REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas

Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica

"ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE MICORRIZAS ENDÉMICAS ASOCIADAS A PLANTAS DEL GÉNERO *Solanum* PROVENIENTES DEL DESIERTO DE LA JOYA Y EVALUACIÓN DE SU EFECTO EN TOMATE COMERCIAL BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO"

Tesis presentada por el Bachiller:

Vega Herrera, Sergio Sebastian

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Biotecnólogo

Asesor:

Mg. Sc. Bardales Álvarez, Roxana Margarita

AREQUIPA-PERÚ

2019

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA
Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas
Escuela Profesional de Ingeniería Biotecnológica

Expediente N°.**20180000041967**
N° Trámite en Fac. **406-2018**
Fecha Recep. Fac. **17-09-2018**

FORMATO UNICO PARA TRAMITACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

DE: ***VEGA HERRERA, Sergio Sebastian***

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE **INGENIERO BIOTECNOLOGO**

"AISLAMIENTO, IDENTIFICACION Y CULTIVO DE HONGOS MICORRIZICOS PROVENIENTES DE PLANTAS DE TOMATE (Lycopersicum sp.) DEL DESIERTO DE LA JOYA BAJO CFONDICIONES CONTROLADAS"

DICTAMINADORES: ***Ing. Cinthia Córdova Barrios*** ***2) Mgter. Jeaneth Medina Pérez***

DICTAMEN DE PLAN: Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, en atención a su designación, el Jurado Dictaminador del Plan de Tesis informa que: hechas las observaciones y subsanadas las correcciones; consideramos se encuentra APTO para continuar con el trámite de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad

Atentamente
FIRMAS: FECHA 09/10/2018

ASESOR: ***Mgter. Roxana Bardales Álvarez***

DICTAMEN ASESORÍA: Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, en atención a su designación como asesora del trabajo de investigación presentado por el recurrente, tengo a bien informar que luego de verificado el cumplimiento de los objetivos y la redacción del informe con los resultados, discusión y conclusiones correspondientes y debiendo cambiar el título a: ***"ANALISIS DE LA DIVERSIDAD DE MICORRIZAS ENDEMICAS ASOCIADAS A PLANTAS DEL GENERO SOLANUM PROVENIENTES DEL DESIERTO DE LA JOYA Y EVALUACION DE SU EFECTO EN TOMATE COMERCIAL BAJO CONDICIONES DE IN VITRO E INVERNADERO"***, considero que el presente trabajo está APTO para continuar con el trámite, en conformidad al Reglamento de Grados y Títulos de nuestra Facultad
Atentamente

FIRMA FECHA 30/10/2019

DICTAMINADORES BORRADOR DE TESIS:

1) ***Ing. Cinthia Córdova Barrios***
2) ***Mgter. Jaime Barreda del Carpio***
3) ***Mgter. José Carpio Carpio***

DICTAMEN FINAL: Señor Decano de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas, atendiendo a su designación como Dictaminadores del presente Borrador de Tesis sugiriendo se cambie el título a: ***"ANALISIS DE LA DIVERSIDAD DE MICORRIZAS ENDEMICAS ASOCIADAS A PLANTAS DEL GENERO Solanum PROVENIENTES DEL DESIERRO DE LA JOYA Y EVALUACION DE SU EFECTO EN TOMATE COMERCIAL BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO"*** y luego de hechas las observaciones y correcciones pertinentes, cumpliendo con las exigencias mínimas establecidas para un trabajo de investigación de Tesis profesional, por lo que consideramos APTO para continuar con los trámites estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad.
Atentamente

FIRMA FECHA 25-11-19

JURADOS: PRESIDENTE ING. CINTHIA CORDOVA BARRIOS
VOCAL MAG. JAIME BARREDA DEL CARDIO
SECRETARIO MAG. JOSE CARDIO CARDIO

FECHA 10/12/19 HORA 15.30 LOCAL C-402

10 3 DIC 2019

FIRMA DEL DECANO FECHA

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

A mi madre, padre y familiares

que me alentaron y apoyaron para

la realización de este trabajo.

Al Mg. Sc. Saúl Pérez

por las recomendaciones y apoyo.

A Nelly por su compañía

y cooperación en este trabajo.

"Las plantas no tienen raíces,

tienen micorrizas"

J. L. Harley

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO iv
INDICE DE FIGURAS viii
INDICE DE TABLAS x
LISTA DE ABREVIATURAS xii
RESUMEN xiii
ABSTRACT xv
INTRODUCCIÓN xvi
HIPOTESIS xvii
OBJETIVOS xviii
OBJETIVO GENERAL xviii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS xviii
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES xix
CAPITULO I 1
MARCO TEÓRICO 1
1. MICORRIZAS 1
1.1. GENERALIDADES 1
1.2. TIPOS DE MICORRIZAS 1
1.2.1. ECTOMICORRIZAS 1
1.2.2. ENDOMICORRIZAS 2
a) Arbúsculares 2
b) Ericoide 2
c) Arburtoides 2
d) Monotropoides 2
e) Orquidoide 2
1.2.3. ECTOENDOMICORRIZAS 3

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3. VESÍCULO-ARBÚSCULARES 3
1.3.1. CLASIFICACIÓN Y TAXONOMÍA 4
1.3.2. DISTRIBUCIÓN Y ECOLOGÍA DE MICORRIZAS 7
1.3.3. SIMBIOSIS MICORRÍCICA 8
1.3.4. CICLO DE VIDA DE LAS MICORRIZAS 9
1.3.5. BENEFICIOS DE LAS MICORRIZAS 10
1.4. *Solanum lycopersicum* (TOMATE) 10
1.4.1. GENERALIDADES 10
1.4.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA 10
1.4.3. TAXONOMÍA 11
1.4.4. CICLO FENOLÓGICO 11
1.4.5. NUTRICIÓN Y DEFICIENCIAS 12
1.5. DESIERTO PAMPAS DE LA JOYA 13
1.6. ANALISIS DE DIVERSIDAD 14
1.6.1. DIVERSIDAD ALFA 14
1.6.2. DIVERSIDAD BETA 14
1.6.3. DIVERSIDAD GAMA 14
CAPITULO II 15
MATERIALES Y MÉTODOS 15
2. MATERIALES 15
2.1. MATERIAL DE VIDRIO 15
2.2. EQUIPOS DE LABORATORIO 15
2.3. REACTIVOS 16
2.4. OTROS 17
2.5. AMBIENTES DE TRABAJO 17
2.6. MÉTODOS 18

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.6.1. DESCRIPCION DE ZONAS DE MUESTREO 18

2.6.1.1. RECOLECCIÓN DE MUESTRA 18

2.6.1.2. ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS 19

2.6.2. ANALISIS DE DIVERSIDAD 19

2.6.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MICORRIZAS SOBRE *SOLANUM LYCOPERSICUM* EN CONDICIONES DE INVERNADERO . 22

a) Cultivo de micorrizas 22

b) Densidad de esporas 22

c) Diseño experimental 22

d) Clarificación y tinción de raíces 24

e) Determinación de porcentaje de colonización 24

CAPITULO III 26

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 26

3.1. DESCRIPCION DE ZONAS DE MUESTREO 26

3.2. ÁNALISIS DE DIVERSIDAD 30

3.2.1. ANALISIS ECOLÓGICO 30

3.2.2. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES 34

3.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MICORRIZAS SOBRE *SOLANUM LYCOPERSICUM* EN CONDICIONES DE INVERNADERO 36

CONCLUSIONES 62

SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES 63

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 64

ANEXOS

ANEXO I: ÁNALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA ZONA A

ANEXO II: ÁNALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA ZONA B

ANEXO III: ÁNALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA ZONA C

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO IV: ANOVAS PARA NÚMERO DE HOJAS – INVERNADERO

ANEXO V: ANOVAS PARA TAMAÑO DE HOJAS – INVERNADERO

ANEXO VI: ANOVAS PARA TAMAÑO DE PARTE AÉREA – INVERNADERO

ANEXO VII: ANOVAS PARA TAMAÑO DE RAÍZ – INVERNADERO

ANEXO VIII: ANOVAS PARA NÚMERO DE RAÍCES – INVERNADERO

ANEXO IX: ANOVAS PARA DIAMETRO DE RAÍZ – INVERNADERO

ANEXO X: ANOVAS PARA PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN – INVERNADERO

ANEXO XI: ANOVAS PARA PESO FRESCO DE HOJAS – INVERNADERO

ANEXO XII: ANOVAS PARA PESO SECO DE HOJAS – INVERNADERO

ANEXO XIII: ANOVAS PARA PESO FRESCO DE TALLO – INVERNADERO

ANEXO XIV: ANOVAS PARA PESO SECO TALLO – INVERNADERO

ANEXO XV: CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

ANEXO XVI: COMPOSICIÓN DE POLIVINIL LACTOGLICEROL (PVLG)

ANEXO XVII: COMPOSICIÓN DEL REAGENTE DE MELZER

ANEXO XVIII: ECUACIONES PARA LOS ÍNDICES

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de micorrizas. 3
Figura 2. Endomicorriza vesículo-arbúscular 4
Figura 3. Árbol filogenético de Glomerycota. 5
Figura 4. Tipos de paredes reconocidas en micorrizas arbúsculares. 6
Figura 5. Relación simbiótica entre plantas y micorrizas en un ecosistema. 8
Figura 6. Ciclo de vida de la micorriza arbúscular. 9
Figura 7. Características botánicas del tomate 11
Figura 8. Etapas fenológicas del tomate. 12
Figura 9. Zonas de búsquedas vistas por Google Earth. 18
Figura 10. Proceso de aislamiento de micorrizas 20
Figura 11. Vouchers de micorrizas 21
Figura 12. Producto de micorriza comercial, Raíz-Forte. 24
Figura 13. Croquis diseño factorial completamente aleatorio. 25
Figura 14. Solanum pseudocapsicum L.. 26
Figura 15. Descripción geográfica de cada zona.. 29
Figura 16. Graficas de riqueza y abundancia. 31
Figura 17. Curva de acumulación de especies 33
Figura 18. HMA encontradas por zonas. 34
Figura 19. Esporas identificadas.. 35
Figura 20. Esporas no identificadas 35
Figura 21.Cuadros de número de hojas. 38
Figura 22. Cuadros de tamaño de hojas. 40
Figura 23. Cuadros de tamaño de parte aérea.. 42
Figura 24. Cuadros de tamaño de raíz. 44
Figura 25. Cuadros de número de raíces. 46
Figura 26. Cuadros de diámetro de raíz.. 48
Figura 27. Cuadros de porcentaje de colonización. 50
Figura 28. Cuadros de peso fresco de hojas. 52
Figura 29. Cuadros de peso seco de hojas 54
Figura 30. Cuadros de peso fresco de tallo. 56
Figura 31. Cuadros de peso seco de tallo. 58

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 32. Raíces colonizadas por HMA. 60
Figura 33. Plantas de Solanum lycopersicum, con micorriza nativa y con micorriza comercial. 61

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de variables xix
Tabla 2. Número de micorrizas vesículo-arbúsculares reportadas por periodos 7
Tabla 3. Absorción de nutrimentos en cada etapa fenológica 12
Tabla 4. Deficiencia del cultivo de tomate por cada nutrimento 13
Tabla 5. Descripción de factores, niveles y tratamientos 23
Tabla 6. Descripción de muestreo por zona 27
Tabla 7. Locación y características físico químicas de cada zona de muestreo 28
Tabla 8. Parámetros ecológicos de las comunidades de micorrizas arbúsculares para cada zona 31
Tabla 9. Valores de abundancia, abundancia relativa y frecuencia de aislamiento de las micorrizas en cada zona de muestreo 32
Tabla 10. Número de hojas de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 37
Tabla 11. Número de hojas de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación. 38
Tabla 12. Tamaño de hojas (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 39
Tabla 13. Tamaño de hojas (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación. 40
Tabla 14. Tamaño de parte aérea (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 41
Tabla 15. Tamaño de parte aérea de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación. 42
Tabla 16. Tamaño de raíz (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 43
Tabla 17. Tamaño de raíz (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación. 44
Tabla 18. Número de raíces de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 45
Tabla 19. Número de raíces de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación. 46

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 20. Diámetro de raíz (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 47
Tabla 21. Diámetro de raíz (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación. 48
Tabla 22. Porcentaje de colonización de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 49
Tabla 23. Porcentaje de colonización de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación. 50
Tabla 24. Peso fresco hojas (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 51
Tabla 25. Peso fresco hojas (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación. 52
Tabla 26. Peso seco hojas (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 53
Tabla 27. Peso fresco hojas (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación. 54
Tabla 28. Peso fresco tallo (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 55
Tabla 29. Peso fresco tallo (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación. 56
Tabla 30. Peso seco tallo (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación. 57
Tabla 31. Peso seco tallo (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación 58

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

LISTA DE ABREVIATURAS

HMA: Hongos micorrizicos arbúsculares.

GPS: Global positioning system.

HUSA: Herbarium arequipensis.

UCSM: Universidad Católica de Santa María.

UNSA: Universidad Nacional de San Agustín.

PVLG: Polivinil lactoglicerol.

S: Riqueza.

nE: Abundancia.

P: Abundancia relativa.

H: Índice Shannon-Wiener - diversidad.

D: Índice de Simpson – dominancia.

J: Equitatividad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

Los hongos micorrícicos o conocidas generalmente como micorrizas poseen una relación simbiótica tipo mutualista con las plantas, siendo la simbiosis más abundante sobre la superficie terrestre. Las micorrizas cumplen un rol importante en la evolución de las plantas debido al transporte de nutrientes al interior de las células de la raíz de la planta; además de atribuirles resistencia contra factores bióticos y abióticos. En el desierto de La Joya se localizó tres zonas con presencia de la planta *Solanum pseudocapsicum* L. Se realizó un análisis ecológico para cada zona determinando la riqueza, el índice de diversidad de Shannon-Wiener, índice de dominancia de Simpson y índice de equitatividad; además se determinó otros factores como abundancia, abundancia relativa, frecuencia de aislamiento y el desarrollo de una curva de acumulación. Se determinó una riqueza total de 14 especies de micorrizas; 8 especies presentes en la zona A, 4 especies presentes en la zona B y 5 especies presentes en la zona C; de las 14 especies se logró identificar 8 micorrizas a nivel de genero pertenecientes a *Glomus, Gigaspora, Acaulospora, Diversispora* y *Ambispora*; y 6 especies que no lograron identificarse. Los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener fueron de 1.273, 0.8462 y 1.151 para las zonas A, B y C

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

respectivamente; los valores del índice de dominancia de Simpson fueron de 0.5605, 04744 y 0.5727 para las zonas A, B y C respectivamente; los valores del índice de equitatividad fueron 0.612, 0.6104 y 0.7153 para las zonas A, B y C respectivamente; la curva de acumulación de especies estimó un total de 23 especies para *Chao 2* y 21 especies para *Jack 1*.

Por otro lado, se evaluó la actividad de las micorrizas nativas en cultivo de *Solanum lycopersicum* comparándolas con un producto enriquecido con micorrizas comercial y sin micorrizas en condiciones de invernadero; en diferentes sustratos como turba, humus y turba-humus. Siendo el que mostró mejores resultados para los parámetros evaluados el tratamiento sin micorrizas y como mejor sustrato el de la turba.

Palabras clave: Micorrizas, *Solanum pseudocapsicum* L., análisis ecológico, actividad de micorrizas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

Mycorrhizal fungi or generally known as mycorrhizae have a mutualistic symbiotic relationship with plants, being the most abundant symbiosis on the earth's surface. Mycorrhizae play an important role in the evolution of plants due to the transport of nutrients into the cells of the root of the plant; In addition to attributing resistance against biotic and abiotic factors. In the desert of La Joya, three zones were found with the presence of the *Solanum pseudocapsicum* L. plant. An ecological analysis was carried out for each zone, determining the wealth, the Shannon-Wiener diversity index, the Simpson dominance index and the equity index; In addition, other factors such as abundance, relative abundance, isolation frequency and the development of an accumulation curve were determined. A total wealth of 14 species of mycorrhizae was determined; 8 species present in zone A, 4 species present in zone B and 5 species present in zone C; of the 14 species it was possible to identify 8 mycorrhizae at the genus level belonging to *Glomus, Gigaspora, Acaulospora, Diversispora* and *Ambispora*; and 6 species that failed to identify. The values of the Shannon-Wiener diversity index were 1,273, 0.8462 and 1,151 for zones A, B and C respectively; Simpson dominance index values were 0.5605, 04744 and 0.5727 for zones A, B and C respectively; Equity index values were 0.612, 0.6104 and 0.7153 for zones A, B and C respectively; The species accumulation curve estimated a total of 23 species for Chao 2 and 21 species for Jack 1.

On the other hand, the activity of native mycorrhizae in *Solanum lycopersicum* culture was evaluated by comparing them with a product enriched with commercial mycorrhizae and without mycorrhizae under greenhouse conditions; in different substrates such as peat, humus and peat-humus. Being the one that showed better results for the parameters evaluated the treatment without mycorrhizae and as the best substrate that of the peat.

Keywords: Mycorrhizae, *Solanum pseudocapsicum* L., Ecological analysis, mycorrhiza activity.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrícicos o mayormente conocidas como micorrizas poseen una relación simbiótica de tipo mutualista con más del 80% de las plantas terrestres[1]. Esta relación simbiótica es la más extendida en la naturaleza debido que las micorrizas están distribuidas en la mayoría de ecosistemas terrestres en el mundo[2], cumpliendo un rol importante en la evolución de las plantas varios años atrás[3]. Debido a que las micorrizas brindan su resistencia hacia las plantas a factores bióticos como abióticos[4], además de favorecer en el transporte de algunos nutrientes al interior de las células de la raíz[5]; por esas razones las micorrizas se las puede encontrar en ecosistemas extremos, amenazados o frágiles.

El Perú es un país conocido por tener numerosos ecosistemas; entre ellos ecosistemas extremos. El desierto de Pampas de La Joya es considerado como ecosistema extremo por ser un lugar seco y árido con temperaturas muy variantes[6], dentro del desierto de La Joya existen áreas donde se pueden apreciar diversas especies vegetales que logran emerger a tales condiciones, entre estas plantas podemos encontrar las que pertenecen al género *Solanum*, ya que este género se puede encontrar en lugares secos y con poca humedad[7]. En el desierto de La Joya se desconoce sobre la biodiversidad de micorrizas que pueden estar presentes ya que no existen reportes ni investigaciones que evidencien la presencia de micorrizas en el desierto.

