta; haciendo una comparación entre su situación antes de formar parte del proyecto con su situación actual ya como participantes activos del huerto comunitario.
- La metodología de este ejercicio de diagnóstico consistió en citar a las personas participantes a un lugar apropiado; en el cual, a cada participante le fue realizada la encuesta de manera personalizada.

#### 6.3.5.3. Lecciones aprendidas:

- El ejercicio de evaluación permitió identificar los avances que ha tenido el proyecto en la comunidad de Maraxco, pero también los retos que quedan por afrontar.
- Las condiciones climáticas como los períodos de sequía prolongados son factores determinantes en los resultados productivos de una región.
- La motivación de los participantes de este proyecto está determinada no sólo por su deseo de superación a través de la ayuda que brinda el proyecto, sino que también depende de las condiciones agroclimáticas de sus entornos.

#### 6.3.5.4. Galería de imágenes



Imagen 13. Asistencia técnica, Maraxco, Chiquimula, GT.



Imagen 14. Asistencia técnica, Maraxco, Chiquimula, GT.



Imagen 15. Coordinación comunitaria, Maraxco, Chiquimula, GT.

6.3.6. Temática: Día de campo sobre preparación de solución nutritiva y refuerzo en manejo integrado de plagas y planes de cosecha.

6.3.6.1. Lugar: Ciudad de Sabana Grande, Departamento de Chiquimula, Guatemala.

6.3.6.2. Actividades:

- Se realizó un recorrido de inspección en todo el huerto, el equipo técnico acompañó a los productores en todo momento; con el fin de socializar de manera conjunta las condiciones en las que los cultivos se van desarrollando.
- A cada productor presente se le consultó si ya contaban con los libros de registro de cosechas, a aquellos que no lo tenían aún se les fue proporcionado; así como también se aprovechó para reforzar por medio de una capacitación como utilizar dicho libro para mantener el debido registro de las cosechas que se van logrando.
- También se realizó un seguimiento a los planes de manejo integrado de plagas llevados a cabo hasta el momento por los agricultores; se realizó una capacitación para el correcto uso del libro de registro de tratamientos con productos fitosanitarios, con el objetivo de mantener un orden y prontitud en las aplicaciones programadas a futuro.
- Fue preparada la solución nutritiva en conjunta participación con los productores. Esto sirvió para transmitir los conocimientos necesarios que permitan lograr una autonomía en dicha práctica; fortaleciendo así la sostenibilidad por parte de los agricultores en la aplicación de los planes nutricionales de los cultivos.

#### 6.3.6.3. Lecciones aprendidas:

- El asocio de cultivos dentro de las camas de siembra contribuye a mejorar grandemente la salud tanto del suelo como de los cultivos mismos. Puesto que las relaciones simbióticas entre los factores bióticos y abióticos del suelo se fortalecen.
- El microclima de un área de cultivo se ve afectada por el tipo de cultivos que sean establecidos en esa área, y al agregarle los beneficios de una polisombra sobre el área agrícola; el aumento en la productividad se vuelve notable al reducirse de esta manera el efecto erosivo de la lluvia y el viento, así como la intensidad de la radiación solar sobre aquellos cultivos más delicados a su incidencia.
- La organización comunitaria es la base para lograr cambios sostenibles en beneficio para la misma; por lo que mientras el grupo se mantenga unido, sus integrantes lograrán superar las dificultades que la agricultura implica.

#### 6.3.6.4. Galería de imágenes



*Imagen 16. Cosecha de repollo, Sabana Grande, Chiquimula, GT.*



Imagen 17. Cosecha de hortalizas, Sabana Grande, Chiquimula, GT.



Imagen 18. Huerto familiar, Sabana Grande, Chiquimula, GT.

6.3.7. Temática: Día de campo sobre prácticas agroecológicas enfocadas al cultivo de hortalizas en conjunto con CENTA.

6.3.7.1. Lugar: SISTAGRO, Metapán, Santa Ana, El Salvador.

6.3.7.2. Actividades:

- **Preparación e introducción:** se recibieron a los agricultores y agricultoras en el Centro SISTAGRO provenientes de una comunidad localizada en Metapán, la cual ha sido previamente asesorada por técnicos del CENTA. A los asistentes se les brindó una charla introductoria sobre el proyecto y sus objetivos además de presentar al equipo técnico a cargo del desarrollo de la jornada.
- **Recorrido:** para el desarrollo de esta actividad, fueron establecidas cuatro estaciones en las que se definió una temática diferente para cada una de ellas. Se crearon cuatro grupos de agricultores para que todos tuvieran la oportunidad de recorrer las cuatro estaciones abarcando así las temáticas preestablecidas para este día de campo.

- **Socialización:** al finalizar la jornada se compartieron las experiencias vividas y los conocimientos aprendidos por los productores, esto contribuyó a consolidar los puntos clave necesarios para aplicar las prácticas agroecológicas en los cultivos de hortalizas.

#### 6.3.7.3. Lecciones aprendidas:

- El intercambio de conocimientos entre productores y técnicos es una práctica fundamental para favorecer el enriquecimiento de conocimientos tanto prácticos como técnicos. Esto beneficia tanto a los agricultores como a los técnicos.
- Los productores que participan en los días de campo realizados en SISTAGRO bajo el esquema de este proyecto, incrementan su motivación y adquieren un sentido de adherencia a las prácticas agroecológicas.
- La metodología de “aprender haciendo” ha favorecido la asimilación de los conceptos agroecológicos que son fundamentales dentro del marco de este proyecto. Por lo que, en futuras jornadas de campo, los productores pueden aplicar los conceptos aprendidos durante este tipo de actividades iniciales de capacitación.

#### 6.3.7.4. Galería de imágenes



*Imagen 19. Día de campo con CENTA, Metapán, Santa Ana, ES.*



*Imagen 20. Día de campo con CENTA, Metapán, Santa Ana, ES.*



*Imagen 21. Día de campo con CENTA, Metapán, Santa Ana, ES.*

6.3.8. Temática: Día de campo sobre manejo integrado de plagas y refuerzo sobre prácticas de registro de actividades agrícolas dentro del huerto comunitario.

6.3.8.1. Lugar: Los Llanos, Belen Güijat, Metapán, Santa Ana, El Salvador.

6.3.8.2. Actividades:

- Se realizó un recorrido de inspección en todo el huerto, el equipo técnico acompañó a los productores en todo momento; con el fin de socializar de manera conjunta las condiciones en las que los cultivos se van desarrollando. Durante el recorrido se observó el ataque de gallina ciega en el cultivo de lechuga, por lo que fueron removidas algunas plantas que ya habían sido dañadas.

- Se realizó una cosecha de hortalizas durante la jornada de campo, durante la cual se aprovechó de reforzar la práctica del correcto llenado del libro de registro de cosechas. Esto con el fin de que los agricultores fomenten el hábito de registrar las diferentes actividades que se desarrollan a diario.
- También se realizó un seguimiento a los planes de manejo integrado de plagas llevados a cabo hasta el momento por los agricultores, con el objetivo de mantener un orden y prontitud en las aplicaciones programadas a futuro. Como resultado de esto, se realizó una aplicación al final de la jornada de un repelente orgánico de insectos para favorecer la integridad de los cultivos plantados frente al ataque de insectos.

#### 6.3.8.3. Lecciones aprendidas:

- El asocio de cultivos dentro de las camas de siembra contribuye a mejorar grandemente la salud tanto del suelo como de los cultivos mismos. Puesto que las relaciones simbióticas entre los factores bióticos y abióticos del suelo se fortalecen.
- La motivación de los productores se ve reforzada con cada jornada de campo que se realiza bajo la coordinación de los técnicos; esto debido a que el agricultor se siente acompañado en su proceso de aprendizaje y de producción.
- Las lluvias durante la época de invierno aumentan la vulnerabilidad de las plantas al ataque de organismos patógenos. Por lo que las aplicaciones de productos orgánicos de manera preventiva y periódica dentro del huerto es un hábito muy útil de crear y reforzar entre los agricultores.

#### 6.3.8.4. Galería de imágenes



*Imagen 22. Cosecha de berenjena, Belen Güijat, Metapán, Santa Ana, ES.*



*Imagen 23. Cultivos de zuquini y lechuga, Belen Güijat, Metapán, Santa Ana, ES.*



*Imagen 24. Aplicación de productos orgánicos, Belen Güijat, Metapán, Santa Ana, ES.*

6.3.9. Temática: Día de campo sobre preparación de camas de siembra y manejo integrado de plagas.

6.3.9.1. Lugar: Sector Plan del Jocote, Maraxco, Departamento de Chiquimula, Guatemala.

6.3.9.2. Actividades:

- Se realizó un recorrido de inspección en todo el huerto, el equipo técnico acompañó a los productores en todo momento; con el fin de socializar de manera conjunta las condiciones en las que los cultivos se van desarrollando.
- La preparación de la cama de siembra fue llevada a cabo con el objetivo de reforzar la importancia de cultivar las hortalizas a una altura mayor al nivel del

suelo. Esto debido a que durante la época lluviosa los cultivos pueden mantenerse fuera del alcance de posibles inundaciones en el terreno debido a elevadas precipitaciones.

- Seguido de esto, la comunidad realizó la práctica de trasplante. Aquí se reforzaron los conocimientos sobre esta práctica y se enfatizó en los cuidados que se deben de tener cuando los plantines se encuentran en esta fase de desarrollo.
- También se realizó un seguimiento a los planes de manejo integrado de plagas llevados a cabo hasta el momento por los agricultores; se realizó una capacitación para el correcto uso del libro de registro de tratamientos con productos fitosanitarios, con el objetivo de mantener un orden y prontitud en las aplicaciones programadas a futuro.
- Una actividad adicional, pero de mucha importancia que se desarrolló fue el mejoramiento del drenaje del suelo, a través de la construcción de una zanja para drenar el exceso de agua durante las lluvias.

#### 6.3.9.3. Lecciones aprendidas:

- El asocio de cultivos contribuye a mejorar grandemente la salud tanto del suelo como de los cultivos mismos. Puesto que las relaciones simbióticas entre los factores bióticos y abióticos del suelo se fortalecen.
- Cuando se establecen cultivos de cobertura y de protección en una misma área productiva, se minimiza el ataque de plagas a los cultivos de interés y se mantiene la integridad de los suelos disminuyendo la erosión causada por los elementos climáticos.
- La recolección de agua en estanques representa una ventaja notable en el rendimiento productivo de un huerto hortícola; más aún cuando las estaciones de sequía se prolongan en una determinada zona geográfica.

#### 6.3.9.4. Galería de imágenes



*Imagen 25. Preparación de la cama de siembra, Maraxco, Chiquimula, GT.*



Imagen 26. Trasplante de plantines de lechuga, Maraxco, Chiquimula, GT.



Imagen 27. Cosecha en huerto familiar, Maraxco, Chiquimula, GT.

6.3.10. Temática: Día de campo sobre preparación del suelo para restablecimiento de camas de siembra y trasplante.

6.3.10.1. Lugar: Las Cruces, La Palma, Chalatenango, El Salvador

6.3.10.2. Actividades:

- Se realizó un recorrido de inspección en todo el huerto, el equipo técnico acompañó a los productores en todo momento; con el fin de socializar de manera conjunta las condiciones del suelo y los efectos causados por las lluvias recientes.
- Se retiraron los cultivos que permanecían para preparar nuevamente el suelo sobre el cual se volverían a establecer las camas de siembra. Se rompió la capa superficial para favorecer la aireación y al mismo tiempo se agregó el abono orgánico Bocashi y el fertilizante Triple 15. Todo esto se mezcló con la ayuda de azadones y rastrillos.
- La preparación de la cama de siembra fue llevada a cabo con el objetivo de reforzar la importancia de cultivar las hortalizas a una altura mayor al nivel del suelo. Esto debido a que durante la época lluviosa los cultivos pueden

mantenerse fuera del alcance de posibles inundaciones en el terreno debido a elevadas precipitaciones.

- Seguido de esto, la comunidad realizó la práctica de trasplante. Aquí se reforzaron los conocimientos sobre esta práctica y se enfatizó en los cuidados que se deben de tener cuando los plantines se encuentran en esta fase de desarrollo.

#### 6.3.10.3. Lecciones aprendidas:

- Las lluvias durante la época de invierno pueden llegar a deformar las obras de conservación de suelo que se hayan construido dentro de la zona productiva. Por lo que el restablecimiento de dichas obras como drenajes y camas de siembra es una labor constante de mantenimiento al final de la época de lluvias.
- El suelo mejora su capacidad de retención de nutrientes y se disminuye su compactación en la medida que se emplean prácticas agroecológicas de conservación. Esto se notó al momento de trabajar el suelo, puesto que este estaba más suelto y fácil de remover con el azadón y el rastrillo.
- El conocimiento práctico de los productores facilita el trabajo de acompañamiento técnico, puesto que las correcciones y mejoras a las prácticas comunes de los productores pueden ser gradualmente modificadas con un acompañamiento constante de los técnicos.