Por lo que el presente trabajo de investigación pretende evidenciar la presencia de micorrizas asociadas a plantas pertenecientes al género *Solanum* que se encuentren en el desierto de Pampas de La Joya y ver cómo estas interactúan con la planta de *Solanum lycopersicum* (tomate comercial). Por otro lado, es importante conocer la diversidad de micorrizas sobretodo en el Perú donde las investigaciones sobre micorrizas es un área poco conocida ya que en la actualidad se van introduciendo nuevos géneros y especies, además de dar a conocer que estas pueden ser aplicadas en biotecnología vegetal, biotecnología agroindustrial y otros campos de aplicación como la recuperación de ecosistemas con suelos contaminados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

HIPOTESIS

Dado que las plantas del género *Solanum* se pueden encontrar en climas secos y áridos es posible encontrar plantas pertenecientes a dicho género en el desierto de La Joya, además que estas plantas puedan poseer micorrizas en su rizósfera ya que la mayoría de plantas terrestres presentan una relación simbiótica con hongos micorrízicos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar la diversidad de micorrizas endémicas asociadas a plantas del género *Solanum* provenientes del desierto de La Joya y evaluar su efecto en tomate comercial bajo condiciones de invernadero.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir la zona de muestreo con presencia de plantas *Solanum sp.* presentes en el desierto de La Joya.
2. Realizar un análisis ecológico e identificar las micorrizas presentes en las plantas de *Solanum sp*.
3. Evaluar el efecto de las micorrizas en el desarrollo de plantas tomate comercial *Solanum lycopersicum* (tomate comercial) bajo condiciones de invernadero

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Descripción de variables

Variables independientes	***Indicadores***	
Cultivo de *Solanum lycopersicum* en Invernadero	Micorriza nativa. Micorriza comercial. Sin micorrizas	Turba Humus Turba-Humus.
Variables dependientes	***Indicadores***	
Evaluación del desarrollo de planta de tomate en invernadero	• Longitud del tallo, cm. • Longitud de la raíz, cm. • Diámetro de la raíz, cm. • Numero de hojas. • Número de raíces. • Peso fresco, g. • Peso seco, g. • Porcentaje de colonización.	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1. MICORRIZAS

1.1.GENERALIDADES

Los hongos micorrízicos o conocidos comúnmente como micorrizas, probablemente descubiertas por Frank en 1885[8]; son estructuras fúngicas que poseen una relación simbiótica con el 80% de las plantas[1], y 92% de las familias de las plantas[9]; siendo esta la más extendida en la naturaleza[2]. La relación simbiótica que posee la micorriza con su hospedador es de tipo mutualista ya que los hongos necesitan de un hospedador fotosintético para poder multiplicarse recibiendo carbono, pero a su vez recompensa al hospedador con nitrógeno, fosforo[10] y entre otros elementos; también proporcionan resistencia a factores bióticos como abióticos[4].

1.2. TIPOS DE MICORRIZAS

Las micorrizas se clasifican según su mecanismo de invasión en el hospedador, siendo dos grupos existentes: ectomicorrizas (ectotróficas) y endomicorrizas (endotróficas). Este último se divide en varios subtipos: ectoendomicorrizas, arburtoides, monotropoides, ericoides, orquidoide y las vesículo-arbusculares[2], existiendo siete tipos de micorrizas tales como se muestran en la figura 1. Algunos autores consideran a las ectoendomicorrizas como un grupo distinto.

1.2.1. ECTOMICORRIZAS

Este tipo de micorrizas abarca el 2% de las plantas que poseen una relación simbiótica con hongos micorrícicos[11]. Las ectomicorrizas se caracterizan por la presencia de tres componentes estructurales: un manto fúngico que cubre la raíz, un laberinto de hifas dentro de las células epidermales y corticales llamada la red de Hartig y por ultimo hifas externas que se conectan con el suelo y los esporocarpos[2]. Las especies de plantas que poseen ectomicorrizas son especies forestales[2] especialmente en Pinaceae, Fagaceae y Betulaceae[12].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.2.2. ENDOMICORRIZAS

Las endomicorrizas son llamadas así por su mecanismo de invasión al interior de las células de la raíz. En este grupo de puede encontrar cinco tipos de micorrizas.

a) Arbúsculares

Este tipo de micorrizas es la más abundante, estando presentes en el 72% de las plantas[11]. Su nombre es debido a la formación de estructuras llamadas arbúsculos dentro de las células corticales de la raíz[2]. También se les conoce como vesículo-arbúsculares porque aparte de los arbúsculos también forman vesículas.

b) Ericoide

Las micorrizas ericoides están en el 1.5 % de las plantas[11]. Forman asociaciones simbióticas con plantas pertenecientes a la familia de las Ericaceae, Epacridaceae y Empetraceae[2]. Los hongos formadores de este tipo de micorrizas principalmente pertenecen a las Ascomycota y algunas Basidiomycota[13].

c) Arburtoides

Este tipo de micorrizas se encuentran en las plantas de las Ericaceae, generó *Arburtus* y *Arctostaphylos*; y de la sub-familia Pyrolae[2]. La diferencia de estas micorrizas comparadas con las ericoides por la restricción que poseen al penetrar la cobertura epidermal de la raíz y los hongos pertenecen a los basidiomicetos[2].

d) Monotropoides

Generalmente en plantas con ausencia de clorofila como las Monotropoideae, los hongos pertenecen a los basidiomicetos[2].

e) Orquidoide

Este tipo de micorrizas es común encontrarlas entre las Orchidaceae[2]. Estas micorrizas se encuentran en un 10% de las plantas que poseen simbiosis con hongos micorrícicos[11]. Los hongos que forman este tipo de micorrizas son Basidiomycota con un total estimado de 25000 hongos existentes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.2.3. ECTOENDOMICORRIZAS

Estos hongos fueron estudiados por Mikola y Laiho en 1965 en plantas del genero *Pinus*[2]. El micelio es típicamente café con dos formas de hifas; una oscura con paredes verucosas y la otra delgada con paredes suaves y hialinas[2]. Tambien poseen un manto bien desarrollado con la red de Hartig además de penetrar las células intracelulares de la raíz.

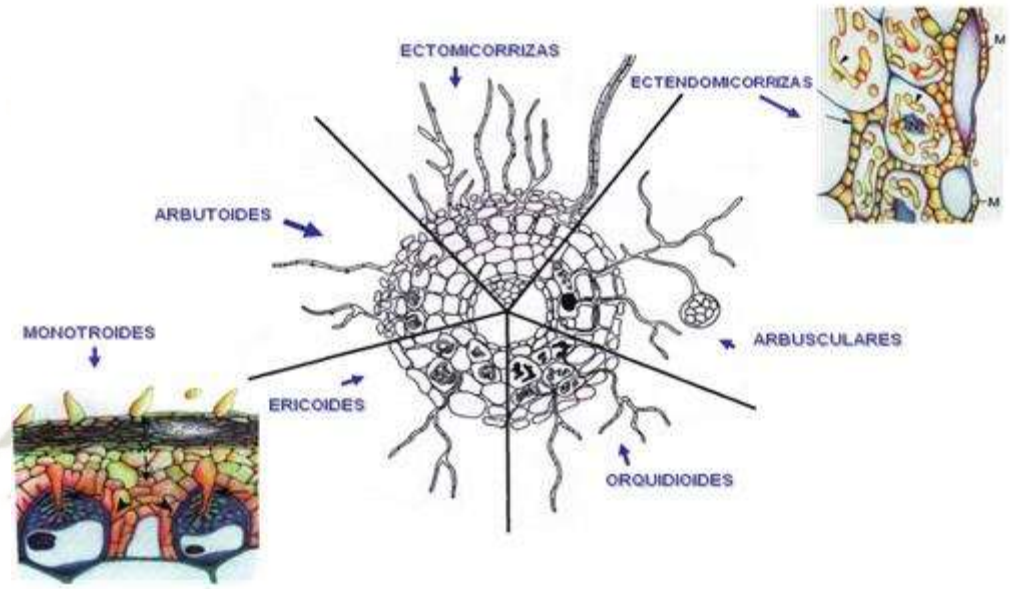

Figura 1. Tipos de micorrizas[14].

1.3.VESÍCULO-ARBÚSCULARES

Los hongos micorrícicos de tipo vesículo-arbúsculares son las más abundantes comparadas con los otros tipos de micorrizas, abarcando un 72 % del total de todas las plantas que poseen simbiosis con hongos formadores de micorrizas[11]. Estos hongos pertenecen a una división aparte llamada Glomerycota donde se registra cerca de 300 especies de micorrizas arbúsculares[15], abarcando el 9 – 55% de la biomasa total de microbioma del suelo[16]. Estas micorrizas se caracterizan por no poseer la red de Hartig, es decir no forman un manto con su micelio alrededor de la raíz; por lo contrario, invaden la corteza de la raíz intracelularmente formando vesículas o arbúsculos, es por eso su nominación. Los arbúsculos funcionan como órganos de intercambio entre la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

célula vegetal y el hongo; por otro lado, las vesículas actúan como almacén de nutrientes[17], donde la figura 2 representa las estructuras de las micorrizas arbúsculares. Sin embargo, no todas las especies de hongos forman vesículas por lo que generalmente se le conoce como micorrizas arbúsculares[18].

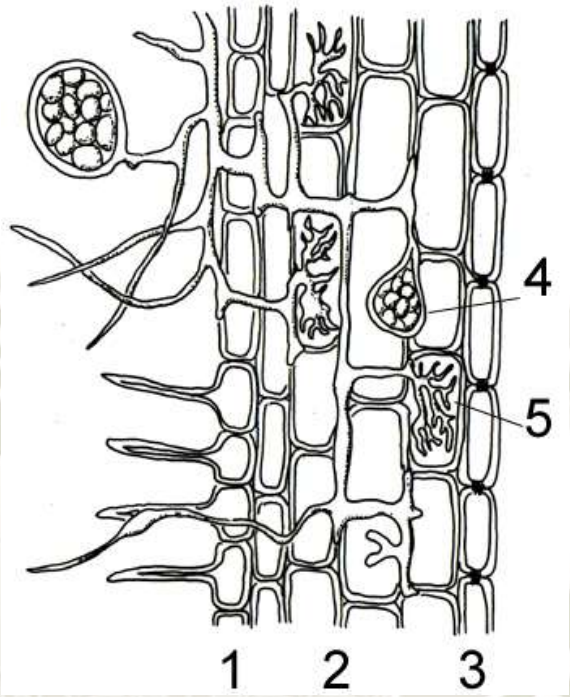

Figura 2. Endomicorriza vesículo-arbúscular 1) Epidermis; 2) Córtex; 3) Endodermis; 4) Vesícula y 5) Arbúsculo[19]

1.3.1. CLASIFICACIÓN Y TAXONOMÍA

Las micorrizas de tipo vesículo-arbúscular pertenecen a la división de la Glomerycota[15], con tres clases y cinco órdenes[20]. Adicionando la data hasta la fecha, actualmente contamos con 3 clases, 5 ordenes, 16 familias, 44 géneros y 317 especies[21,22], representadas en la figura3. Sin embargo, en la actualidad las investigaciones de biodiversidad en micorrizas vesículo-arbúsculares continúan; por lo que se van introduciendo nuevos géneros y especies.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

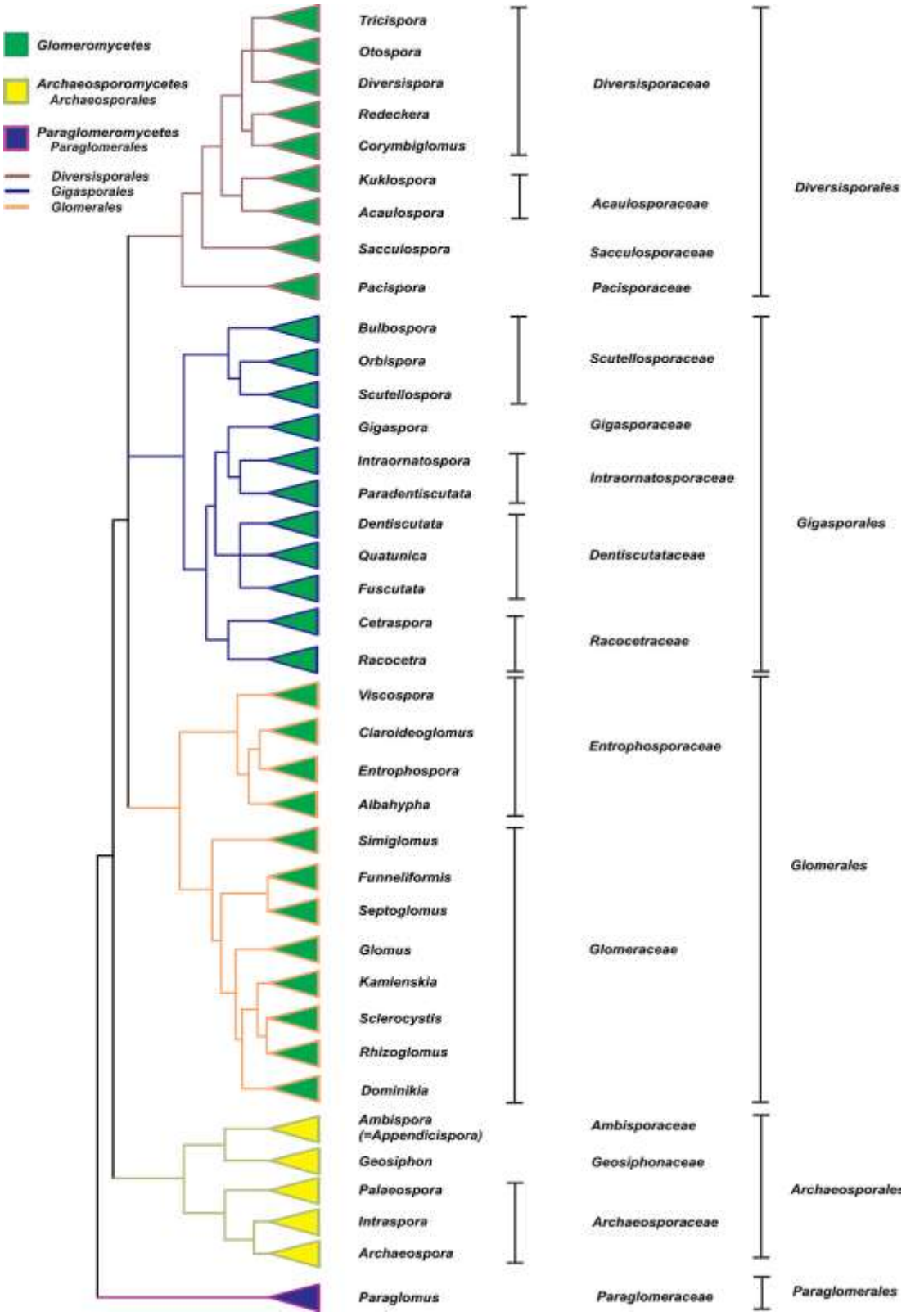

Figura 3. Árbol filogenético de Glomerycota[21].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La taxonomía de las micorrizas es un tema aun complicado entre taxónomos al momento de registrar una especie nueva, ya que para registrar una especie nueva se tiene que analizar detalladamente la estructura de la espora de la micorriza; además de apoyarse con técnicas moleculares y análisis filogenético para una correcta identificación[21]. Sin embargo, los criterios a considerar para una identificación taxonómica se basan en los caracteres morfológicos de la espora, entre las más importantes la pared celular de las esporas[23]. La pared celular de la espora puede tener de uno a tres paredes internas dependiendo la especie, estas paredes se les conocen como paredes germinales; existiendo varios tipos de estas[24], mostrándose los tipos de paredes en la figura 4.

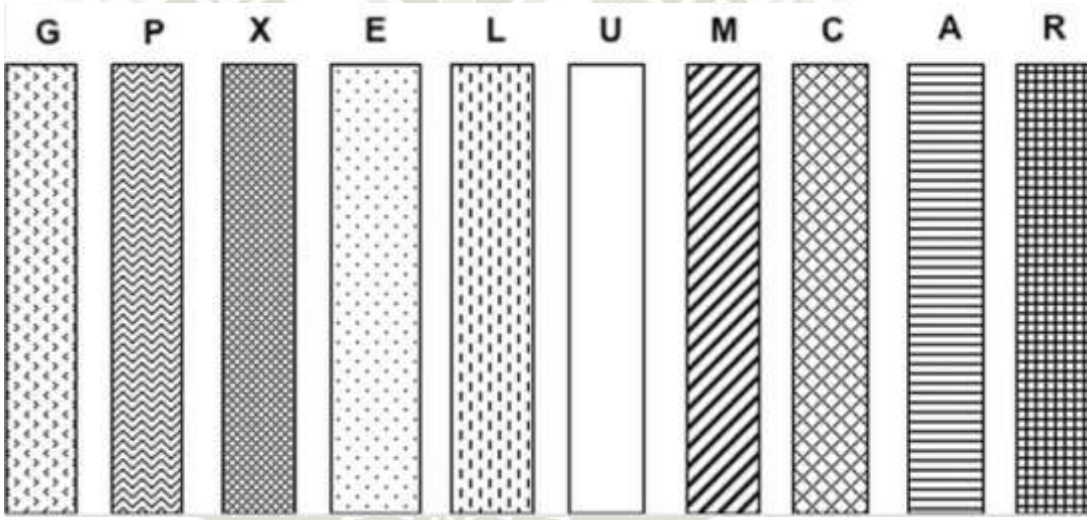

Figura 4. Tipos de paredes reconocidas en micorrizas arbúsculares. G: germinativa, P: perídio, X: expansiva, E: evanescente, L: laminada, U: unitária, M: membranosa, C: coríacea, A: amorfa y R: biselada[21]

Por otro lado, otras características presentes en las esporas también son consideraras para su identificación taxonómica como: tamaño de la espora, forma de la espora, color de la espora, las hifas germinativas de la espora, ornamentación, la reacción a agentes, germinación de esporas y entre otras[25].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3.2. DISTRIBUCIÓN Y ECOLOGÍA DE MICORRIZAS

Las micorrizas están ampliamente distribuidas a lo largo del planeta donde se estima que aproximadamente 50000 especies de hongos formadores de micorrizas poseen relación simbiótica con 250000 especies de plantas[13]. Las micorrizas están presentes desde hace 400 millones de años por lo que desempeñan un rol muy importante sobre el proceso evolutivo de las plantas manteniendo la estructura y diversidad sobre los ecosistemas[26]. Esto se debe a la capacidad que tienen las micorrizas de proporcionar resistencia a las plantas a condiciones adversas como salinidad, pH, sequia, extremas temperaturas[4]. Sin embargo, las micorrizas tienen una menor abundancia en ecosistemas con condiciones extremas en comparación con los ecosistemas bien conservados como bosques[4].

Tabla 2. Número de micorrizas vesículo-arbúsculares reportadas por periodos[27], modificado

Periodo	Número de especies de micorrizas vesículo-arbúsculares	Referencias
1845-1974	>30	Gerdemann y Trappe[28]
1975-1989	~97	Schenck y Perez[29]
1990-2000	39	Stürmer[30]
2001-2011	65	Oehl *et. al.*[31]
2012- 2014	~40	Goto B. T.[32]
2015-actualidad	~39	Goto y Jobim[21]
Total de especies	324	Goto y Jobim[21]

En el Perú, la distribución de micorrizas es poco conocida e investigada por lo que se ignora que especies de micorrizas puedan existir en una amplia cantidad de ecosistemas en el Perú[33]. En el último año, se investigó la amazonía peruana descubriendo tres nuevas micorrizas; *Funneliglomus sanmartinensis*[34], *Microkamienskia peruviana*[35] y *Acaulospora aspera*[36].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3.3. SIMBIOSIS MICORRÍCICA

El tipo de relación simbiótica que poseen las micorrizas con su hospedador es de tipo mutualista donde ambos individuos se benefician[2]. En un solo hospedador puede haber interacción con más de una especie de micorrizas sin embargo puede que estas no estén asociadas a su hospedador especifico[13] y a su vez también las micorrizas pueden tener conexión otras especies de micorrizas y múltiples hospedadores en un mismo ecosistema[37], la figura 5 muestra como en un ecosistema se pueden relacionar micorrizas y plantas entre sí. Las micorrizas interactúan con su hospedador a través de sus hifas donde por las cuales intercambien y comunican nutrientes entre sí, la planta le brinda carbón (C) y recibe nutrientes por parte de la micorriza[38].

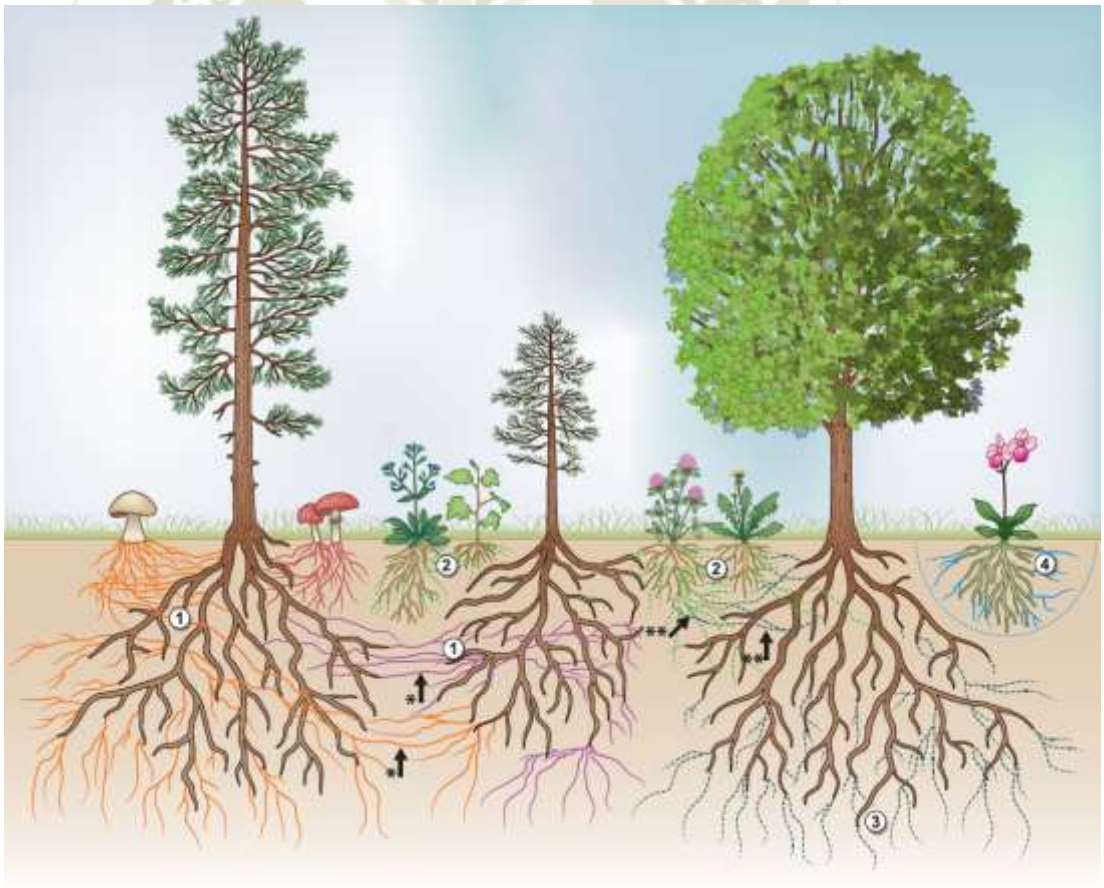

Figura 5. Relación simbiótica entre plantas y micorrizas en un ecosistema. 1) ectomicorrizas relacionándose con árboles; 2) plantas y árboles relacionándose; 3) formando micorrizas arbúsculares y 4) orquídea formando otro sistema de relación[13].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3.4. CICLO DE VIDA DE LAS MICORRIZAS

Las principales etapas del ciclo de desarrollo de las micorrizas arbúsculares son: germinación, colonización, elongación de hifas extraradicales y esporulación como se muestra en la figura 6.

Generalmente el ciclo comienza con la germinación de esporas o por el crecimiento de hifas cerca de la raíz al estar en condiciones favorables[39]. Las hifas nuevas formadas por las esporas se extienden hasta las raíces generalmente secundarias y terciarias, penetrando las células de la raíz invadiendo el córtex[5] formando los llamados arbúsculos y vesículas. Después, las hifas se van extendiendo al exterior de las raíces formando el micelio extraradical para que actué tomando los nutrientes del suelo y llevándolo al interior de las células de la raíz a través de las hifas[5]. La última fase del ciclo es la esporulación donde a través de las hifas extraradicales se forman las esporas, generalmente esto ocurre semanas después de la colonización y asi con las nuevas esporas formadas comienza el ciclo otra vez[40].

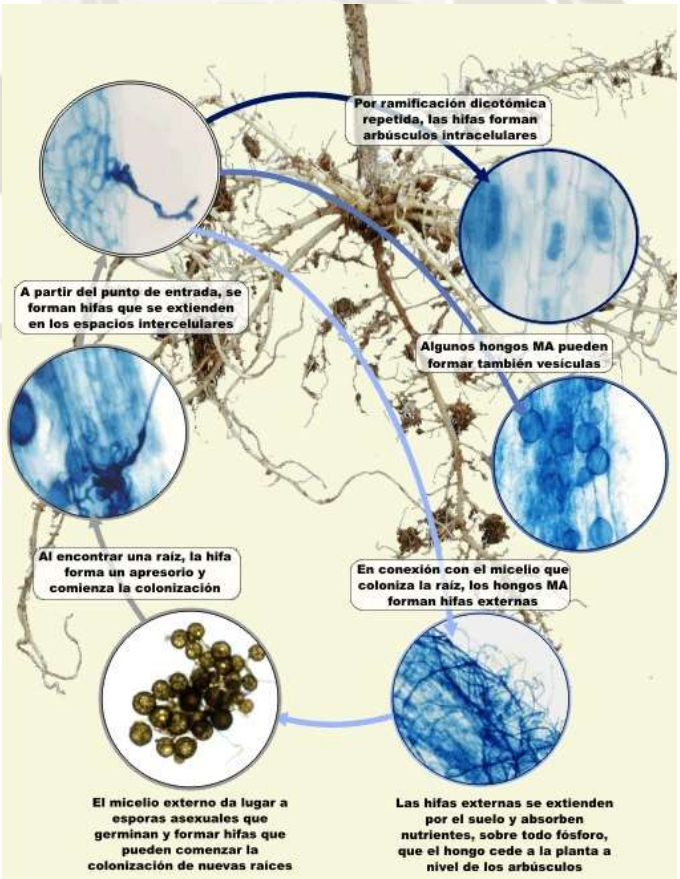

Figura 6. Ciclo de vida de la micorriza arbúscular[41].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3.5. BENEFICIOS DE LAS MICORRIZAS

Las micorrizas al poseer simbiosis con las plantas[2], brindan a su hospedador algunos beneficios. A las micorrizas se les denomina como los organismos claves que ayudaron a la evolución de las plantas sobre la superficie terrestre[3]. Se explica su influencia debido al transporte de nutrientes como el fosforo, nitrógeno, entre otros del suelo hacia la planta por medio de las hifas del hongo[5], observándose en ecosistemas amenazados y frágiles. Además, las micorrizas confieren su resistencia a las plantas contra factores bióticos; como los patógenos y factores abióticos; como pH, salinidad, extremas temperaturas, contaminantes y otros[4].

Por otro lado, las micorrizas no solo son utilizadas en el ámbito de la agricultura como biofertilizantes, sino que también se les vincula con el mejoramiento y recuperación de ecosistemas dañados[4]. En este aspecto se incluye la remediación de suelos contaminados.

1.4. *Solanum lycopersicum* (TOMATE)

1.4.1. GENERALIDADES

El tomate es una hortaliza que presenta una amplia diversidad genética, existiendo innumerables variedades con distinto aspecto, color y sabor. El tomate inicialmente pertenecía a un género adicional llamado *Lycopersicum*, para englobar otras variedades de tomate, pero su nominación cambio a *Solanum* por nuevas variedades que aparecieron[42]. La variedad comercial se le conocía como *Lycopersicum esculentum* y después cambio su nombre a *Solanum lycopersicum.*

1.4.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRAFICA

Es probable que la especie cultivada se doméstico en México, pero todas las especies están distribuidas naturalmente en Sudamérica; Perú, Ecuador y Chile[7]. Las variedades silvestres se han encontrado en suelos secos, desiertos, valles secos; con concentraciones bajas de agua[42]. En el Perú se registró una variedad silvestre de tomate encontrada en desiertos de la costa del Perú extendiéndose hasta el norte de Chile, llamada *Solanum peruvianum*.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.4.3. TAXONOMÍA

El tomate es una hortaliza de hoja perenne y dicotiledónea[43]. Las características del tomate varían según la especie sea la especie *Solanum lycopersicum* o las especies silvestres, se describen las características generales en la figura 7.

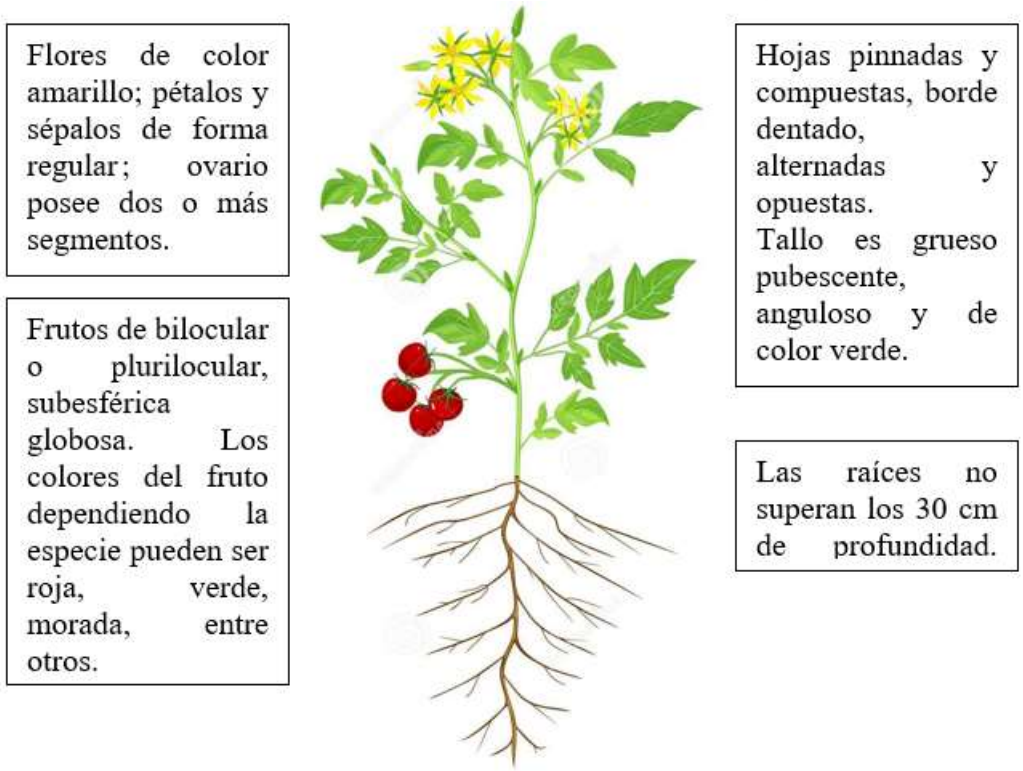

Figura 7. Características botánicas del tomate. Fuente: propia

1.4.4. CICLO FENOLÓGICO

El ciclo fenológico del tomate está comprendido por tres etapas; inicial, vegetativa y reproductiva mostrada en la figura 8, en la que la primera etapa comienza con la germinación de la semilla, la segunda en el crecimiento de la planta invirtiendo la energía en la producción de hojas y ramas, la última fase la planta comienza a producir flores y luego frutos[44].

A nivel agrícola, el ciclo fenológico se clasifico de la siguiente forma: plántula, crecimiento, floración, cosecha y maduración[45].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

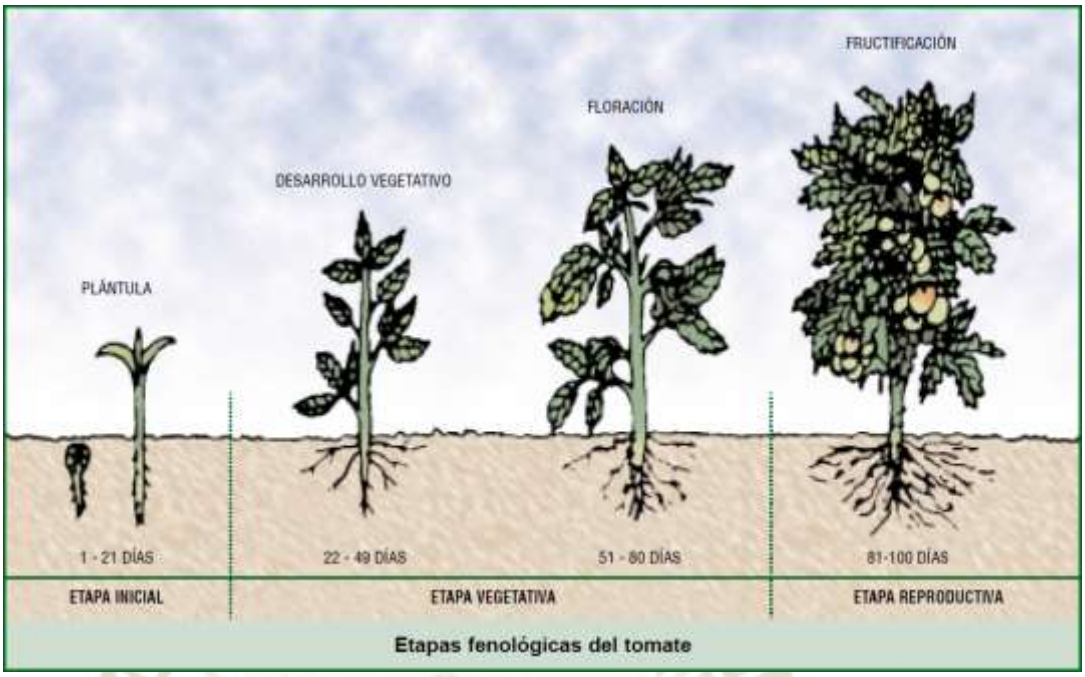

Figura 8. Etapas fenológicas del tomate[44].

1.4.5. NUTRICIÓN Y DEFICIENCIAS

Las etapas fenológicas del tomate tienen requerimientos nutricionales muy diferentes, por lo que en cada etapa se tiene que administrar el nutrimento correcto para que la planta se desarrolle correctamente. Saravia Chávez[45], determina la cantidad de nutrimento absorbidas por la planta en cada etapa fenológica, específicamente del tomate *Solanum lycopersicum* variedad Alboran la cual se detalla en la tabla 3.

Tabla 3. Absorción de nutrimentos en cada etapa fenológica[45].

Etapa	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B
Plántula	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
Crecimiento	3.9	3.4	3.6	1.9	2.5	1.9	0.9	2.0	2.5	1.8	1.7
Floración	9.8	12.6	9.6	7.7	8.7	6.4	2.5	7.9	10.7	11.5	6.6
Cosecha	52.1	44.9	56.3	46.1	51.6	52.1	10.8	41.2	45.8	53.5	42.5
Maduración	34.0	38.9	30.3	44.3	37.0	39.5	85.8	48.9	40.8	33.1	48.9

Entonces, al ser importante a cantidad de los diferentes nutrimentos en cada etapa fenológica, alguna deficiencia de estos nutrimientos puede ocasionar problemas de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

cultivo. En la tabla 4, se detalla los problemas de cultivo ocasionado por la deficiencia de cada nutrimento[43].

Tabla 4. Deficiencia del cultivo de tomate por cada nutrimento

Elemento	Deficiencia
Nitrógeno	Amarillamiento de hojas verdes viejas que avanza hacia toda la planta, plantas pequeñas, floración escasa, frutos pequeños, de mala calidad y que maduran precozmente.
Fósforo	Plantas pequeñas de color verde opaco y manchas púrpuras internas. Hojas más viejas se encurvan hacia adentro y se caen prematuramente.
Potasio	Entrenudos cortos, coloración blancuzca en las hojas y maduración desuniforme de frutas. Amarillamiento en puntas de hojas viejas y bordes, posteriormente se queman. Frutas pequeñas y de menor calidad.
Calcio	Pudrición basal de frutos por falta de calcio.
Magnesio	Amarillamiento intervenal de hojas con quemas posteriormente.
Zinc	Amarillamiento intervenal en hojas nuevas. Necrosis.
Manganeso	Clorosis intervenal leve en hojas jóvenes, aparición de manchas necróticas o quemas en hojas nuevas.
Boro	Amarillamiento de hojas nuevas, las hojas se enrollan hacia arriba, clorosis en el cuello del fruto alrededor del pedúnculo.

1.5.DESIERTO PAMPAS DE LA JOYA

El desierto de Pampas de La Joya o simplemente desierto de La Joya es una extensión desértica de la franja del desierto de Atacama. El desierto de la joya está ubicado entre las latitudes 16° y 17°; y longitudes 71° y 72°. Este desierto es considerado como un desierto con temperaturas altas y humedad relativa baja[6]. Además, este desierto posee tres tipos de suelos según escala de aridez; semiárido, árido y hiperárido[46].

Por otro lado, una zona del desierto es considerado como una zona análoga a Marte por sus características del suelo[47].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.6.ANALISIS DE DIVERSIDAD

La diversidad es la riqueza de la vida en la tierra; siendo plantas, animales, microorganismos, los genes que ellos contienen y los ecosistemas que forman el medio ambiente[48]. Sin embargo, la diversidad encontrada en cada ecosistema es distinta dependiendo de las características del ecosistema; además es posible encontrar una diversidad distinta en diferentes zonas de un mismo ecosistema.

Entonces, con la finalidad de conocer la diversidad presente en ecosistemas se hacen mediciones bajo ciertos criterios e índices. Desde el nivel más simple el número de especies en un ecosistema es conocido como la riqueza (S) y el número total de individuos se le conoce como abundancia[49]. Por otro lado, numerosos índices se desarrollaron para medir la diversidad entre ecosistemas, conocidas como diversidad alfa, diversidad beta y diversidad gama.

1.6.1. DIVERSIDAD ALFA

La diversidad alfa es el número de especies encontradas en una comunidad y es utilizada para comparar la diversidad en diferentes comunidades o ecosistemas. Para hallar la diversidad se realiza mediante el índice de Shannon-Wiener que depende de la riqueza y la abundancia relativa, este índice indicara la uniformidad de especies en la comunidad. La dominancia que indica la probabilidad de que una misma especie este encontrada en distintos ecosistemas es medida por el índice de Simpson. La equitatividad te indicara si las especies encontradas tienen una abundancia similar entre sí, dando valores entre 0 y 1[49], este es hallara por el índice de Pielou[50].

1.6.2. DIVERSIDAD BETA

La diversidad beta es utilizada para medir el grado de variación en un ecosistema debido a una variación ambiental[48].

1.6.3. DIVERSIDAD GAMA

La diversidad gama se aplica a escalas geográficamente mayores donde como las especies son encontradas en un hábitat, pero en diferentes localidades[48].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2. MATERIALES

2.1.MATERIAL DE VIDRIO

- Beakers.
- Fiola.
- Pipetas.
- Matraces.
- Placas de Petri.
- Tubos de ensayo.
- Bagueta.
- Lunas de reloj.
- Crisoles.
- Mechero de alcohol.
- Laminas portaobjetos.
- Laminas cubreobjetos.