#### 6.3.10.4. Galería de imágenes



*Imagen 28. Trasplante de plantines de repollo, La Palma, Chalatenango, ES.*



Imagen 29. Trasplante de plantines, La Palma, Chalatenango, ES.



Imagen 30. Preparación de camas de siembra, La Palma, Chalatenango, ES.

### 6.3.11. Temática: Actividades dentro de SISTAGRO

#### 6.3.11.1. Lugar: SISTAGRO, Metapán, Santa Ana, El Salvador.

#### 6.3.11.2. Actividades:

- **Monitoreo del huerto familiar demostrativo:** las labores de mantenimiento dentro de las instalaciones del huerto familiar demostrativo consisten en realizar los riegos diarios de los cultivos monitoreando la lámina de agua remanente en el suelo para definir las duraciones de los períodos de riego. También, las labores de deshierbo son actividades rutinarias que son llevadas a cabo junto con todo el equipo; esta actividad mantiene controlada la colonización de plantas arvenses.
- **Siembras y trasplantes:** según las necesidades investigativas y los parámetros básicos que rigen la técnica de rotación de cultivos; se realizan los trasplantes y siembras de aquellas especies de hortalizas que mejor se han adaptado al clima y demás condiciones típicas de SISTAGRO. Previo a cada trasplante o siembra, las camas de cultivo son preparadas a través del rompimiento de la capa superficial de su suelo, la incorporación de materia

orgánica y su homogeneización respectiva utilizando las herramientas de trabajo que mejor se adaptan a la tarea.

- **Apoyo a las actividades generales dentro de SISTAGRO:** dentro de esta categoría, son clasificadas todas aquellas actividades que no están relacionadas con el huerto demostrativo familiar, pero que contribuyen a la integración y cooperación que como miembros de este proyecto debemos de mantener con el resto del personal y los intereses del centro de investigación. Entre las actividades se pueden nombrar la construcción de un sistema de drenaje para el agua de lluvia, la adecuación de las instalaciones del futuro laboratorio de suelos, la siembra de especies forestales, etc.
- **Empalme:** esta actividad se llevó a cabo con el objetivo de introducir y preparar a los nuevos integrantes del equipo para las actividades rutinarias que se desarrollan dentro del huerto familiar demostrativo en SISTAGRO. La metodología consistió en realizar prácticas guiadas de manera que los nuevos integrantes adquirieran los conocimientos haciendo ellos mismos cada una de las actividades.
- **Elaboración de sustratos orgánicos:** dentro de estas actividades se puede resaltar la elaboración de un sustrato inerte hecho a base de cascarilla de arroz, esta fue carbonizada durante varias horas; con el objetivo de analizar y evaluar por medio de investigaciones futuras la viabilidad de este sustrato en el establecimiento de cultivos hidropónicos.

#### 6.3.11.3. Lecciones aprendidas:

- El monitoreo constante y la aplicación de una metodología dentro de las prácticas rutinarias permiten llevar un sistema de producción sostenible y ordenado; lo cual sirve como base para la corrección y la innovación en las prácticas agrícolas que así lo ameriten.
- Los esfuerzos para integrar los intereses de dos entidades diferentes son importantes y necesarios para fortalecer las capacidades de acción que se pueden lograr; por lo que, frente a una visión de futuro exitosa, emplear tiempo para la sana y mutua cooperación es fundamental para la sostenibilidad del proyecto.
- La identificación de aquellas hortalizas que mejor se adapten a las épocas secas y lluviosas dentro de la región del Trifinio, representa una ventaja considerable para un provechoso rendimiento en las cosechas. Puesto que no todas las hortalizas responden de la misma manera a la humedad o a la aridez de un suelo.

#### 6.3.11.4. Galería de imágenes



*Imagen 31. Carbonización de cascarilla de arroz, SISTAGRO, Metapán, Santa Ana, ES.*



*Imagen 32. Sistema hidropónico, SISTAGRO, Metapán, Santa Ana, ES.*



*Imagen 33. Establecimiento de barreras rompeviento, SISTAGRO, Metapán, Santa Ana, ES.*

## 7. CONCLUSIONES

- El empleo de solución nutritiva en los riegos de los plantines ha dado como resultado una notable diferencia en el crecimiento y desarrollo de los mismos. Tanto como en la variedad de polinización abierta (Valiente) como en la variedad híbrida (Pony) fue evidente que el desarrollo vegetativo de los plantines se vio más favorecido en aquellos tratamientos en lo que fue incluido el fertirriego como parte de la modalidad de administración de los nutrientes a las plantas.
- Los microorganismos edáficos se encuentran ampliamente diseminados en las rizosferas de las plantas; lo que contribuye a amplificar de la capacidad de las plantas para absorber los nutrientes. Pero sin una adecuada aplicación de los nutrientes, como por ejemplo a través de soluciones nutritivas; las plantas difícilmente alcanzarán el vigor necesario para su óptimo desarrollo vegetativo y productivo.
- La radiación solar elevada es un elemento climático determinante para la producción de hortalizas, puesto que cuando esta radiación excede los niveles de tolerancia de estos cultivos se ve reducida la producción drásticamente; por

lo que el empleo de una “malla polisombra” que haya permitido la reducción de la radiación solar dentro del área de producción hortícola, fue determinante para asegurar el adecuado desarrollo vegetativo de los plantines sometidos a esta investigación.

- Las interacciones microbiológicas son uno de los elementos bióticos más importantes a la hora de lograr una producción agrícola sostenible y sustentable; por lo que la introducción de prácticas agrícolas que involucren la inoculación de los sustratos, las semillas o del mismo suelo donde se pretenda establecer algún cultivo con hongos benéficos llámese Trichodermas y Micorrizas, va a resultar en un mejoramiento sustancial de la calidad y cantidad de la producción que se proyecte.
- Las características de los diferentes sustratos disponibles en el mercado van a contribuir de manera significativa al desarrollo de las diferentes especies hortícolas que se pretendan establecer; por lo que la selección de los sustratos basada en un análisis investigativo y confrontativo va a permitir identificar las características que dicho sustrato deberá poseer para que se ajuste de mejor manera a las particularidades del cultivo que se pretenda establecer.

## 8. RECOMENDACIONES

- Realizar una investigación en la que se comparen dos tratamientos: la inoculación de las semillas de tomate Valiente previo a su siembra con micorrizas (*Glomus cubense*) versus la inoculación con micorrizas a las raíces de los plantines de tomate Valiente previo a su trasplante. Esto con el fin de identificar si el desarrollo vegetativo puede verse afectado por la aplicación de alguna de estas dos prácticas.
- Incrementar y fortalecer las relaciones de mutua cooperación entre la Universidad y aquellas empresas emergentes que se dediquen a la producción, sintetización y comercialización de productos de origen orgánico, amigables con el medio ambiente y con la salud de las personas. A través del establecimiento de un conjunto de acciones sistemáticas que caminen en esta dirección, se va a contribuir a reducir el impacto negativo de los productos

químicos de manera paulatina en las zonas de producción agrícola al ofrecer a los productores nuevas alternativas que se encuentren al alcance económico de los mismos.

- Establecer un diseño experimental que permita evaluar el efecto de la producción de plantines de tomate de la variedad Valiente dentro de un ambiente artificial como un invernadero versus la producción de plantines en un ambiente abierto. Esto tendrá el propósito de determinar las condiciones óptimas de humedad relativa, temperatura y radiación solar para el desarrollo de los plantines de tomate.
- Debido al potencial que esta investigación representa para una adopción de prácticas agroecológicas, se recomienda iniciar la próxima investigación con la inoculación de Micorrizas a la raíz de los plantines de tomate previo al trasplante y la inoculación del suelo con Trichodermas; e incluir la fase productiva de la planta de tomate, con el fin de conocer las interacciones fúngicas dentro de todo su desarrollo; así como también los rendimientos en cosecha que se obtengan.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Abello, J. F.; Kelemu, S. 2007. Hongos endófitos: ventajas adaptativas que habitan en el interior de las plantas. (en línea). Revista Ciencia Y Tecnología Agropecuaria, 7(2): 55-57. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol7\\_num2\\_art:70](https://doi.org/10.21930/rcta.vol7_num2_art:70)
- Alfonso, E; Leyva, A; Hernández, A. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) (en línea). Revista Colomb. Biotecnol. 7(2): 47-54. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/498/892>
- Betancourt Tituaña, HF. 2020. Sinergismo entre hongos micorrícicos y *Trichoderma harzianum* en el control del nematodo *Nacobbus aberrans* en plantas de tomate

(*Solanum lycopersicum L.*) (en línea). Tesis M. Sc. Buenos Aires, Argentina, UNLP. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/101157>

Blanco, M; Zelaya, L; Ordoñez, C; Arteaga, G. 2020. Evaluación de hongos rizosféricos de maíz que inhiben el crecimiento de *Fusarium spp.* (en línea). Revista Simposio Internacional de Recursos Genéticos para las Américas y El Caribe 1(1): 1041-1045. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Mario-Blanco-Camarillo/publication/346673524\\_Evaluacion\\_de\\_hongos\\_rizosfericos\\_de\\_maiz\\_que\\_inhiben\\_el\\_crecimiento\\_de\\_Fusarium\\_spp/links/5fcdee6792851c00f858ab87/Evaluacion-de-hongos-rizosfericos-de-maiz-que-inhiben-el-crecimiento-de-Fusarium-spp.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mario-Blanco-Camarillo/publication/346673524_Evaluacion_de_hongos_rizosfericos_de_maiz_que_inhiben_el_crecimiento_de_Fusarium_spp/links/5fcdee6792851c00f858ab87/Evaluacion-de-hongos-rizosfericos-de-maiz-que-inhiben-el-crecimiento-de-Fusarium-spp.pdf)

Brancol, F; Salas, E. 1997. Micorrizas en la agricultura: Contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica (en línea). Revista Agronomía Costarricense 21(1): 55-57. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: <https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Micorrizas%20y%20nutricion%20mineral.pdf>

Callejas, G; Cisneros, C; Caicedo, L. 2018. Capacidad solubilizadora de fosfato de aluminio por hongos rizosféricos aislados de un Andisol colombiano (en línea). Revista Entramado 2(2): 218-227. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-38032018000200218&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-38032018000200218&script=sci_arttext)

Cano, M. 2011. Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma spp.* y *Pseudomonas spp.* (en línea). Revista U.D.C.A Act. & Div. Cient. 14 (2): 15-31. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/download/771/846?inline=1>

Chavarría Sánchez, MR. 2016. Evaluación de aislados nativos de *Trichoderma spp.* para el manejo de hongos causantes de mal del talluelo en tomate (*Solanum*

*lycopersicom L.*) (en línea). Tesis M. Sc., Managua, Nicaragua, UNA. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/3496/1/tnh20ch512e.pdf>

Córdova Zapata, MI. 2003. Biocontrol de *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici* por Trichozam® (*Trichoderma harzianum*) y Mycoral® (micorriza vesículo arbuscular) en el cultivo de tomate (en línea). Tesis Ing. Agr. Zamorano, Honduras, UZ. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/80aca7d3-7a58-4ad5-8163-8f2413628151/content>

Dreyer, B. 2007. La investigación de las micorrizas en El Salvador: una inversión para el desarrollo de la agricultura (en línea). Revista El Salvador ct. 12(16): 15-22. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: <http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2346/1/revista%20el%20salvador%20ct%20vol.%2012%20no.%2016%2006%202007%2015-22.pdf>

Fernández, C; Urdaneta, N; Silva, W; Poliszuk, H; Marín, M. 2006. Germinación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) cv Río Grande sembradas en bandejas plásticas, utilizando distintos sustratos (en línea). Revista de la Facultad de Agronomía 23(2): 188-196. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182006000200006](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000200006)

García, S; Beltrán, M; Villegas, H; Rebollar, A; Martínez, M; Carreón, Y. 2023. Hongos rizosféricos aislados de arándano y su efecto en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana L.* (en línea). Revista Fitotecnia Mexicana 46(3): (2023). Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802023000300263&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802023000300263&script=sci_arttext)

Guédez, C; Cañizales, L; Castillo, C; Olivar, R. 2012. Evaluación in vitro de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate (en línea). Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología 32(1): 44-49. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: <https://ve.scielo.org/pdf/rsvm/v32n1/art09.pdf>