2.2.EQUIPOS DE LABORATORIO

- Balanza analítica Kern ABJ-NM.
- Centrifugadora HETTICH EBA 20.
- Estufa SELECTA SEL-Horn R-3L.
- Mufla SELECTA.
- Cámara de flujo laminar FLOW 180H.
- Baño maria SELECTA PRECISTERM.
- Refrigerador BOSCH.
- Microscopio OLTMPUS Cx23.
- Estereomiscroscopio BELTEC SCIENTIC.
- Potenciómetro HANNA HI 2213.
- Autoclave GEMMY INDUSTRIAL.
- Agitador magnético SELECTA.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3.REACTIVOS

- Nitrato de amonio Merck- NH_4NO_3
- Nitrato de cálcio tetrahidratado Merck - $Ca(NO_3)_2.4H_2O$
- Cloruro de cálcio J.T. Baker - $CaCl_2$
- Sulfato de magnésio heptahidratado Merck - $MgSO_4.7H_2O$
- Fosfato monobásico de potasio J.T. Baker - KH_2PO_4
- Sulfato de manganeso tetrahidratado Merck - $MnSO_4.4H_2O$
- Ácido bórico J.T. Baker - H_3BO_3
- Sulfato de zinc heptahidratado J.T. Baker - $ZnSO_4.7H_2O$
- Ioduro de potasio Merck - KI
- Molibdato de sodio dihidratado Merck - $Na_2MoO_4.2H_2O$
- Sulfato de cobre pentahidratado J.T. Baker - $CuSO_4.5H_2O$
- Cloruro de cobalto hexahidratado J.T. Baker - $CoCl_2.6H_2O$
- EDTA sódico dihidratado Merck - $Na_2EDTA.2H_2O$
- Sulfato de hierro heptahidratado J.T. Baker - $FeSO_4.7H_2O$
- Tiamina. HCl Merck.
- Ácido nicotínico Merck.
- Piridoxina. HCl Merck.
- Glicina Merck.
- Mio-inositol Merck
- Sacarosa J.T. Baker.
- Agar Merck.
- Solución de sacarosa 20%
- Solución de sacarosa 60%
- Alcohol 70°
- Alcohol 98°
- Hipoclorito de sodio - NaClO 2.5%
- Hidróxido de sodio - NaOH 1M
- Ácido clorhídrico - HCl 1M
- Ácido clorhídrico - HCl 2%
- Hidróxido de potasio - KOH 10%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Azul de tripano 0.05%
- Lactoglicerol
- Cloramina 2%.
- Estreptomicina 2%.
- Tween 80
- Polivinil lactoglicerol - PVLG
- Reagente de Melzer + PVLG.
- Agua destilada.

2.4.OTROS

- Palas.
- Bolsas Herméticas.
- Cooler.
- Marcador indeleble.
- GPS.
- Cámara fotográfica.
- Tamiz N° 400 (38µm)
- Tamiz N° 60 (250µm)
- Picetas.
- Espátula.
- Pinzas.
- Escarpelo.
- Láminas de bisturí.
- Tubos falcón 15 mL.
- Gradilla.
- Micropipetas.
- Propipeta.

2.5. AMBIENTES DE TRABAJO

Laboratorio H-302 de la UCSM.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.6. MÉTODOS

2.6.1. DESCRIPCION DE ZONAS DE MUESTREO

2.6.1.1.RECOLECCIÓN DE MUESTRA

La recolección de muestras se realizó entre el mes de octubre del 2018 y abril del 2019, en el desierto de La Joya específicamente cerca del sector de San Camilo y la Cano tal como lo muestra la figura 9 por la ocurrencia de varios tipos de plantas. Se buscó las plantas con características similares al del genero *Solanum.*, se seleccionaron aquellas plantas que poseían características frondosas; con buen follaje, buena coloración, grado de marchitez bajo[51]. Se recolectó el suelo de alrededor de la rizósfera de la planta hasta una profundidad de 20 cm. Las consideraciones de muestreo dependieron de cada zona. El suelo recolectado perteneciente a un número de plantas seleccionadas de cada zona se homogenizó uniformemente para obtener una muestra compuesta de 2 kg suelo por zona. Las zonas encontradas se registraron con ayuda de un GPS anotando las coordenadas; latitud (°S), longitud (°W) y altura (msnm).

El suelo fue guardado en bolsas herméticas separando 500 g para análisis fisicoquímicos y el resto para su procesamiento en laboratorio y elaboración de los cultivos de micorrizas. Por otro lado, se colectó muestras florales, de hojas y de frutos de las plantas de interés para su identificación por taxonomía en el *Herbarium Arequipense* (HUSA) de la Universidad Nacional de San Agustín.

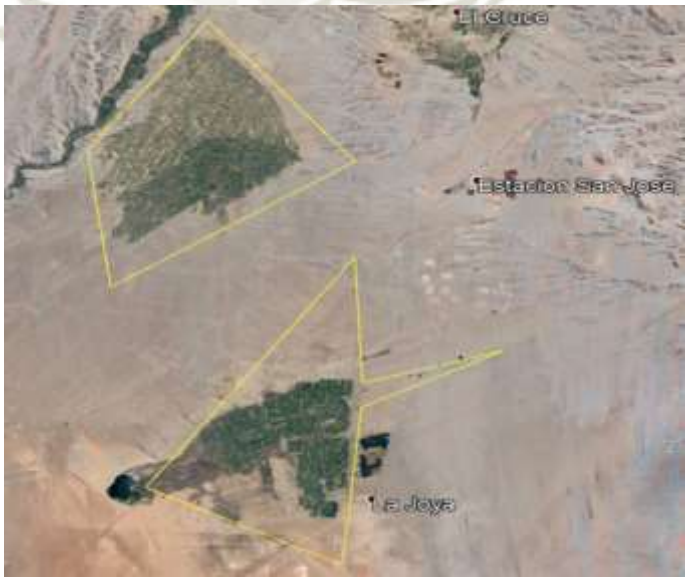

Figura 9. Zonas de búsquedas vistas por Google Earth.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.6.1.2.ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

Los análisis químicos del suelo se realizaron en dos partes; una parte fue destinada al laboratorio de ensayo y control de calidad de la Universidad Católica de Santa María para los análisis de pH, conductividad, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); mientras que la segunda parte se determinó humedad relativa y materia orgánica.

Para determinar la humedad relativa se pesó 50 gramos de suelo a lo que se le denominó como peso húmedo, este se colocó en un crisol pesado previamente; luego se dejó en la estufa por 24 horas a 100°C, se registró el peso de la muestra restando el peso del crisol previamente pesado a este peso se le denomina peso seco y se aplicó la siguiente fórmula para obtener el valor de la humedad relativa del suelo[52].

$$HR = (\frac{peso\ húmedo - peso\ seco}{peso\ húmedo}) \times 100$$

Por otro lado, cuando se obtuvo el peso seco de la muestra se colocó en una mufla durante 4 horas a 550°C; terminado el tiempo se trasladó a un desecador hasta que la temperatura descienda. Finalmente se pesó la muestra de nuevo restando el peso conocido del crisol a este peso se le denominó peso seco después de la mufla y se aplicó la siguiente fórmula para determinar la concentración de materia orgánica[52].

Materia orgánica, %:

$$MO = (\frac{peso\ seco - peso\ seco\ despues\ de\ mufla}{peso\ seco}) \times 100$$

2.6.2. ANALISIS DE DIVERSIDAD

2.6.2.1.ANÁLISIS ECOLÓGICO

Para realizar un análisis ecológico primero se realizó el aislamiento de las micorrizas usando el método de tamizado húmedo y decantación desarrollado por Gerdemann y Nicolson[53], en el cual se pesó 20 g de suelo y se mezcló con agua en un beaker de 1000 mL ayudándose con una bagueta para homogenizar la mezcla y se decanta el sobrenadante a través de tamices de 250 µm y 38 µm, este paso se repite constantemente hasta que el agua quede cristalina. Luego el residuo encontrado en el tamiz de menor tamaño de poro 38 µm se traspasó a un tubo falcón de 15 mL en

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

gradiente con solución de sacarosa 20/60% (6/3 mL)[54, 55]; para centrifugarlo a 3500 RPM durante cinco min. Posteriormente, el sobrenadante se decantó en el tamiz 38 µm y se lavó con abundante agua para remover la sacarosa. Finalmente, se colocó el residuo del tamiz en una placa Petri para poder observarlo bajo un estereomiscroscopio y así separar las esporas. Todo este procedimiento se repitió 15 veces procesándose un total de 300 g de suelo, la figura 10 describe el procedimiento para el aislamiento de micorrizas.

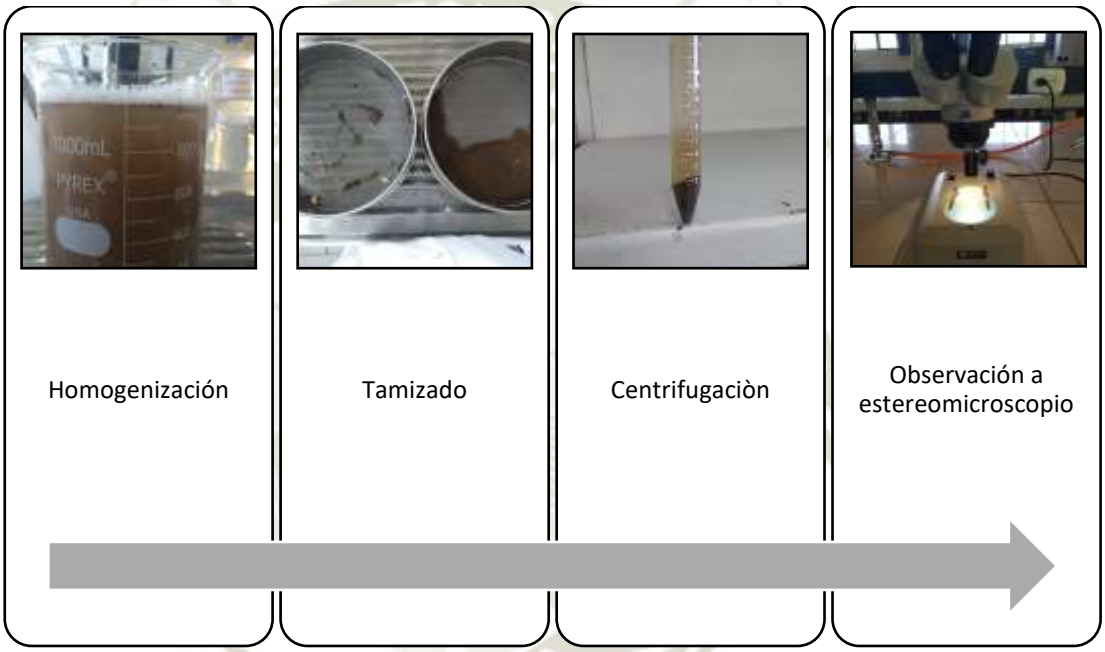

Figura 10. Proceso de aislamiento de micorrizas

Luego, se realizó el análisis ecológico por cada zona encontrada. Hallando la riqueza (S), abundancia (nE), abundancia relativa (ρ_i) y frecuencia de aislamiento (f_i), mediante fórmulas donde S es el número total de especies encontradas en todas las muestras, nE es el número de esporas encontradas en cada zona y por otro lado también el número de esporas de cada especie encontrada; la abundancia relativa (ρ_i) y la frecuencia de aislamiento se determinaron mediante las fórmulas descritas por Dandan y Zhiwei[58].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\rho_i = \frac{Número\ de\ esporas\ de\ una\ especie}{Número\ total\ de\ esporas\ de\ todas\ las\ muestras} \times 100\%$$

$$F_i = \frac{Número\ de\ muestras\ que\ presentan\ la\ misma\ especie}{Número\ total\ de\ muestras} \times 100\%$$

La diversidad se calculó mediante el índice de Shannon-Wiener (H), equitatividad de especies (J), índice de dominancia de Simpson (D) y elaboración de curva de acumulación de especies mediante los estimadores no paramétricos de *Chao 2* y *Jack 1*. La obtención de los índices se obtuvo mediante el programa Past 3.26b y para la curva de acumulación mediante EstimateS 9.10.

2.6.2.2.IDENTIFICACION DE MICORRIZAS

La identificación de las esporas aisladas se realizó mediante taxonomía. Primero, se prepararon vouchers colocando esporas con similares características sobre una lámina portaobjeto a las cuales en un extremo se le colocó una gota de PVLG[56] y al otro extremo 1 gota de reagente de Melzer + PVLG[57]; cubriéndolas con láminas cubreobjetos. Luego se observó al microscopio a 40X y 100X. Con la ayuda de bases de datos y claves taxonómicas para la identificación INVAM[54], Glomerycota[21].

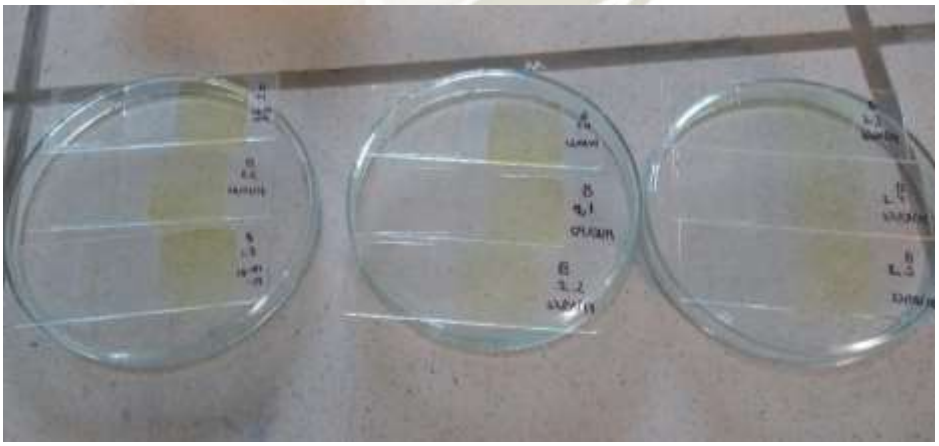

Figura 11. Vouchers de micorrizas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.6.3. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MICORRIZAS SOBRE *SOLANUM LYCOPERSICUM* EN CONDICIONES DE INVERNADERO

Para la evaluación del efecto de micorrizas se usó *Solanum lycopersicum* (tomate comercial) por pertenecer al género *Solanum.* El efecto de las micorrizas aisladas fue comparado con un biofertilizante comercial enriquecido con micorrizas llamado Raíz-Forte de BestGarden®.

a) Cultivo de micorrizas

Previamente se realizó un cultivo de las micorrizas aisladas mezclando los suelos de las zonas recolectadas en octubre del 2018. La elaboración de cultivo se inició en enero del 2019 mezclando las zonas en proporciones iguales 1:1. Luego, esta mezcla homogénea se mezcló con arena gruesa autoclavada en proporciones 1:1[34]. Se colocó en macetas usando como planta hospedadora la misma que se encontró en el desierto sobrepoblando la maceta colocando las semillas en exceso[54], el cultivo se enriqueció con el té de humus de la marca 4 estaciones®.

b) Densidad de esporas

Después de 5 meses de cultivo se determinó la densidad de las esporas mediante un conteo de esporas en 52 g de suelo para lo cual se utilizó el método de tamizado húmedo y decantación[53]; seguido por centrifugación de sacarosa[54, 55] y conteo de esporas bajo el estereomiscroscopio. El resultado se expresa por número de esporas por 100 g de suelo seco[59].

$$N° \; de \; esporas = \left(\frac{Esporas \; contadas}{Peso \; muestra}\right) \times \frac{Pi}{Pf} \times 100 \quad [60]$$

Dónde, Pi: peso inicial y Pf: peso final se determinaron por el método de la humedad relativa ya mencionada anteriormente[52].

c) Diseño experimental

El diseño experimental usado fue un experimento factorial completamente aleatorio, donde se usaron diferentes sustratos, turba, humus y la combinación de ambos turba-humus en proporciones iguales (1:1); enriquecidos con micorrizas; nativas aisladas y

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

comercial; y como control los sustratos, pero sin micorrizas, estando esta información en la tabla 5.

Tabla 5. Descripción de factores, niveles y tratamientos

Factores	Niveles	Tratamientos
Sustratos	Turba (T)	T + Mn
		H + Mn
	Humus (H)	T-H + Mn
		T + Mc
	Turba-Humus (T-H)	H + Mc
		T-H + Mc
Cepas	Micorriza nativa (Mn)	Testigo 1 (T)
		Testigo 2 (H)
	Micorriza comercial (Mc)	Testigo 3 (T-H)

La cantidad del producto de micorriza comercial Raíz-Forte mostrada en la figura 12 se realizó según las indicaciones del producto mezclando una parte de la micorriza en 10 partes del sustrato a usar; la misma cantidad se utilizó para las micorrizas nativas. Las marcas de la turba y humus fueron Pro-Mix y 4 estaciones respectivamente. La experimentación fue realizada en dos bloques, primero representando a la micorriza nativa o aislada y el segundo bloque a la micorriza comercial. El experimento se montó en bandejas de cultivo de 6 X 12 (72 celdas) y en cada celda se colocó una semilla de *Solanum lycopersicum*. Cada tratamiento se realizó con cuatro repeticiones, la distribución de cada tratamiento se muestra en la figura 13. La duración de la experimentación fue de dos meses con evaluaciones de cada 15 días. Se consideró los siguientes parámetros; número de hojas, tamaño de hojas, tamaño de parte aérea, tamaño de raíz, número de raíces secundarias, diámetro de raíz principal, porcentaje de colonización, peso fresco y seco de tallo y hojas por separado. El riego se aplicó en días alternados y también se controló la temperatura y humedad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura 12. Producto de micorriza comercial, Raíz-Forte.

d) Clarificación y tinción de raíces

Para hallar el porcentaje de colonización es necesario tratar las raíces previamente, por lo que se usó el método de clarificación y tinción de raíces desarrollado por Phillips y Hayman[61], que consiste en colocar las raíces en tubos y sumergirlas con KOH 10% en baño maria a 90 °C durante una hora para remover los tejidos de las raíces, pasado el tiempo se decantó para luego adicionar HCl 2% para clarificar las raíces durante 15 minutos a temperatura ambiente, se volvió a decantar pasado el tiempo para sumergir las raíces en azul de tripano 0.05% junto con lactoglicerol 1:1 a baño maria a 90 °C durante 15 minutos. Finalizado este paso se decantó y colocaron las raíces en una placa de Petri con lactoglicerol para remover el colorante en exceso.

e) Determinación de porcentaje de colonización

Terminado la clarificación y tinción de raíces se determinó el porcentaje de colonización en raíces mediante el método de Giovannetti y Mosse[62], donde en una placa de Petri en la que se le pegó papel milimetrado se colocaron las raíces teñidas bien dispersas para que no se sobrepongan una con otra y se comenzó a contar cada intersecto de las raíces con las líneas del papel milimetrado; se contó verticalmente y horizontalmente, cada intercepto de la raíz con una línea se considera como 1 cm de raíz; cada presencia de arbúsculos o vesículas en las raíces fueron considerados como centímetros colonizados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

$$Porcentaje\ de\ colonización = \left(\frac{cm\ colonizados}{cm\ raíz}\right) \times 100 \quad (60)$$

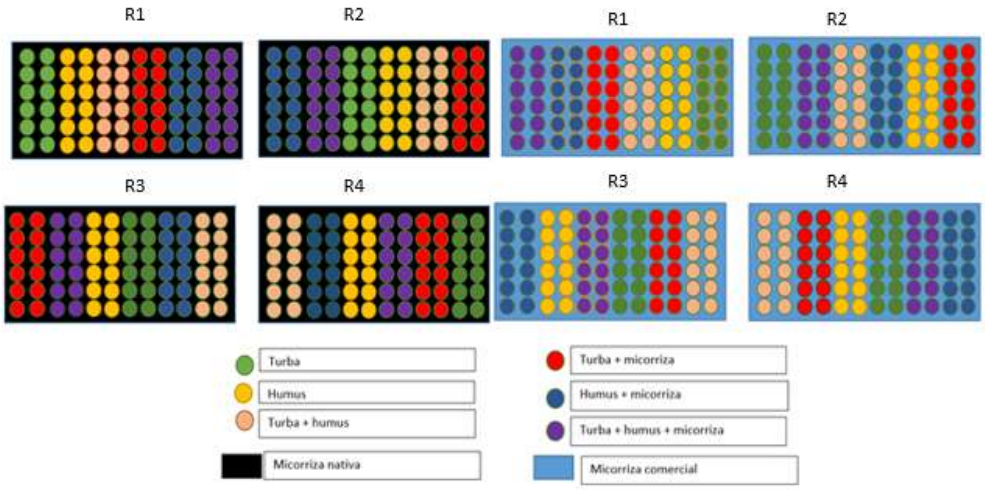

Figura 13. Croquis diseño factorial completamente aleatorio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.DESCRIPCION DE ZONAS DE MUESTREO

Se determinaron tres zonas en el desierto de La Joya que presentaban plantas del genero *Solanum* cerca de la irrigación San Camilo, estas zonas se le denominaron A, B y C. La planta fue identificada como *Solanum pseudocapsicum* L (Anexo XXIII). Las tres zonas poseían la misma planta, pero con diferente cantidad de individuos es por eso que los muestreos se realizaron de distinta manera dependiendo de la zona. La zona A y B tenía un total de 2 individuos, por lo que se hizo un muestreo en su totalidad tomando el suelo de esos únicos individuos. Por otro lado, la zona C presentaba más de 15 individuos por lo que se realizó un muestreo aleatorio estratificado para poder tener una muestra homogénea de toda el área representativa de esta zona, generalmente este tipo de muestreos es para poblaciones homogéneas[66]. En la Tabla 6 se describe las fechas de muestreo con el total de individuos muestreados y el tipo de muestreo empleado.

Figura 14. *Solanum pseudocapsicum* L. imagen de la izquierda, planta en el desierto; imagen central, segmento floral de la planta e imagen de la derecha, segmentos de frutos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Las zonas nominadas A y B fueron muestreadas en el mes de octubre del 2018 y la zona C en el mes de abril del 2019, porque para esa fecha se presencia la ocurrencia de la planta de estudio mientras que en las primeras fechas de muestreo no se presenció la planta. La aparición de la planta en la Zona C se puede deber a que en los meses de diciembre del 2018; enero, febrero y marzo del 2019 se registraron precipitaciones en esa zona por lo que pudo promover la aparición de la planta. La separación de cada zona se detalla en la figura 14, donde presenta un panorama de cada zona además de la distancia que hay entre una y otra, donde la separación de la zona A con la zona B es aproximadamente mayor a un km, la zona A con la zona C posee una separación de 400 metros aproximadamente y por último la zona B con la zona C posee una separación de un kilómetro aproximadamente.

Tabla 6. Descripción de muestreo por zona

Zona	Fecha de muestreo	Cantidad de plantas muestreadas	Tipo de muestreo
A	Octubre 2018	2	Total*
B	Octubre 2018	2	Total*
C	Abril 2019	5	Aleatorio estratificado

*: Se realizó un muestreo total porque solo se encontró la existencia de dos plantas, que fueron tomadas en su totalidad.

Se observa en la tabla 7 la locación de cada zona de muestreo y los análisis fisicoquímicos de los suelos de cada zona presentan una humedad relativa muy baja, concentraciones bajas de N, P, K y materia orgánica además de una salinidad elevada. Teniendo en cuenta estas características fisicoquímicas del desierto se reportó en el desierto de Atacama al norte de Chile la especie de *Solanum sitiens* considerada endémica de esa zona y tolerante a salinidad y sequia[67]; siendo esta región del desierto de Atacama similares a las zonas descritas en cuanto a las características de salinidad

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

y pocas cantidades de agua. Por otro lado, las características del suelo de cada zona afectan la diversidad de hongos micorrízicos encontrados en el suelo, los resultados de los análisis fisicoquímicos emitidos por el laboratorio se encuentran en los anexos I, II y III. Como se mencionó en ecosistemas conservados como bosques, praderas se pueden encontrar mayor número de especies por lo contrario ecosistemas con factores extremos como es el caso del desierto de La Joya donde la humedad y nutrientes son escasos el número de especies es menor[4]. Todo esto nos indica que la presencia de especies de micorrizas arbúsculares es afectada por el clima, locación y otros factores[68]. Además de esto es importante mencionar que la zona A y C presentaron otro tipo de vegetación que no eran del género *Solanum* por lo que esto indica la posibilidad que las micorrizas encontradas no posean una relación simbiótica directa con la planta de estudio si no con las otras en su entorno, es decir que las micorrizas encontradas puede que no sean especificas al género *Solanum* y sean especificas a los otros tipos de plantas a esto se le conoce como bioespecifidad[13] por lo que saber cuál especie o cuales especies de las micorrizas encontradas está directamente asociada o es bioespecifica a la planta *Solanum* se requieren otro tipos de estudio con otras metodologías a aplicar.

Tabla 7. Características fisicoquímicas de cada zona muestreada.

Zona	Latitud °S	Longitud °W	Altura m.s.n.m.	HR, %	MO, %	pH	N, mg/kg	P, mg/kg	K, mg/kg	Conductividad, ms/cm2
A	16º40.374'	071º51.581'	1316	3.92	2.18	6.00	3.21	37.15	95.15	817
B	16º39.601'	071º49.984'	1400	0.44	0.98	6.00	3.05	28.11	75.23	1954
C	16°40.161'	71°51.238'	1328	2.65	1.10	5.00	2.81	29.54	64.54	977

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

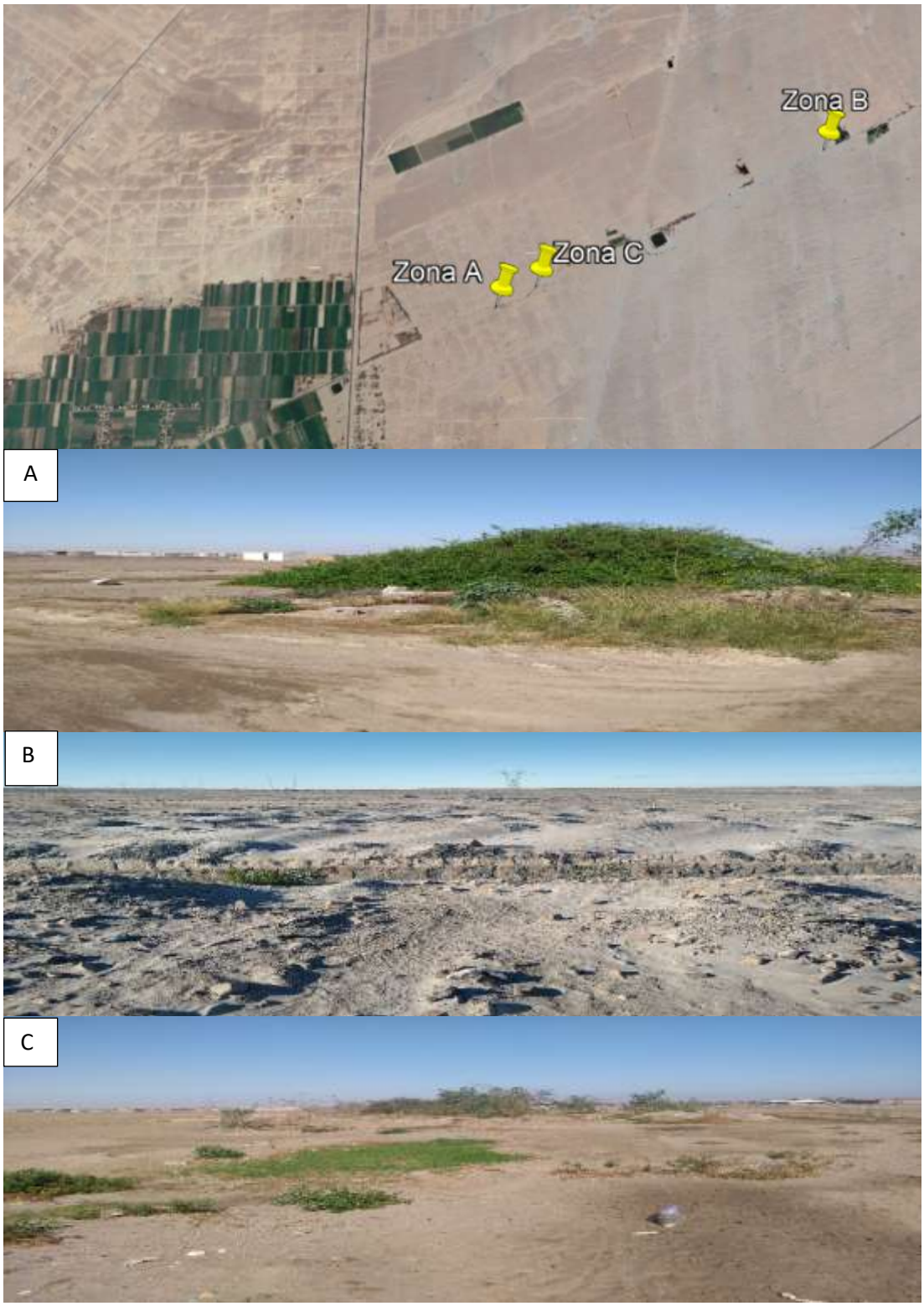

Figura 15. Descripción geográfica de cada zona. La primera imagen representa la locación de cada zona por Google Earth y las otras imágenes representa a un panorama de cada zona A, B y C respectivamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.ÁNALISIS DE DIVERSIDAD

3.2.1. ANALISIS ECOLÓGICO

La riqueza total (S) es de 14 especies, el cual corresponde a 8, 4 y 5 especies para cada zona A, B y C respectivamente. La abundancia total (nE) es de 285 esporas, la figura 15 describe la riqueza por zona y la abundancia de cada especie encontrada por zona y la tabla 8 describe riqueza, abundancia y índices de cada zona. La diversidad hallada por el índice de Shannon-Wiener tiene valores de 1.273, 0.8462 y 1.151 para las zonas A, B y C respectivamente; lo que nos indica que hay una mayor diversidad en la zona A, el índice de Shannon-Wiener indica la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra[50], la diversidad depende de la riqueza (S) y la equitatividad de la abundancia relativa de especies[49].

La equitatividad (J) presentó valores de 0.612, 0.6104 y 0.7153 para las zonas A, B y C respectivamente. El valor de la equitatividad está entre 0 y 1 donde 0 es baja equitatividad o alta dominancia por pocas especies y 1 representa total equitatividad es decir que todas las especies son abundantes[49, 50].

La dominancia hallada mediante el índice de Simpson presentó valores de 0.5605, 0.4744 y 0.5727 para las zonas A, B y C respectivamente, este índice indica la probabilidad de que dos individuos en cada zona pertenezcan a la misma especie de micorriza. Por lo que en la zona C la probabilidad es más alta seguida de la zona A, esto se debe a que estas zonas comparten dos especies mientras que la zona B solo comparte una especie con la zona A mas no comparte ni una especie con la zona C.

Los valores de abundancia relativa (ρi) y frecuencia de aislamiento (Fi) es diferente por cada especie i, la abundancia relativa nos indica la capacidad de esporulación que tiene la especie mientras que la frecuencia de aislamiento indica la probabilidad de encontrar esa especie en las muestras totales (50). Siendo la especie “b” la que tiene una mayor abundancia relativa lo que nos indica que esta especie tiene la capacidad de tener más ciclos de esporulación en un ecosistema desértico como lo es el desierto de La Joya, en su contrario la especie “j” es la que posee una baja capacidad de esporular la tabla 8 detalla los valores de numero de esporas, abundancia relativa (ρi) y frecuencia de aislamiento (Fi) de cada especie presente en cada zona muestreada.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

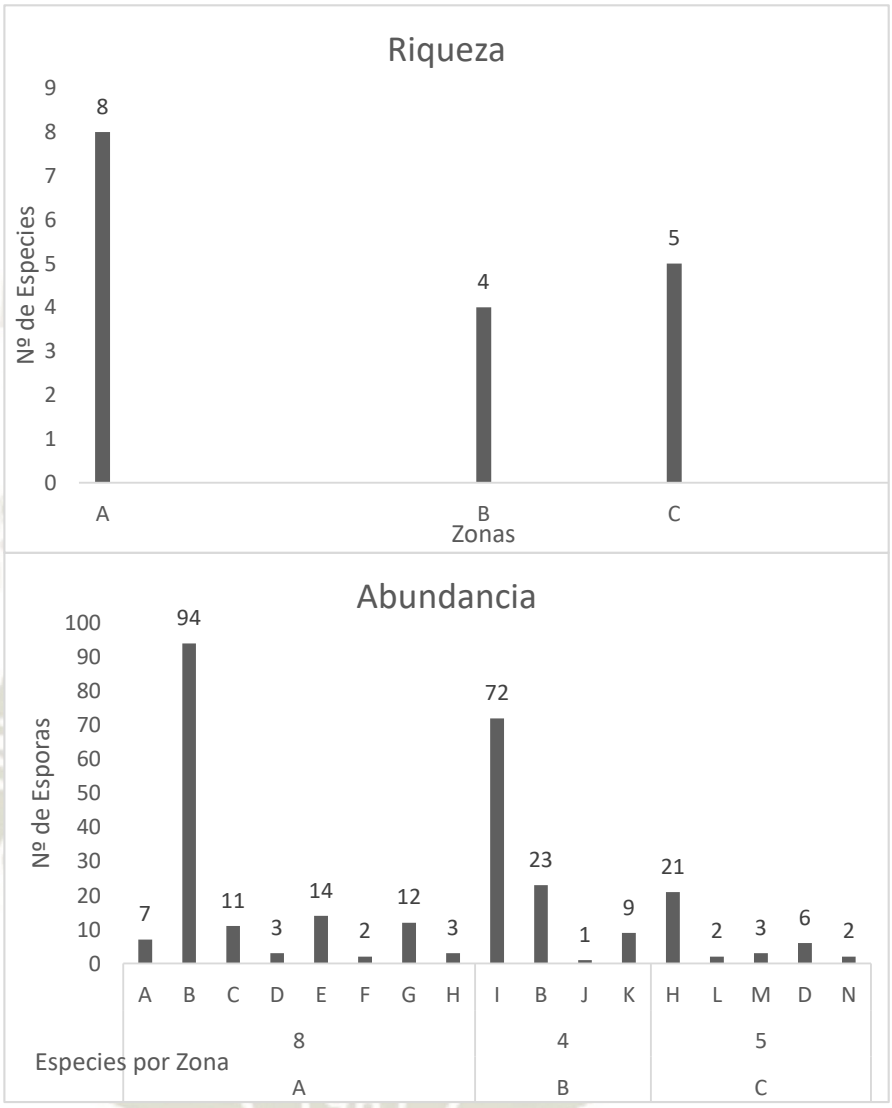

Figura 16. Graficas de riqueza y abundancia.

La riqueza total comprendida de 14 especies es considerada como una riqueza pobre debido a que las características del desierto, similares resultados se muestran en algunas zonas áridas; las zonas semiáridas de Jordania mostraron una riqueza ocho especies de micorrizas[69], el sur del desierto de California presentó seis especies[70], en el desierto de Namibia en África se reportaron 13 especies de micorrizas[71], en el desierto de Chihuahua se reportaron 14 especies[71], en el desierto de Sonora se reportaron 15 especies de micorrizas[71]; se puede observar que la riqueza en estas zonas áridas también se muestra un riqueza comparada a zonas donde las características no

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

son tan extremas como los bosques en sur de Brasil donde se reportaron hasta 68 especies de micorrizas[72].

Tabla 8. Parámetros ecológicos de las comunidades de micorrizas arbúsculares para cada zona

	A	B	C
Riqueza, S	8	4	5
Abundancia, nE	146	105	34
Índice de Simpson, 1-D	0.5605	0.4744	0.5727
Índice de Shannon-Wiener, H	1.273	0.8462	1.151
Equitatividad, J	0.612	0.6104	0.7153

Tabla 9. Valores de abundancia, abundancia relativa y frecuencia de aislamiento de las micorrizas en cada zona de muestreo

Nº de especie	Micorriza Arbúscular	A			B			C		
		nE	ρi	Fi	nE	ρi	Fi	nE	ρi	Fi
1	a	7	2.46	33.33	-	-	-	-	-	-
2	b	94	32.98	66.67	23	8.07	66.67	-	-	-
3	c	11	3.86	33.33	-	-	-	-	-	-
4	d	3	1.05	66.67	-	-	-	6	2.11	66.67
5	e	14	4.91	33.33	-	-	-	-	-	-
6	f	2	0.70	33.33	-	-	-	-	-	-
7	g	12	4.21	33.33	-	-	-	-	-	-
8	h	3	1.05	66.67	-	-	-	21	7.37	66.67
9	i	-	-	-	72	25.26	33.33	-	-	-
10	j	-	-	-	1	0.35	33.33	-	-	-
11	k	-	-	-	9	3.16	33.33	-	-	-
12	l	-	-	-	-	-	-	2	0.70	33.33
13	m	-	-	-	-	-	-	3	1.05	33.33
14	n	-	-	-	-	-	-	2	0.70	33.33

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por otro lado, la figura 16 muestra la curva de acumulación de especies que se realizó con la finalidad de conocer la estimación total de especies que pueden ser encontradas en los muestreos realizados, estos valores se dan para medir el esfuerzo de muestreo ya que en un solo muestreo no se puede determinar la cantidad total de todas las especies que pudiesen estar presentes en cada zona[50]. Los valores indican que se pudo haber encontrado un total de 23 especies para el estimador *Chao 2* y 21 especies para el estimador *Jack 1* estas se comparan con la rarefacción que es un ajuste matemático que se hace a todas las muestras para que todas tengan el mismo número de individuos es decir la misma cantidad de esporas en cada muestra ya que todas presentaron un número distinto[49].

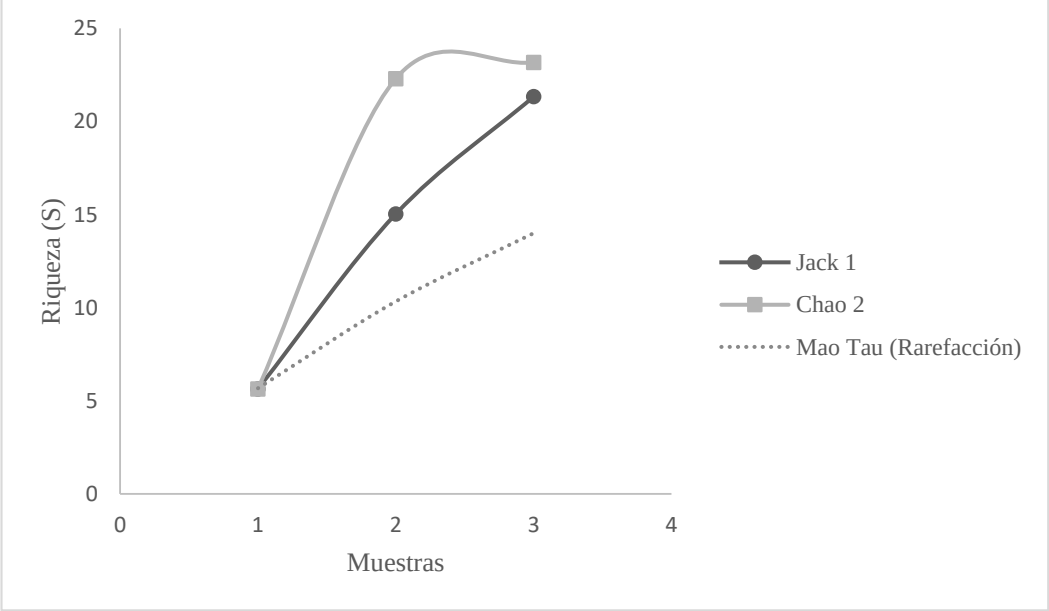

Figura 17. Curva de acumulación de especies

La estimación de la curva de acumulación es importante ya que este determina si es necesario más muestreos de las zonas para poder encontrar el número estimado de especies que pueden ser halladas, y sobre todo en regiones áridas, semiáridas y hiperáridas[50] como el desierto de La Joya que posee esas características[46].