- Luna, J; Cruz, E; Can, A. 2021. Piedra pómez, tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry (en línea). Revista Terra Latinoamericana 39(781): 2021. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792021000100122&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792021000100122&script=sci_arttext)
- Magdaleno, J; Peña, A; Castro, R; Castillo, A; Galvis, A; Ramírez, F; Hernández, B. 2006. Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa Brot.*) (en línea). Revista Chapingo 12(2): 223-229. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/609/60912214.pdf>
- Melis, OA. 2014. Evaluación del efecto del mulching, densidad y fecha de plantación sobre aspectos cuali-cuantitativos en tomate (*Solanum lycopersicum L.*) para industria en Yuto (Jujuy, Argentina) (en línea). Tesis M. Sc. Mendoza, Argentina, UNC. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/5451/INTA\\_CRLaPa\\_mpa-SanLuis\\_EEAAnquil\\_Melis\\_OA\\_Evaluaci%  
c3%b3n\\_del\\_efecto\\_del\\_mulching\\_de\\_nsidad\\_y\\_fecha\\_de\\_plantaci%  
c3%b3n\\_sobre\\_aspectos%20cuali\\_cuantitativos\\_e\\_n\\_tomate.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/5451/INTA_CRLaPa_mpa-SanLuis_EEAAnquil_Melis_OA_Evaluaci%c3%b3n_del_efecto_del_mulching_de_nsidad_y_fecha_de_plantaci%c3%b3n_sobre_aspectos%20cuali_cuantitativos_e_n_tomate.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Molina, L; Lussón, A; Ávila, Y; Cutiño, A; Bell, D. 2022. Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Glomus cubense* en la producción de plántulas de tomate (en línea). Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos 2(3), 42-48. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: <https://scholar.archive.org/work/6isubdmyoffpnbf75x6b3rtotm/access/wayback/https://revista.excedinter.com/index.php/rtest/article/download/54/51>
- Mujica Pérez, Y. 2012. Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) por dos vías diferentes en el cultivo del tomate (*Solanun lycopersicum L.*) (en línea). Revista Cultivos Tropicales 33(4), 71-76. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362012000400011&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362012000400011&lng=es&tlng=es)

- Mujica Pérez, Y.; Batlle Sales, J. 2013. Funcionamiento de la inoculación líquida con hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) (en línea). Revista Cultivos Tropicales, 34(4), 5-8. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362013000400001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000400001&lng=es&tlng=es).
- Mujica Pérez, Y.; Mena Echeverría, A.; Medina Carmona, A.; Rosales Jenquis, P. 2014. Respuesta de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) a la biofertilización líquida de *Glomus cubense* (en línea). Revista Cultivos Tropicales, 35(2): 21-26. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n2/ctr03214.pdf>
- OAS (Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C.). 1993. Publicaciones 1988-1993 (en línea). Washington, D.C., USA, OAS. 13 p. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea29s/oea29s.pdf>
- Ortega, L. 2010. Efecto de los sustratos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo condiciones de invernadero (en línea). Tesis M. Sc. Puebla, México, CP. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: [http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/70/Ortega\\_Martinez\\_LD\\_MC\\_EDAR\\_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/70/Ortega_Martinez_LD_MC_EDAR_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ortega, L; Sánchez, J; Ocampo, J; Sandoval, E; Salcido, B; Manzo, F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum Mill*) bajo condiciones de invernadero (en línea) Revista Ra Ximhai 6(3): 339-346. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: <https://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-18articulosPDF/02-Tomate%20bajo%20condiciones%20de%20invernadero.pdf>
- Osorio, N. 2009. Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. (en línea). Medellín, Colombia, Segundo seminario regional comité regional eje cafetero. 43–71 p. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4203/1/cap3.pdf>

- Pérez, E.; Rodríguez, Y.; Fernández, K.; de la Noval, B.; Hernández, A. 2015. Perception of arbuscular mycorrhizal fungussignals by tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) at initial stages of symbiosis establishment. (en línea). Revista Cultivos Tropicales, 36(3): 40-44 p. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362015000300006&lng=es&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000300006&lng=es&tlng=en).
- Preciado Rangel, P.; Fortis Hernández, M.; García Hernández, J.L.; Rueda Puente, E.O.; Esperanza Rivera, J.R.; Lara Herrera, A.; Segura Castruita, M.A.; Orozco Vidal, J.A. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero (en línea). Revista Interciencia 36(9): 689-693 p. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33921204009.pdf>
- Salas, J.; Sanabria, M.; Pire, R. 2001. Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos (en línea). Revista Bioagro, 13(3): 99-104 p. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/857/85713302.pdf>
- Sánchez, R; Sánchez, B; Sandoval, Y; Ulloa, A; Armendáriz, B; García, M; Macías, M. 2013. Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina (en línea). Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 16(2):132-146. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revespciequibio/cqb-2013/cqb132f.pdf>
- Villegas, O; Sánchez, P; Baca, G; Rodríguez, M; Trejo, C; Sandoval, M; Cárdenas, E. 2005. Crecimiento y estado nutrimental de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico (en línea). Revista Terra Latinoamericana 23(1): 49-56. Consultado 27 abr. 2024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57323107.pdf>
- Vitelio, C.; Saavedra del Real, G. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas en su manejo (en línea). Revista IDESIA (Chile) 25(3): 47-58 p. Consultado 15 abr. 2024. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292007000300006&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292007000300006&script=sci_arttext&tlng=pt)

## ANEXOS



*Anexo 1. Inoculación de semillas de tomate con esporas de micorrizas*



*Anexo 2. Semilla de tomate inoculada con esporas de micorrizas*



*Anexo 3. Siembra de semilla de tomate inoculada con micorriza en bandejas*



*Anexo 4. Establecimiento del experimento en condiciones de campo abierto*



Anexo 5. Refuerzo de Trichoderma utilizando el producto BioTRICH T-90



Anexo 6. Medición de las variables morfológicas de los plantines de tomate



Anexo 7. Extracción de los plantines luego de 21 días de crecimiento y clasificación

**Altura de la planta (cm) Longitud radicular (cm) Número de grupo de hojas Diámetro del tallo basal (cm) Diámetro del tallo apical (cm) Peso fresco total de la plántula (g) Peso fresco aéreo de la plántula (g) Peso fresco radicular (g) Peso seco total (g) Peso seco aéreo (g) Peso seco radicular (g) \* VARIEDAD**