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

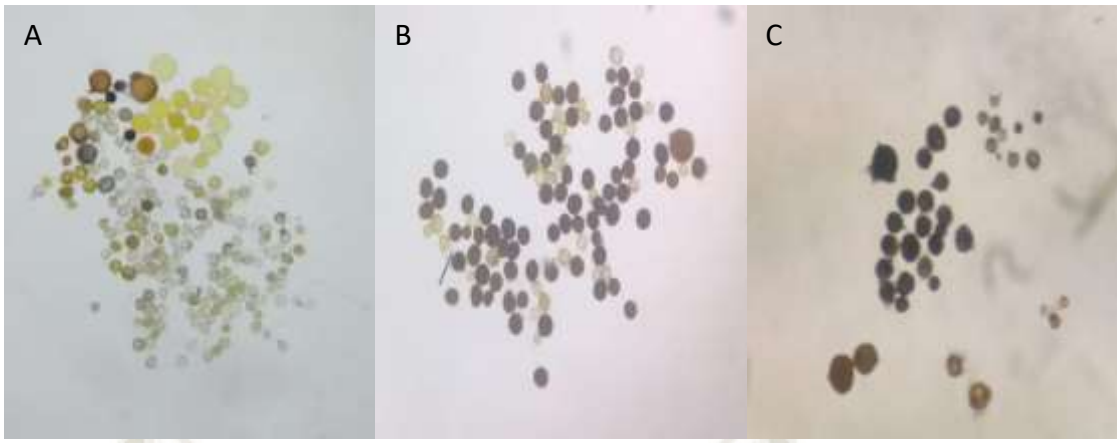

Figura 18. HMA encontradas por zonas.

3.2.2. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES

De las 14 especies identificadas a nivel macroscópico, solo se puedo identificar algunas solo a nivel de género. Donde en la figura 18, se presenta las esporas que se logró identificar las cuales pertenecen; dos especies a *Gigaspora***,** dos especies a *Acaulospora*, una especie a *Diversispora*, dos especies a *Glomus*, una especie a *Ambispora.*

Además, también hay esporas que no lograron identificarse porque no se encontraron semejanzas con especies registradas en la base de datos utilizadas para la identificación, estas esporas aparecen en la figura 19. Esto indicaría que pudiesen tratarse de especies nuevas o hasta géneros nuevos. Por otro lado, siempre es necesario a un taxónomo especializado en micorrizas para la confirmación de las especies identificadas además que si las esporas que no se lograron identificar puedan tratarse de nuevas especies o géneros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

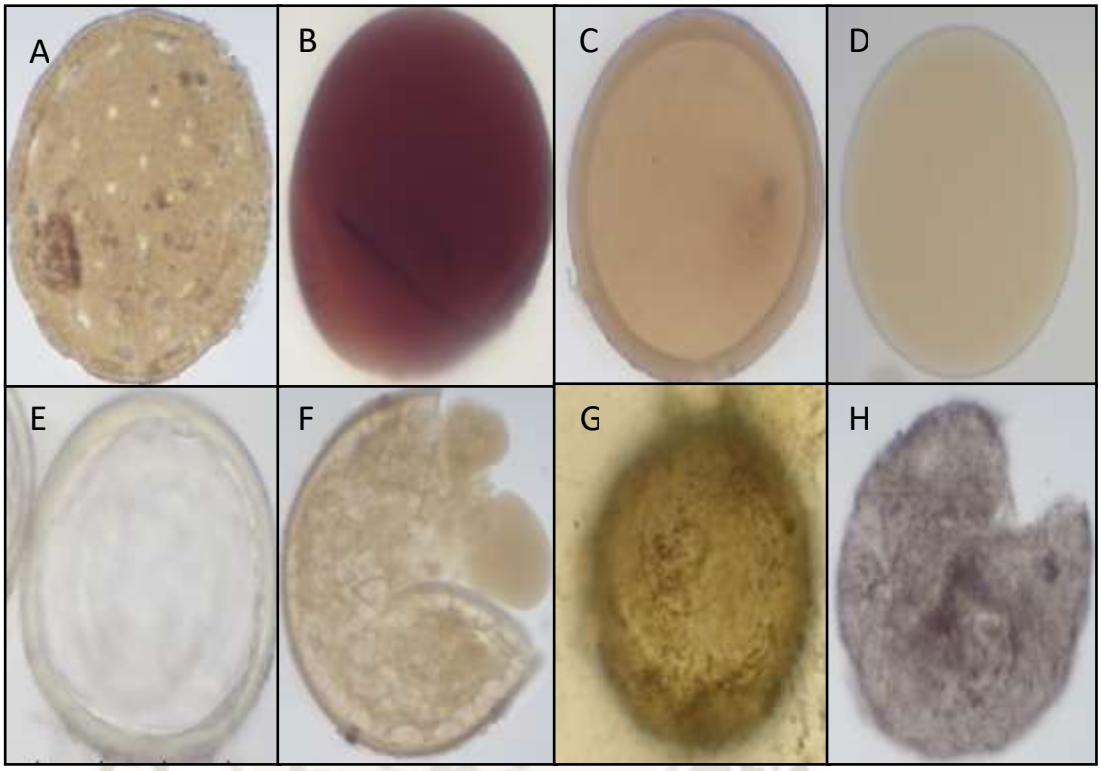

Figura 19. Esporas identificadas. A) *Acaulospora sp1.* B) *Gigaspora sp1* en melzer. C) *Glomus sp1.* D) *Gigaspora sp2.* E) *Diversispora sp1.* F) *Acaulospora sp2.* G) *Ambispora sp2.* y H) *Glomus sp2.*

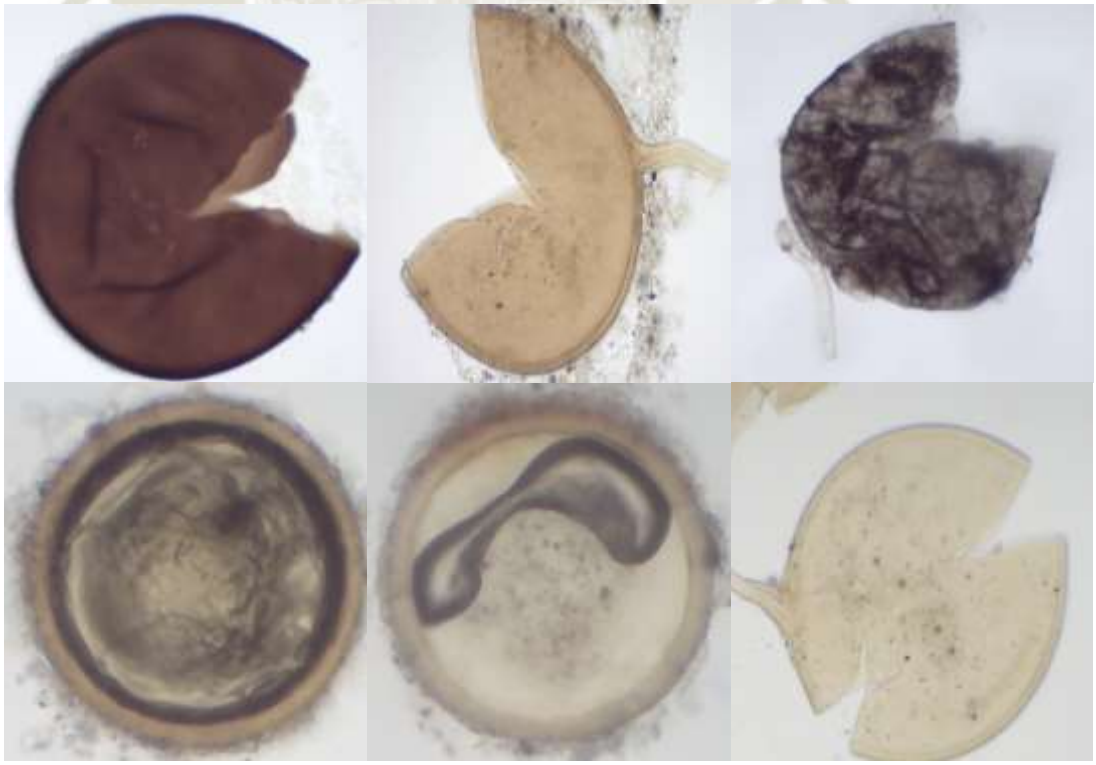

Figura 20. Esporas no identificadas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Autores determinaron especies de micorrizas arbúsculares en múltiples especies de *Solanum*, entre las esporas mencionan las especies *Acaulospora, Gigaspora, Glomus y Scutellospora*. Entre las especies de *Solanum;* para *Solanum khasianum* se lograron identificar 12 especies de micorrizas pertenecientes a los géneros, *Acaulospora, Gigaspora, Glomus* y *Scutellospora*[73]; para *Solanum sisymbriifolium* identificaron 11 especies de micorrizas pertenecientes a los géneros, *Acaulospora, Gigaspora* y *Glomus*[73]; para *Solanum torvum* se identificaron 11 especies de micorrizas pertenecientes a los géneros, *Acaulospora* y *Glomus*[73]; y por ultimo *Solanum lycopersicum* se identificaron 17 especies de micorrizas pertenecientes a los géneros *Acaulospora, Gigaspora* y *Glomus*[74].

3.3.EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MICORRIZAS SOBRE *SOLANUM LYCOPERSICUM* EN CONDICIONES DE INVERNADERO

El análisis estadístico se realizó con los datos obtenidos a partir del día 30 de evaluación, no se tomó en cuenta el día 15 de evaluación debido a que no se presentó germinación de semillas, este comportamiento se puede deber por la calidad de semilla o también por las condiciones del invernadero que se registró una temperatura máxima y temperatura mínima de 40.4°C y 4.8°C respectivamente; y una humedad relativa máxima y mínima de 80% y 20% respectivamente. Por lo que el tomate tiene un crecimiento optimo entre 18°C y 30°C donde en temperaturas entre 10°C y 12°C se detiene el desarrollo de la planta[75], entonces puede que la germinación se halla retrasado al no haber un control óptimo de las temperaturas ya que se alcanzaron temperaturas muy altas y temperaturas bajas donde su desarrollo se inhibe. Por otro lado, la humedad relativa para un desarrollo óptimo de la planta está entre 60% y 80%[75]; donde la humedad tampoco fue controlada es por eso que esta variaba entre un rango de 20% y 80%. Entonces, los factores de humedad y temperatura influencian en el desarrollo de la planta durante los primeros días.

Los parámetros evaluados; número de hojas, tamaño de hojas, tamaño de parte aérea, tamaño de raíz, número de raíces secundarias, diámetro de raíz, porcentaje de colonización, peso fresco de hojas, peso seco de hojas, peso fresco de tallo y peso seco de tallos; tuvieron diferencias significativas para las distintas cepas; micorriza comercial, micorrizas nativas y sin micorrizas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el número de hojas tuvo diferencia significativa ($p<0.05$) para micorriza comercial y micorrizas nativas en el día 30 de evaluación, dando mejores resultados fueron las micorrizas nativas. Mientras que las micorrizas nativas no mantuvieron diferencia significativa ($p>0.05$) con el tratamiento de sin micorrizas. Se mantuvo el mismo comportamiento para los días 45 y 60 de evaluación. Por otro lado, para los diferentes sustratos usados no presentaron diferencia significativa ($p>0.05$) entre ellas, manteniendo el mismo comportamiento durante todos los días evaluados; estos detalles se pueden observar en la tabla 10. Los mejores resultados para el número de hojas se encuentran el tratamiento de sin micorriza junto con el sustrato humus tal como se observa en la tabla 11.

Tabla 10. Número de hojas de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Número de Hojas			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Turba	1.83333a	2.83333a	3.41667a
TurbaHumus	1.66667a	2.33333a	2.83333a
Humus	1.66667a	2.41667a	2.66667a
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	2.33333a	3a	4a
Micorriza nativa	2.33333a	3.41667a	3.5a
Micorriza comercial	0.5b	1.16667b	1.41667b

*Las letras a, b corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidencia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 11. Número de hojas de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación.

Número de Hojas				
Micorriza	Sustrato	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	2.5	2.75	4
Sin micorrizas	Humus	2	3	4.25
Sin micorrizas	TurbaHumus	2.5	3.25	3.75
Micorriza nativa	Turba	2.5	3.75	4
Micorriza nativa	Humus	2.25	3.25	3
Micorriza nativa	TurbaHumus	2.25	3.25	3.5
Micorriza comercial	Turba	0.5	2	2.25
Micorriza comercial	Humus	0.75	1	0.75
Micorriza comercial	TurbaHumus	0.25	0.5	1.25

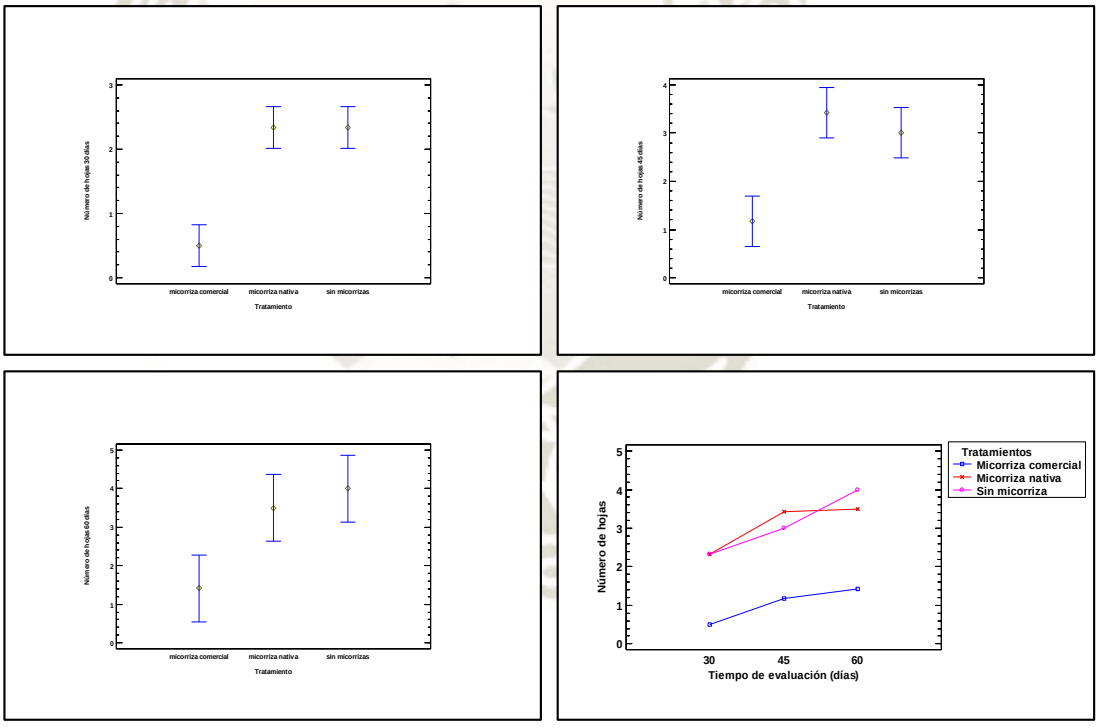

Figura 21.Cuadros de número de hojas. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el tamaño de hojas, hubo diferencia significativa ($p<0.05$) como para las cepas y para los sustratos. Por el lado de las cepas, el tratamiento de micorriza comercial presenta diferencias significativas ($p<0.05$) con los otros dos tratamientos, sin micorrizas y micorrizas aisladas. Sin embargo, en los días de evaluación 30 y 45, los tratamientos de sin micorrizas y micorrizas aisladas no presentan diferencia significativa ($p>0.05$), pero en el día 60 de evaluación si existe diferencia significativa ($p<0.05$) entre todos los tratamientos, obteniendo mejores resultados el tratamiento sin micorrizas. Por otro lado, los sustratos presentaron diferencias significativas ($p<0.05$), para el día 30 de evaluación el sustrato turba presentó diferencia significativa ($p<0.05$) con la combinación de turba-humus mientras que el sustrato de solo humus no presento diferencias con los demás sustratos. En el día 45 de evaluación el sustrato de turba presentaba diferencias significativas ($p<0.05$) con los demás tratamientos y finalmente en el día 60 de evaluación ya no existía diferencias ($p>0.05$) entre cada sustrato, los detalles se muestran en la tabla 12. Los mejores resultados para el tamaño de hojas se encuentran en el tratamiento de sin micorrizas junto con el sustrato de turba tal como se observa en la tabla 13.

Tabla 12. Tamaño de hojas (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Tamaño de Hojas			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Turba	2.10833a	5.25833a	4.75a
TurbaHumus	2.225b	3.5b	3.49167a
Humus	3.16667ab	3.38333b	3.425a
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	3.96667a	5.875a	6.76667a
Micorriza nativa	3.08333a	4.45833a	3.51667b
Micorriza comercial	0.45b	1.80833b	1.38333c

*Las letras a, b, c corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidencia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 13. Tamaño de hojas (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación.