VARIEDAD		Altura de la planta (cm)	Longitud radicular (cm)	Número de grupo de hojas	Diámetro del tallo basal (cm)	Diámetro del tallo apical (cm)	Peso fresco total de la plántula (g)	Peso fresco aéreo de la plántula (g)	Peso fresco radicular (g)	Peso seco total (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radicular (g)
T. Pony	Mean	8.4208	6.8569	2.4427	2.3492	1.7934	1.6214	.9804	.6417	.1726	.0794	.1109
	N	192	144	192	192	192	144	144	144	144	144	144
	Std. Deviation	4.84942	1.57692	.84806	.82007	.75854	1.19425	.87912	.39222	.12825	.09108	.12450
	Minimum	1.80	3.00	.00	1.05	.50	.08	.04	.03	.01	.00	.00
	Maximum	19.40	12.00	4.00	3.90	3.15	5.81	3.32	2.70	.82	.90	.99
T. Valiente	Mean	8.9781	6.6604	2.5156	2.4086	1.8849	1.6526	1.0952	.5701	.1744	.0866	.0883
	N	192	144	192	192	192	144	144	144	144	144	144
	Std. Deviation	4.94099	1.34784	.88606	.81840	.79730	1.27916	.98217	.35534	.12537	.06870	.06832
	Minimum	2.00	3.70	1.00	.70	.60	.14	.04	.05	.01	.01	.01
	Maximum	20.50	11.70	5.00	3.90	3.40	5.29	3.76	1.93	.59	.29	.35
Total	Mean	8.6995	6.7587	2.4792	2.3789	1.8391	1.6370	1.0378	.6059	.1735	.0830	.0996
	N	384	288	384	384	384	288	288	288	288	288	288
	Std. Deviation	4.89698	1.46760	.86690	.81871	.77849	1.23538	.93222	.37530	.12660	.08060	.10088
	Minimum	1.80	3.00	.00	.70	.50	.08	.04	.03	.01	.00	.00
	Maximum	20.50	12.00	5.00	3.90	3.40	5.81	3.76	2.70	.82	.90	.99

**Anexo 8. Valores de las medias obtenidos según variedad de tomate**

**Altura de la planta (cm) Longitud radicular (cm) Número de grupo de hojas Diámetro del tallo basal (cm) Diámetro del tallo apical (cm) Peso fresco total de la plántula (g) Peso fresco aéreo de la plántula (g) Peso fresco radicular (g) Peso seco total (g) Peso seco aéreo (g) Peso seco radicular (g) \* RIEGO**

RIEGO		Altura de la planta (cm)	Longitud radicular (cm)	Número de grupo de hojas	Diámetro del tallo basal (cm)	Diámetro del tallo apical (cm)	Peso fresco total de la plántula (g)	Peso fresco aéreo de la plántula (g)	Peso fresco radicular (g)	Peso seco total (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radicular (g)
H2O	Mean	4.7021	7.1250	1.7865	1.6622	1.1740	.6513	.2629	.3883	.0951	.0299	.0724
	N	192	144	192	192	192	144	144	144	144	144	144
	Std. Deviation	1.46459	1.61230	.48130	.38701	.41805	.35668	.16103	.23178	.07504	.02293	.09834
	Minimum	1.80	3.70	.00	.70	.50	.08	.04	.03	.01	.00	.00
	Maximum	9.20	12.00	3.00	2.90	2.75	1.65	.81	1.25	.37	.10	.99
SN	Mean	12.6969	6.3924	3.1719	3.0956	2.5043	2.6227	1.8127	.8235	.2518	.1362	.1268
	N	192	144	192	192	192	144	144	144	144	144	144
	Std. Deviation	3.71693	1.20541	.55733	.40211	.38852	.98944	.71337	.36550	.11907	.08260	.09623
	Minimum	4.80	3.00	2.00	2.00	1.20	.46	.04	.17	.06	.03	.00
	Maximum	20.50	9.10	5.00	3.90	3.40	5.81	3.76	2.70	.82	.90	.70
Total	Mean	8.6995	6.7587	2.4792	2.3789	1.8391	1.6370	1.0378	.6059	.1735	.0830	.0996
	N	384	288	384	384	384	288	288	288	288	288	288
	Std. Deviation	4.89698	1.46760	.86690	.81871	.77849	1.23538	.93222	.37530	.12660	.08060	.10088
	Minimum	1.80	3.00	.00	.70	.50	.08	.04	.03	.01	.00	.00
	Maximum	20.50	12.00	5.00	3.90	3.40	5.81	3.76	2.70	.82	.90	.99

**Anexo 9. Valores de las medias obtenidos según la modalidad de riego**

**Altura de la planta (cm) Longitud radicular (cm) Número de grupo de hojas Diámetro del tallo basal (cm) Diámetro del tallo apical (cm) Peso fresco total de la plántula (g) Peso fresco aéreo de la plántula (g) Peso fresco radicular (g) Peso seco total (g) Peso seco aéreo (g) Peso seco radicular (g) \* SUSTRATO**

SUSTRATO		Altura de la planta (cm)	Longitud radicular (cm)	Número de grupo de hojas	Diámetro del tallo basal (cm)	Diámetro del tallo apical (cm)	Peso fresco total de la plántula (g)	Peso fresco aéreo de la plántula (g)	Peso fresco radicular (g)	Peso seco total (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radicular (g)
ST	Mean	10.6714	6.7875	2.6875	2.6519	2.0770	2.0772	1.3500	.7443	.2317	.1000	.1332
	N	192	144	192	192	192	144	144	144	144	144	144
	Std. Deviation	5.26518	1.31792	.81623	.74459	.68711	1.31392	1.03538	.37860	.13486	.06825	.08891
	Minimum	3.50	3.00	1.00	1.10	.60	.37	.16	.17	.01	.00	.03
	Maximum	20.50	12.00	5.00	3.90	3.40	5.81	3.76	2.70	.82	.29	.63
TB	Mean	6.7276	6.7299	2.2708	2.1059	1.6013	1.1968	.7256	.4676	.1153	.0660	.0660
	N	192	144	192	192	192	144	144	144	144	144	144
	Std. Deviation	3.54215	1.60755	.86804	.79991	.79337	.97279	.68982	.31746	.08461	.08832	.10122
	Minimum	1.80	3.10	.00	.70	.50	.08	.04	.03	.01	.00	.00
	Maximum	15.80	11.70	4.00	3.55	3.35	3.58	2.40	1.55	.34	.90	.99
Total	Mean	8.6995	6.7587	2.4792	2.3789	1.8391	1.6370	1.0378	.6059	.1735	.0830	.0996
	N	384	288	384	384	384	288	288	288	288	288	288
	Std. Deviation	4.89698	1.46760	.86690	.81871	.77849	1.23538	.93222	.37530	.12660	.08060	.10088
	Minimum	1.80	3.00	.00	.70	.50	.08	.04	.03	.01	.00	.00
	Maximum	20.50	12.00	5.00	3.90	3.40	5.81	3.76	2.70	.82	.90	.99