Tamaño de Hojas				
Micorriza	**Sustrato**	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	4.65	7.325	6.875
Sin micorrizas	Humus	3.45	5.3	7.65
Sin micorrizas	TurbaHumus	3.8	5	5.775
Micorriza nativa	Turba	4.1	5	5.125
Micorriza nativa	Humus	2.675	4.45	2.1
Micorriza nativa	TurbaHumus	2.475	3.925	3.325
Micorriza comercial	Turba	0.75	3.45	2.25
Micorriza comercial	Humus	0.55	0.4	0.525
Micorriza comercial	TurbaHumus	0.05	1.575	1.375

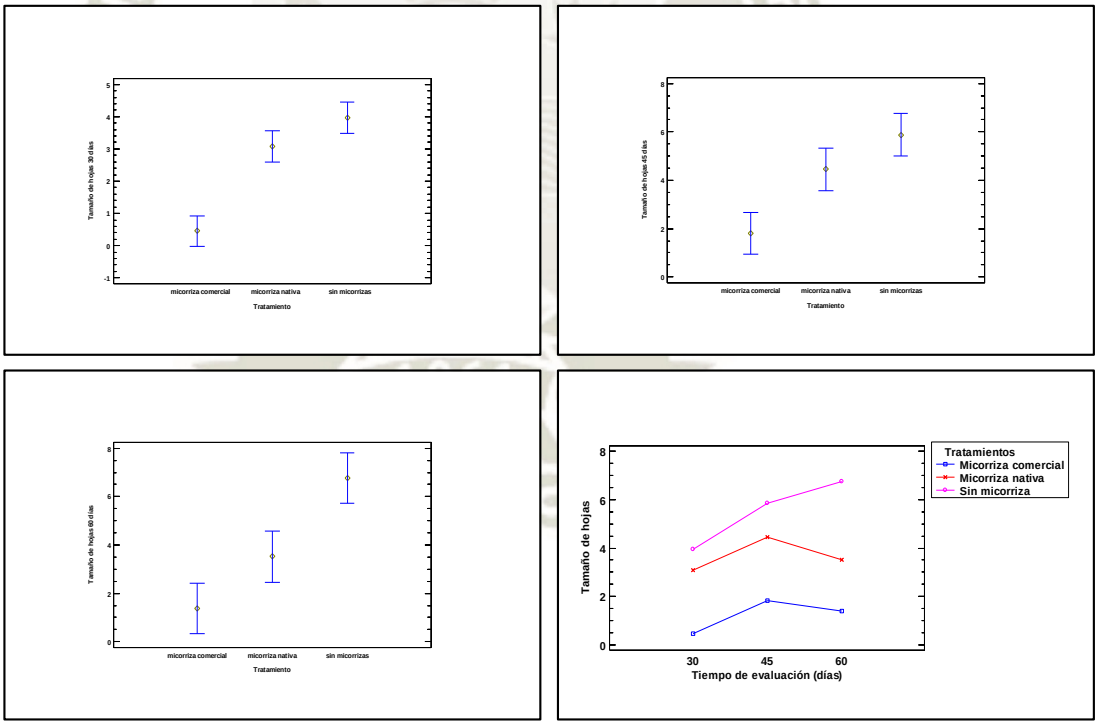

Figura 22. Cuadros de tamaño de hojas. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el tamaño de parte aérea, no existe diferencia significativa ($p>0.05$) por parte de sustratos, en cada día de evaluación. Por el lado de las cepas, en los días 30 y 45 de evaluación la micorriza comercial presento diferencia significativa ($p<0.05$) con los otros dos tratamientos, micorrizas nativas y sin micorrizas; estos últimos tratamientos no presentaron diferencia ($p>0.05$) para esos días de evaluación. Mientras para el día 60 de evaluación el tratamiento de sin micorrizas no presentaba diferencias ($p>0.05$) con ninguno de los otros tratamientos mientras el de micorrizas nativas se mantuvo con la diferencia con el tratamiento de micorriza comercial, los detalles se observan en la tabla 14. Los mejores resultados para el tamaño de parte aérea se encuentran en el tratamiento de la micorriza nativa junto con el sustrato turba tal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 14. Tamaño de parte aérea (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Tamaño de Parte Aérea			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Turba	2.11667a	2.85a	2.81667a
Humus	1.98333a	2.25833a	1.66667a
TurbaHumus	1.79167a	2.03333a	2.24167a
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
Micorriza nativa	2.33333a	2.96667a	3.14167a
Sin micorrizas	2.28333a	2.75a	2.40833ab
Micorriza comercial	1.275b	1.425b	1.175b

*Las letras a, b corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidencia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 15. Tamaño de parte aérea de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación.

Tamaño Parte Aérea				
Micorriza	**Sustrato**	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	2.5	3.05	3.025
Sin micorrizas	Humus	2.35	2.85	2.575
Sin micorrizas	TurbaHumus	2	2.35	1.625
Micorriza nativa	Turba	2.475	3.475	3.25
Micorriza nativa	Humus	2.3	2.85	1.875
Micorriza nativa	TurbaHumus	2.225	2.575	4.3
Micorriza comercial	Turba	1.375	2.025	2.175
Micorriza comercial	Humus	1.3	1.075	0.55
Micorriza comercial	TurbaHumus	1.15	1.175	0.8

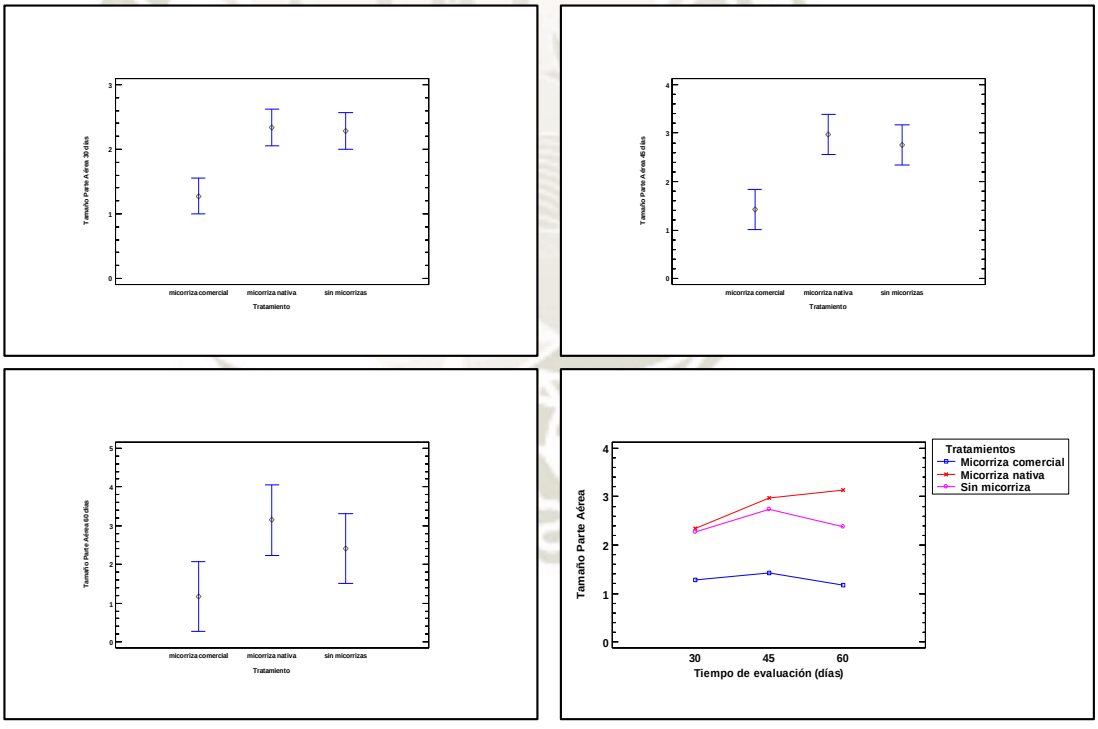

Figura 23. Cuadros de tamaño de parte aérea. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el tamaño de raíz, por parte de los sustratos no presentó diferencias significativas ($p>0.05$) para el día 30 de evaluación en todos los sustratos; mientras para el día 45 de evaluación el sustrato de turba presenta diferencias ($p<0.05$) con el sustrato combinado turba-humus y para el día 60 de evaluación turba presenta diferencias con los dos sustratos mientras humus y turba-humus no poseen diferencias significativas. Por otro lado, en el día 30 de evaluación todos los tratamientos, micorriza comercial, micorrizas nativas y sin micorrizas; presentaron diferencias significativas ($p<0.05$) entre ellas. En el día 45 de evaluación, micorriza comercial presenta diferencias con micorriza nativa y sin micorrizas; mientras estas dos no presentan diferencias entre sí. Finalmente, en el día 60 de evaluación, micorriza comercial solo posea diferencia con sin micorrizas mientras que la micorriza nativa no poseía diferencia significativa entre la micorriza comercial y sin micorriza. Las primeras evaluaciones presentaron mejores resultados para micorriza nativa sin embargo para el día 60 el tratamiento se sin micorriza tuvo mejores resultados, los detalles se muestran en la tabla 16. Los mejores resultados para el tamaño de raíz se observan para el tratamiento de micorriza nativa junto con el sustrato turba tal como se observa en la tabla 17.

Tabla 16. Tamaño de raíz (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Tamaño de Raíz			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Turba	3.125a	9.30833a	10.3167a
Humus	3.84167a	5.925ab	4.29167b
TurbaHumus	3.025a	4.29167b	4.38333b
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
Micorriza nativa	4.41667a	8.53333a	7.03333ab
Sin micorrizas	3.33333b	7.58333a	8.83333a
Micorriza comercial	2.24167c	3.40833b	3.125b

*Las letras a, b, c corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidencia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 17. Tamaño de raíz (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación.

Tamaño de Raíz				
Micorriza	**Sustrato**	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	3.25	9	11.75
Sin micorrizas	Humus	3.5	7.75	8.25
Sin micorrizas	TurbaHumus	3.25	6	5.5
Micorriza nativa	Turba	4.8	13	12.5
Micorriza nativa	Humus	4.15	8.35	2.5
Micorriza nativa	TurbaHumus	4.3	4.25	6.1
Micorriza comercial	Turba	1.325	5.925	6.7
Micorriza comercial	Humus	3.875	1.675	1.125
Micorriza comercial	TurbaHumus	1.525	2.625	1.55

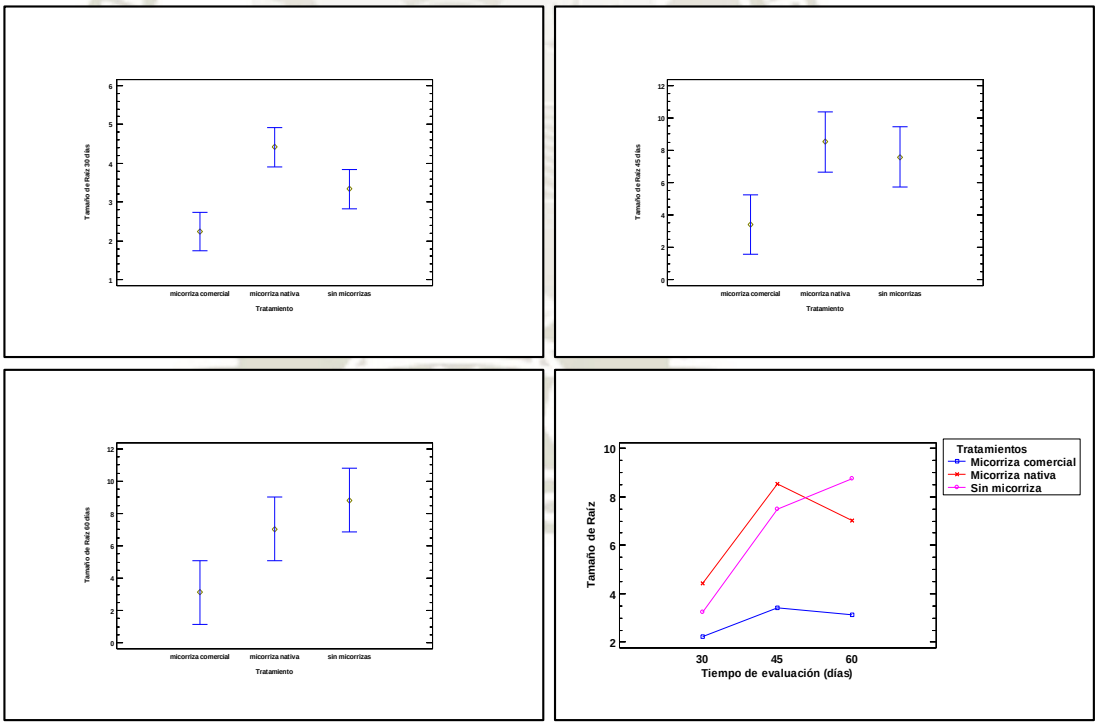

Figura 24. Cuadros de tamaño de raíz. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el número de raíces, por parte del sustrato solo se presentó diferencia significativa ($p<0.05$) en el día 45 de evaluación siendo el sustrato humus el que posee diferencia significativa con respecto a los otros sustratos; mientras en los días de evaluación restante no se presentaron diferencias significativas ($p>0.05$). Por otro lado, los tres tratamientos; micorriza comercial, micorrizas nativas y sin micorrizas, presentaron diferencia significativa entre ellas para el día 30 de evaluación; mientras que los días 45 y 60 de evaluación la micorriza comercial presento diferencia significativa con los otros dos; micorrizas nativas y sin micorrizas, estas dos no presentaron diferencias entre sí, los detalles se observan en la tabla 18. Los mejores resultados para el tamaño de raíz se encuentran en el tratamiento de micorriza nativa junto con el sustrato turba tal como se muestra en la tabla 19.

Tabla 18. Número de raíces de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Número de Raíces			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Turba	7.25a	14.6667a	11.8333a
Humus	6.75a	8.25a	8.66667a
TurbaHumus	6.08333a	8a	7.83333a
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
Micorriza nativa	10.6667a	13.5a	12.75a
Sin micorrizas	7a	13.25a	12.0833a
Micorriza comercial	2.41667b	4.16667b	3.5b

*Las letras a, b corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidencia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 19. Número de raíces de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación.

Número de Raíces				
Micorriza	**Sustrato**	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	7.5	16	14
Sin micorrizas	Humus	7.5	13	13.5
Sin micorrizas	TurbaHumus	6	10.75	8.75
Micorriza nativa	Turba	11.75	19	15.5
Micorriza nativa	Humus	9.75	10.75	10.75
Micorriza nativa	TurbaHumus	10.5	10.75	12
Micorriza comercial	Turba	2.5	9	6
Micorriza comercial	Humus	3	1	1.75
Micorriza comercial	TurbaHumus	1.75	2.5	2.75

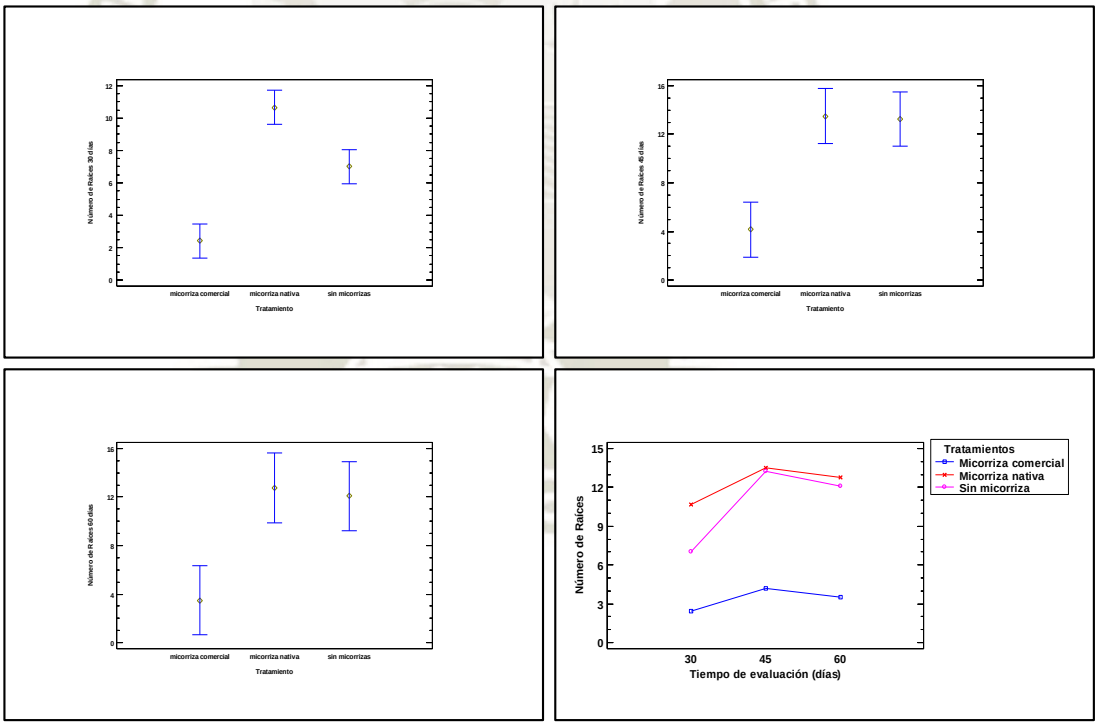

Figura 25. Cuadros de número de raíces. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el diámetro de raíz, en el caso de los sustratos solo se mostró diferencia significativa ($p<0.05$) para el día 30 de evaluación, siendo la combinación de turba-humus la que presento diferencia a comparación de los otros sustratos. En los demás días no se mostró diferencia ($p>0.05$) en cuanto a los sustratos. Por otro lado, se mostró diferencia significativa para en el tratamiento sin micorrizas mientras los otros dos tratamientos no mostraron diferencia alguna; esto ocurrió en los días 30 y 45 de evaluación. En cuanto al día 60 de evaluación todas mostraron diferencias significativas, siendo mejor el tratamiento sin micorrizas, los detalles se muestran en la tabla 20. Los mejores resultados para el diámetro de raíz se encuentran en el tratamiento de sin micorriza junto con el sustrato turba tal como se muestra en la tabla 21.

Tabla 20. Diámetro de raíz (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Diámetro de Raíz			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Humus	0.2a	0.2a	0.15a
Turba	0.191667a	0.166667a	0.2a
TurbaHumus	0.141667b	0.15a	0.15a
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	0.216667a	0.25a	0.25a
Micorriza nativa	0.175b	0.158333b	0.166667b
Micorriza comercial	0.141667b	0.108333b	0.0833333c

*Las letras a, b, c corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 21. Diámetro de raíz (cm) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación.

Diámetro de Raíz				
Micorriza	**Sustrato**	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	0.25	0.3	0.275
Sin micorrizas	Humus	0.2	0.25	0.275
Sin micorrizas	TurbaHumus	0.2	0.2	0.2
Micorriza nativa	Turba	0.175	0.15	0.2
Micorriza nativa	Humus	0.2	0.175	0.125
Micorriza nativa	TurbaHumus	0.15	0.15	0.175
Micorriza comercial	Turba	0.15	0.15	0.125
Micorriza comercial	Humus	0.2	0.075	0.05
Micorriza comercial	TurbaHumus	0.075	0.1	0.075

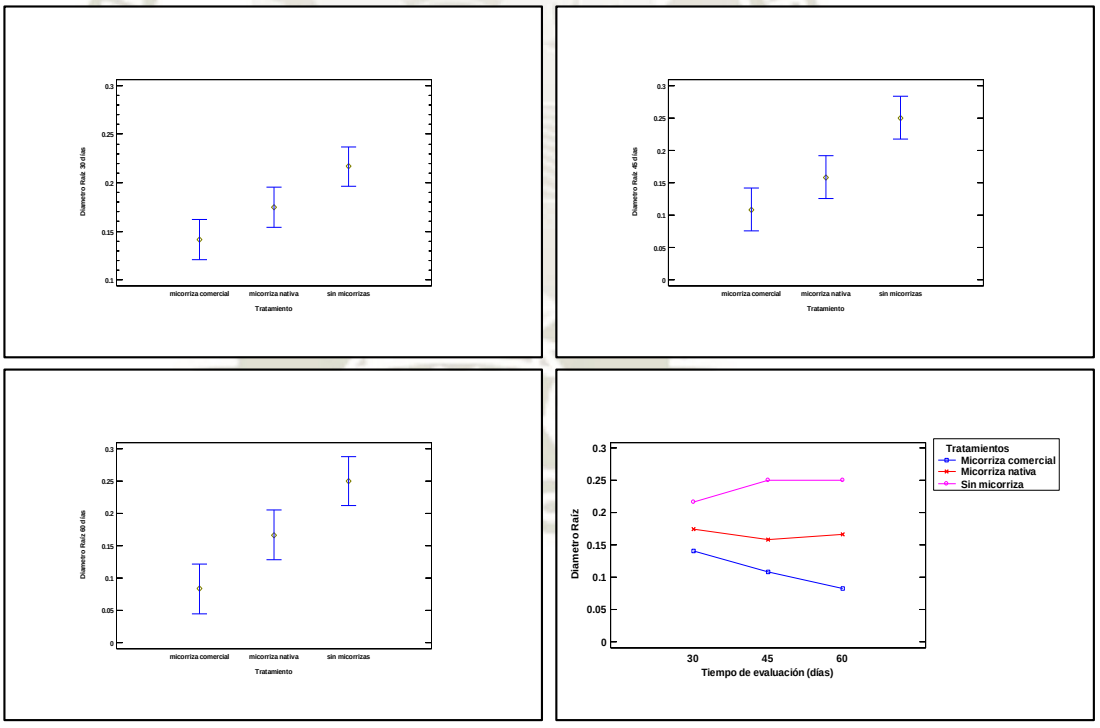

Figura 26. Cuadros de diámetro de raíz. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el porcentaje de colonización, el día 30 de evaluación no presento presencia de colonización de raíces en ningún tratamiento. El día 45 de evaluación el sustrato de turba mostro diferencia significativa ($p<0.05$) con humus mientras que la combinación de los dos no presento diferencia ($p>0.05$) con ningún sustrato. En el día 60 de evaluación todos los sustratos no poseían diferencia. Por otro lado, en cuanto a las micorrizas la que presento diferencia con respecto a las otras fue el de micorrizas nativas esto se repitió para los días 45 y 60 de evaluación, los detalles se encuentran en la tabla 22. En cuanto al tratamiento que no se le inoculó micorrizas no hubo porcentaje de colonización esto se explica porque no tenía ni la micorriza comercial ni las micorrizas nativas. Los mejores resultados para el porcentaje de colonización se encuentran en el tratamiento de micorriza nativa junto con el sustrato turba.