**Anexo 10. Valores de las medias obtenidos según el tipo de sustrato utilizado**

**Altura de la planta (cm) Longitud radicular (cm) Número de grupo de hojas Diámetro del tallo basal (cm) Diámetro del tallo apical (cm) Peso fresco total de la plántula (g) Peso fresco aéreo de la plántula (g) Peso fresco radicular (g) Peso seco total (g) Peso seco aéreo (g) Peso seco radicular (g) \* TRICHODERMAS**

TRICHODERMAS		Altura de la planta (cm)	Longitud radicular (cm)	Número de grupo de hojas	Diámetro del tallo basal (cm)	Diámetro del tallo apical (cm)	Peso fresco total de la plántula (g)	Peso fresco aéreo de la plántula (g)	Peso fresco radicular (g)	Peso seco total (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radicular (g)
NT	Mean	8.8370	6.8410	2.3958	2.3562	1.8116	1.6436	1.0581	.5984	.1817	.0894	.1040
	N	192	144	192	192	192	144	144	144	144	144	144
	Std. Deviation	5.18349	1.51373	.99716	.86324	.82002	1.22796	.93986	.37097	.12479	.09417	.10662
	Minimum	1.80	3.00	.00	.70	.50	.08	.04	.03	.01	.00	.00
	Maximum	20.50	11.70	5.00	3.90	3.30	4.77	3.76	1.75	.49	.90	.99
T	Mean	8.5620	6.6764	2.5625	2.4016	1.8667	1.6304	1.0176	.6135	.1652	.0767	.0951
	N	192	144	192	192	192	144	144	144	144	144	144
	Std. Deviation	4.60215	1.42048	.70618	.77322	.73574	1.24700	.92736	.38072	.12828	.06396	.09496
	Minimum	2.50	3.10	1.00	1.10	.60	.15	.04	.09	.01	.00	.02
	Maximum	19.00	12.00	4.00	3.90	3.40	5.81	3.36	2.70	.82	.29	.70
Total	Mean	8.6995	6.7587	2.4792	2.3789	1.8391	1.6370	1.0378	.6059	.1735	.0830	.0996
	N	384	288	384	384	384	288	288	288	288	288	288
	Std. Deviation	4.89698	1.46760	.86690	.81871	.77849	1.23538	.93222	.37530	.12660	.08060	.10088
	Minimum	1.80	3.00	.00	.70	.50	.08	.04	.03	.01	.00	.00
	Maximum	20.50	12.00	5.00	3.90	3.40	5.81	3.76	2.70	.82	.90	.99

**Anexo 11. Valores de las medias obtenidos según la aplicación o no de Trichoderma al sustrato**

**Altura de la planta (cm) Longitud radicular (cm) Número de grupo de hojas Diámetro del tallo basal (cm) Diámetro del tallo apical (cm) Peso fresco total de la plántula (g) Peso fresco aéreo de la plántula (g) Peso fresco radicular (g) Peso seco total (g) Peso seco aéreo (g) Peso seco radicular (g) \* MICORRIZAS**

MICORRIZAS		Altura de la planta (cm)	Longitud radicular (cm)	Número de grupo de hojas	Diámetro del tallo basal (cm)	Diámetro del tallo apical (cm)	Peso fresco total de la plántula (g)	Peso fresco aéreo de la plántula (g)	Peso fresco radicular (g)	Peso seco total (g)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radicular (g)
M	Mean	8.7578	7.3486	2.4219	2.4205	1.8348	1.6027	1.0343	.5684	.1661	.0775	.0971
	N	192	144	192	192	192	144	144	144	144	144	144
	Std. Deviation	5.04343	1.49507	.82763	.83825	.77211	1.30934	.97508	.39619	.13047	.06328	.11314
	Minimum	2.00	3.10	1.00	1.05	.55	.08	.04	.03	.01	.00	.00
	Maximum	19.60	12.00	4.00	3.90	3.20	5.81	3.43	2.70	.82	.29	.99
NM	Mean	8.6411	6.1687	2.5365	2.3373	1.8435	1.6713	1.0413	.6435	.1808	.0885	.1021
	N	192	144	192	192	192	144	144	144	144	144	144
	Std. Deviation	4.75849	1.17756	.90300	.79871	.78682	1.16027	.89070	.35053	.12262	.09473	.08725
	Minimum	1.80	3.00	.00	.70	.50	.16	.06	.09	.01	.00	.01
	Maximum	20.50	10.00	5.00	3.70	3.40	4.70	3.76	1.75	.52	.90	.70
Total	Mean	8.6995	6.7587	2.4792	2.3789	1.8391	1.6370	1.0378	.6059	.1735	.0830	.0996
	N	384	288	384	384	384	288	288	288	288	288	288
	Std. Deviation	4.89698	1.46760	.86690	.81871	.77849	1.23538	.93222	.37530	.12660	.08060	.10088
	Minimum	1.80	3.00	.00	.70	.50	.08	.04	.03	.01	.00	.00
	Maximum	20.50	12.00	5.00	3.90	3.40	5.81	3.76	2.70	.82	.90	.99

**Anexo 12. Valores de las medias obtenidos según la inoculación o no de Micorrizas a las semillas de tomate**

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Altura de la planta (cm)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7667.488 <sup>a</sup>	5	1533.498	382.113	<.001
Intercept	29061.480	1	29061.480	7241.463	<.001
VARIEDAD	29.815	1	29.815	7.429	.007
RIEGO	6136.003	1	6136.003	1528.953	<.001
SUSTRATO	1493.104	1	1493.104	372.048	<.001
TRICHODERMAS	7.260	1	7.260	1.809	.179
MICORRIZAS	1.307	1	1.307	.326	.569
Error	1516.992	378	4.013		
Total	38245.960	384			
Corrected Total	9184.480	383			

a. R Squared = .835 (Adjusted R Squared = .833)

**Anexo 13. Análisis de varianza (ANVA) de Altura de la planta (cm)**

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Longitud radicular (cm)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	143.846 <sup>a</sup>	5	28.769	17.105	<.001
Intercept	13155.772	1	13155.772	7821.703	<.001
VARIEDAD	2.781	1	2.781	1.653	.200
RIEGO	38.647	1	38.647	22.977	<.001
SUSTRATO	.239	1	.239	.142	.706
TRICHODERMAS	1.950	1	1.950	1.160	.282
MICORRIZAS	100.229	1	100.229	59.591	<.001
Error	474.312	282	1.682		
Total	13773.930	288			
Corrected Total	618.158	287			

a. R Squared = .233 (Adjusted R Squared = .219)

Anexo 14. Análisis de varianza (ANVA) de Longitud radicular (cm)

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Número de grupo de hojas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	205.365 <sup>a</sup>	5	41.073	188.260	<.001
Intercept	2360.167	1	2360.167	10817.952	<.001
VARIEDAD	.510	1	.510	2.340	.127
RIEGO	184.260	1	184.260	844.568	<.001
SUSTRATO	16.667	1	16.667	76.393	<.001
TRICHODERMAS	2.667	1	2.667	12.223	<.001
MICORRIZAS	1.260	1	1.260	5.777	.017
Error	82.469	378	.218		
Total	2648.000	384			
Corrected Total	287.833	383			

a. R Squared = .713 (Adjusted R Squared = .710)

Anexo 15. Análisis de varianza (ANVA) de Número de grupo de hojas

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Diámetro del tallo basal (cm)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	227.041 <sup>a</sup>	5	45.408	578.357	<.001
Intercept	2173.131	1	2173.131	27678.873	<.001
VARIEDAD	.338	1	.338	4.311	.039
RIEGO	197.227	1	197.227	2512.049	<.001
SUSTRATO	28.613	1	28.613	364.435	<.001
TRICHODERMAS	.198	1	.198	2.522	.113
MICORRIZAS	.665	1	.665	8.470	.004
Error	29.678	378	.079		
Total	2429.849	384			
Corrected Total	256.718	383			

a. R Squared = .884 (Adjusted R Squared = .883)

Anexo 16. Análisis de varianza (ANVA) de Diámetro del tallo basal (cm)

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Diámetro del tallo apical (cm)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	192.731 <sup>a</sup>	5	38.546	369.939	<.001
Intercept	1298.856	1	1298.856	12465.482	<.001
VARIEDAD	.804	1	.804	7.715	.006
RIEGO	169.908	1	169.908	1630.649	<.001
SUSTRATO	21.722	1	21.722	208.470	<.001
TRICHODERMAS	.291	1	.291	2.792	.096
MICORRIZAS	.007	1	.007	.070	.792
Error	39.386	378	.104		
Total	1530.974	384			
Corrected Total	232.118	383			

a. R Squared = .830 (Adjusted R Squared = .828)

Anexo 17. Análisis de varianza (ANVA) de Diámetro del tallo apical (cm)

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peso fresco total de la plántula (g)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	336.050 <sup>a</sup>	5	67.210	185.895	<.001
Intercept	771.787	1	771.787	2134.669	<.001
VARIEDAD	.070	1	.070	.194	.660
RIEGO	279.819	1	279.819	773.946	<.001
SUSTRATO	55.810	1	55.810	154.363	<.001
TRICHODERMAS	.013	1	.013	.035	.852
MICORRIZAS	.339	1	.339	.937	.334
Error	101.957	282	.362		
Total	1209.794	288			
Corrected Total	438.007	287			

a. R Squared = .767 (Adjusted R Squared = .763)

Anexo 18. Análisis de varianza (ANVA) de Peso fresco total de la plántula (g)

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peso fresco aéreo de la plántula (g)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	202.073 <sup>a</sup>	5	40.415	240.744	<.001
Intercept	310.192	1	310.192	1847.771	<.001
VARIEDAD	.949	1	.949	5.652	.018
RIEGO	172.934	1	172.934	1030.142	<.001
SUSTRATO	28.069	1	28.069	167.202	<.001
TRICHODERMAS	.118	1	.118	.703	.402
MICORRIZAS	.004	1	.004	.021	.885
Error	47.340	282	.168		
Total	559.605	288			
Corrected Total	249.413	287			

a. R Squared = .810 (Adjusted R Squared = .807)

Anexo 19. Análisis de varianza (ANVA) de Peso fresco aéreo de la plántula (g)

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peso fresco radicular (g)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	19.942 <sup>a</sup>	5	3.988	54.918	<.001
Intercept	105.742	1	105.742	1455.981	<.001
VARIEDAD	.369	1	.369	5.082	.025
RIEGO	13.637	1	13.637	187.774	<.001
SUSTRATO	5.514	1	5.514	75.923	<.001
TRICHODERMAS	.016	1	.016	.225	.636
MICORRIZAS	.406	1	.406	5.587	.019
Error	20.481	282	.073		
Total	146.165	288			
Corrected Total	40.423	287			

a. R Squared = .493 (Adjusted R Squared = .484)

Anexo 20. Análisis de varianza (ANVA) de Peso fresco radicular (g)

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peso seco total (g)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.778 <sup>a</sup>	5	.556	86.010	<.001
Intercept	8.667	1	8.667	1341.619	<.001
VARIEDAD	.000	1	.000	.036	.849
RIEGO	1.767	1	1.767	273.566	<.001
SUSTRATO	.975	1	.975	150.985	<.001
TRICHODERMAS	.020	1	.020	3.045	.082
MICORRIZAS	.016	1	.016	2.416	.121
Error	1.822	282	.006		
Total	13.266	288			
Corrected Total	4.600	287			

a. R Squared = .604 (Adjusted R Squared = .597)

Anexo 21. Análisis de varianza (ANVA) de Peso seco total (g)

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peso seco aéreo (g)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.921 <sup>a</sup>	5	.184	55.044	<.001
Intercept	1.985	1	1.985	593.187	<.001
VARIEDAD	.004	1	.004	1.101	.295
RIEGO	.814	1	.814	243.211	<.001
SUSTRATO	.083	1	.083	24.811	<.001
TRICHODERMAS	.012	1	.012	3.475	.063
MICORRIZAS	.009	1	.009	2.623	.106
Error	.944	282	.003		
Total	3.850	288			
Corrected Total	1.865	287			

a. R Squared = .494 (Adjusted R Squared = .485)

Anexo 22. Análisis de varianza (ANVA) de Peso seco aéreo (g)

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Peso seco radicular (g)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.583 <sup>a</sup>	5	.117	14.070	<.001
Intercept	2.856	1	2.856	344.547	<.001
VARIEDAD	.037	1	.037	4.452	.036
RIEGO	.213	1	.213	25.747	<.001
SUSTRATO	.325	1	.325	39.250	<.001
TRICHODERMAS	.006	1	.006	.686	.408
MICORRIZAS	.002	1	.002	.217	.642
Error	2.338	282	.008		
Total	5.777	288			
Corrected Total	2.921	287			

a. R Squared = .200 (Adjusted R Squared = .185)

Anexo 23. Análisis de varianza (ANVA) de Peso seco radicular (g)