Tabla 22. Porcentaje de colonización de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Porcentaje de Colonización			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Turba	-	1.9975a	3.77667a
Humus	-	0.245b	2.94167a
TurbaHumus	-	0.924167ab	1.35583a
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
micorriza nativa	-	2.9975a	5.55167a
micorriza comercial	-	0.169167b	2.5225b
sin micorrizas	-	0b	0b

*Las letras a, b corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 23. Porcentaje de colonización de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación.

Porcentaje de Colonización				
Micorriza	**Sustrato**	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	0	0	0
Sin micorrizas	Humus	0	0	0
Sin micorrizas	TurbaHumus	0	0	0
Micorriza nativa	Turba	0	5.485	9.225
Micorriza nativa	Humus	0	0.735	5.2375
Micorriza nativa	TurbaHumus	0	2.7725	2.1925
Micorriza comercial	Turba	0	0.5075	2.105
Micorriza comercial	Humus	0	0	3.5875
Micorriza comercial	TurbaHumus	0	0	1.875

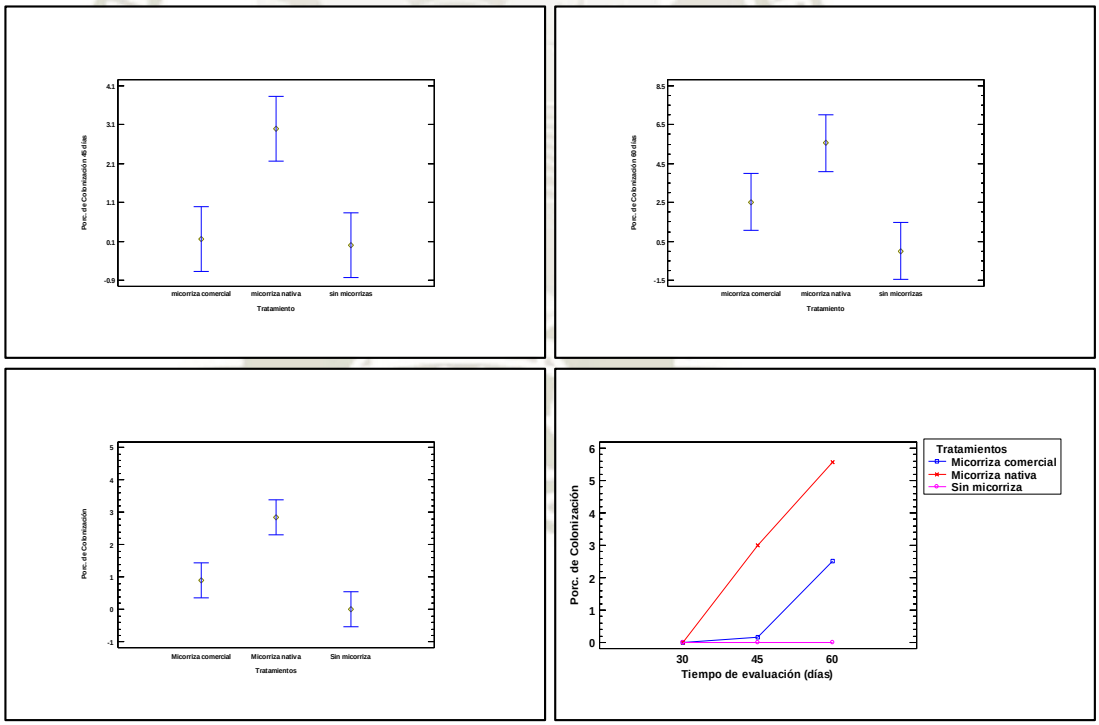

Figura 27. Cuadros de porcentaje de colonización. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el peso fresco de hojas, en cuanto a los sustratos en el día 30 de evaluación no se mostró diferencias significativas ($p>0.05$); en el día 45 de evaluación la turba presento diferencia ($p<0.05$) con los otros sustratos mientras los otros no presentaban diferencias entre sí; para el día 60 la turba presento diferencia con la combinación turba-humus mientras que humus no presento con ningún sustrato. Por otro lado, en el caso de las micorrizas en el día 30 de evaluación la micorriza comercial presento diferencia significativa con las micorrizas nativas y con el que no contenía micorrizas, estas dos últimas no presentaron diferencias; en el día 45 de evaluación el tratamiento sin micorrizas presentó diferencia significativa para micorriza comercial mientras que la micorriza nativa no presento diferencia con ningún tratamiento; en el día 60 solo el tratamiento de sin micorriza presento diferencia significativa; mientras los otros dos, micorriza comercial y micorriza nativa no presentaban diferencia entre sí, los detalles se muestran en la tabla 24. Los mejores resultados para el peso fresco de hojas se encuentran en el tratamiento de sin micorriza junto con el sustrato humus tal como se detalla en la tabla 25.

Tabla 24. Peso fresco hojas (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Peso Fresco Hojas			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Turba	0.127725a	0.281867a	0.3119a
Humus	0.0783167a	0.108967b	0.171908ab
TurbaHumus	0.0761417a	0.106358a	0.10315b
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	0.155725a	0.264125a	0.324975a
Micorriza nativa	0.1182a	0.15735ab	0.153058b
Micorriza comercial	0.00825833b	0.0757167b	0.108925b

*Las letras a, b corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 25. Peso fresco hojas (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación.

Peso Fresco Hojas				
Micorriza	**Sustrato**	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	0.18095	0.4049	0.393475
Sin micorrizas	Humus	0.12115	0.215325	0.43385
Sin micorrizas	TurbaHumus	0.165075	0.17215	0.1476
Micorriza nativa	Turba	0.184775	0.26995	0.319075
Micorriza nativa	Humus	0.106475	0.10105	0.07005
Micorriza nativa	TurbaHumus	0.06335	0.10105	0.07005
Micorriza comercial	Turba	0.01745	0.17075	0.22315
Micorriza comercial	Humus	0.007325	0.010525	0.011825
Micorriza comercial	TurbaHumus	0	0.045875	0.0918

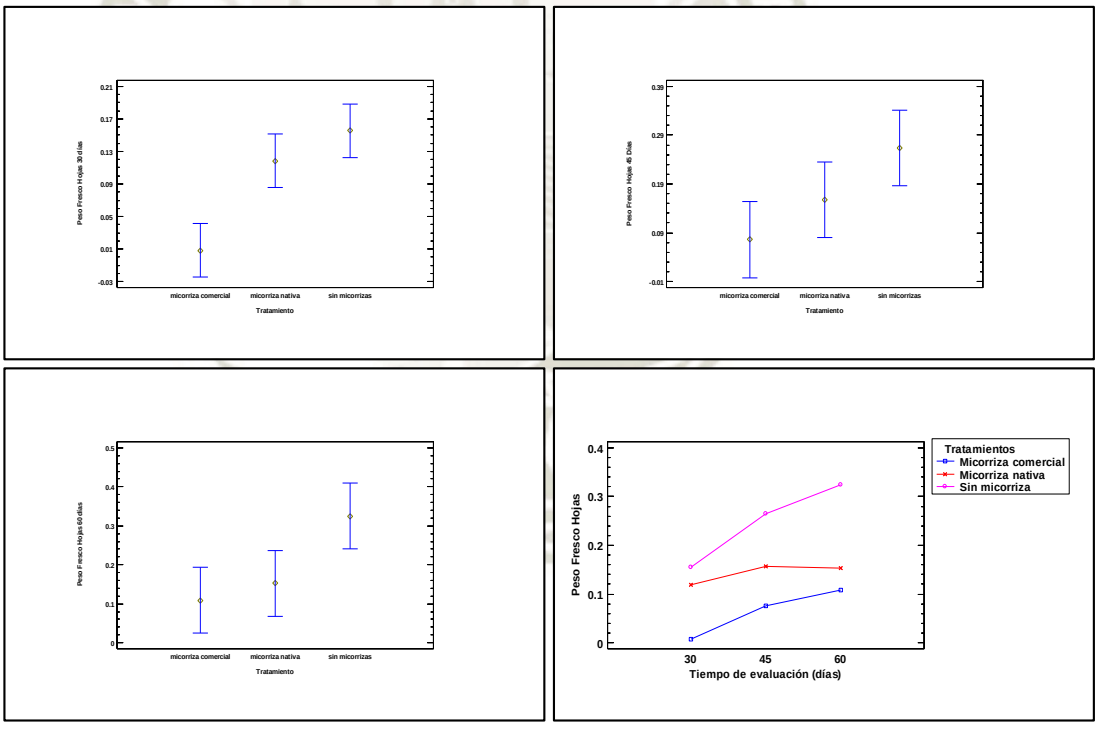

Figura 28. Cuadros de peso fresco de hojas. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el peso seco de hojas, en cuanto a los sustratos en el día 30 de evaluación la turba presentó diferencia significativa ($p<0.05$) con humus, mientras la combinación turba-humus no presento diferencias ($p>0.05$) con los otros sustratos; en el día 45 de evaluación solo turba presento diferencia con los otros sustratos; y por último en el día 60 de evaluación ningún sustrato presentó diferencias significativas. Por otro lado, para las micorrizas en el día 30 de evaluación los tres tratamientos presentaron diferencias significativas entre sí; en el día 45 de evaluación el tratamiento que no contenía micorrizas presento diferencia solo con micorriza comercial mientras la micorriza nativa no presento diferencias significativas con ninguna de las otras dos; y por último en el día 60 de evaluación ningún tratamiento presento diferencias significativas entre sí, los detalles se muestran en la tabla 26. Los mejores resultados para peso seco de hojas se encuentran en el tratamiento de sin micorriza junto con turba tal como se muestra en la tabla 27.

Tabla 26. Peso seco hojas (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Peso Seco Hojas			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Turba	0.0122667a	0.0432833a	0.0525333a
TurbaHumus	0.00979167ab	0.0152833b	0.0222583a
Humus	0.005975b	0.0151b	0.0270667a
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	0.0166417a	0.0354833a	0.0512667a
Micorriza nativa	0.0108333b	0.0286583ab	0.0340417a
Micorriza comercial	0.000558333c	0.009525b	0.01655a

*Las letras a, b corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 27. Peso fresco hojas (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación.

Peso Seco Hojas				
Micorriza	**Sustrato**	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	0.019875	0.061425	0.069175
Sin micorrizas	Humus	0.00785	0.0177	0.063725
Sin micorrizas	TurbaHumus	0.0222	0.027325	0.0209
Micorriza nativa	Turba	0.01655	0.042825	0.049775
Micorriza nativa	Humus	0.008775	0.026175	0.01615
Micorriza nativa	TurbaHumus	0.007175	0.016975	0.0362
Micorriza comercial	Turba	0.000375	0.0256	0.03865
Micorriza comercial	Humus	0.0013	0.001425	0.001325
Micorriza comercial	TurbaHumus	0	0.00155	0.009675

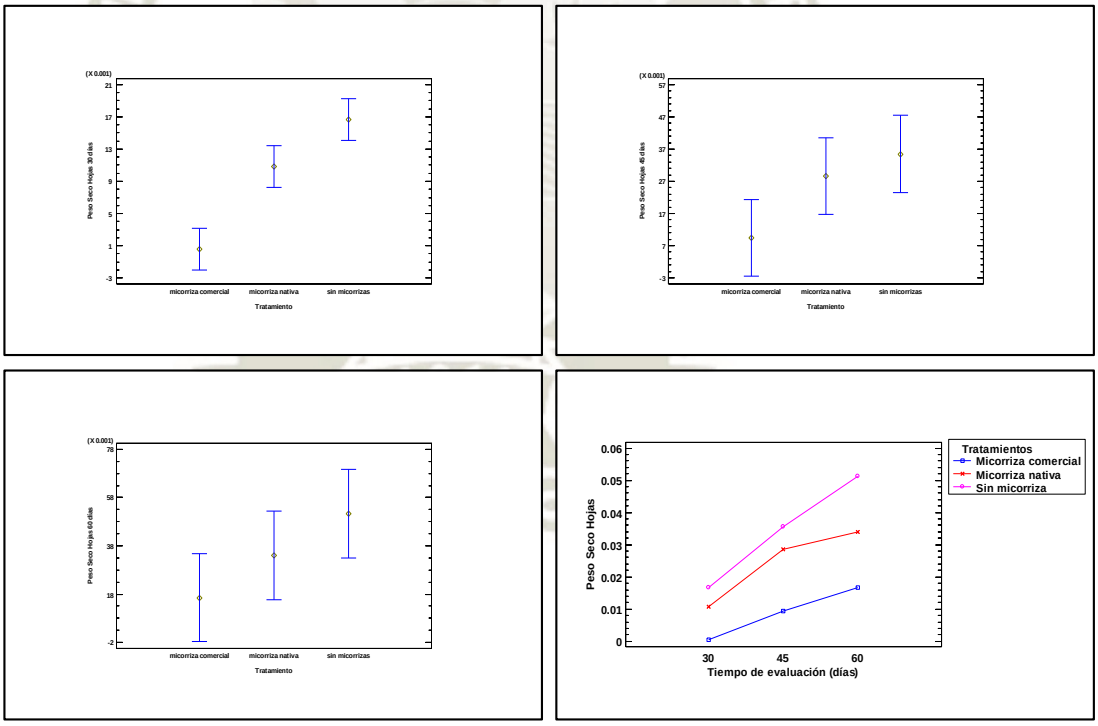

Figura 29. Cuadros de peso seco de hojas. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el peso fresco de tallo, en cuanto a los sustratos en el día 30 de evaluación ningún sustrato presento diferencia ($p>0.05$) entre sí; en el día 45 de evaluación la turba presento diferencia significativa ($p<0.05$) con la combinación turba-humus mientras que humus no presento diferencia significativa con los demás sustratos; y por último en el día treinta solo turba presento diferencias con los otros sustratos. Por otro lado, las micorrizas en el día 30 de evaluación solo la micorriza comercial presentó diferencia significativa con los demás tratamientos; en el día 45 de evaluación ningún tratamiento presento diferencias significativas entre sí; y por último en el día 60 de evaluación solo el tratamiento sin micorrizas presentó diferencias significativas con los otros tratamientos, los detalles se observan en la tabla 28. Los mejores resultados para peso fresco de tallo se encuentran en el tratamiento de sin micorrizas junto con el sustrato de turba tal como se detalla en la tabla 29.

Tabla 28. Peso fresco tallo (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Peso Fresco Tallo			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Turba	0.02755a	0.0675333a	0.105392a
Humus	0.0200583a	0.0382417ab	0.0420083b
TurbaHumus	0.0186083a	0.020575b	0.0223833b
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	0.0276583a	0.0610333a	0.09185a
Micorriza nativa	0.0291917a	0.04005a	0.0444583b
Micorriza comercial	0.00936667b	0.0252667a	0.033475b

*Las letras a, b corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 29. Peso fresco tallo (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación.

Peso Fresco Tallo				
Micorriza	**Sustrato**	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	0.03955	0.093025	0.139525
Sin micorrizas	Humus	0.01415	0.053425	0.10525
Sin micorrizas	TurbaHumus	0.029275	0.03665	0.030775
Micorriza nativa	Turba	0.036875	0.066125	0.09125
Micorriza nativa	Humus	0.0283	0.0354	0.019725
Micorriza nativa	TurbaHumus	0.0224	0.018625	0.0224
Micorriza comercial	Turba	0.006225	0.04345	0.0854
Micorriza comercial	Humus	0.017725	0.0259	0.00105
Micorriza comercial	TurbaHumus	0.00415	0.00645	0.013975

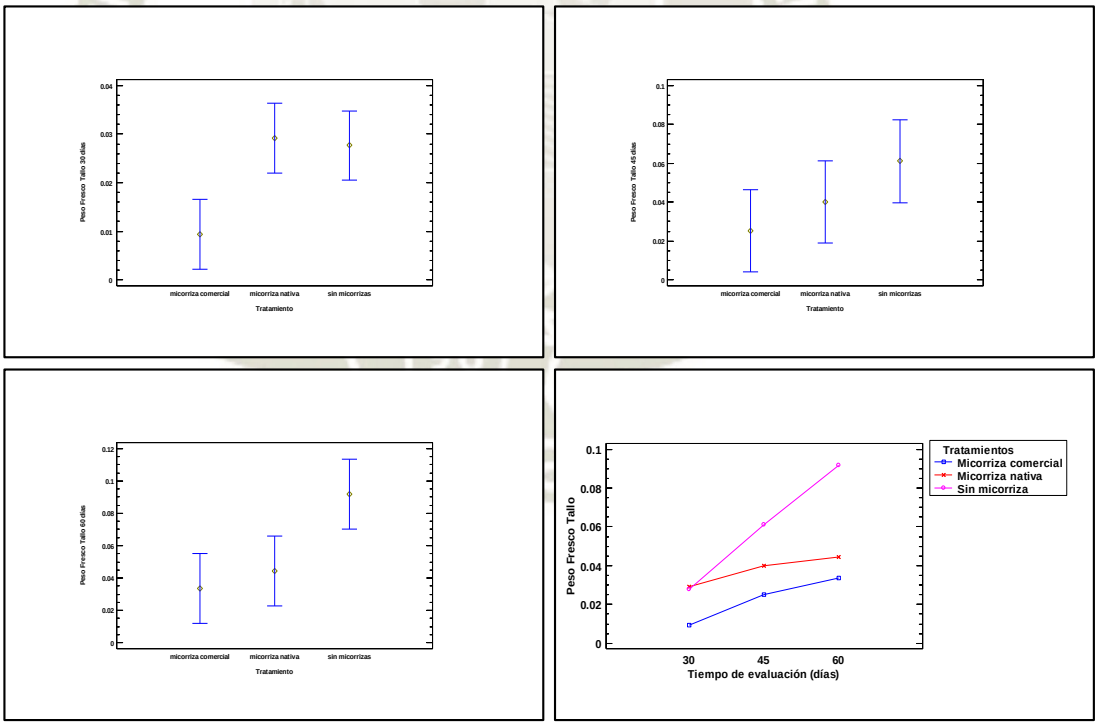

Figura 30. Cuadros de peso fresco de tallo. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para el peso seco de tallo, en cuanto al sustrato en los días 30 y 45 de evaluación ningún sustrato presentó diferencias significativas ($p>0.05$) entre sí y para el día 60 de evaluación solo turba presentó diferencias significativas ($p<0.05$) con los demás sustratos. Por otro lado, en el día 30 de evaluación solo la micorriza comercial presentó diferencia significativa con los demás tratamientos y en los días 45 y 60 de evaluación el tratamiento de sin micorrizas presento diferencia con la micorriza comercial mientras que la micorriza nativa no presento diferencias con ninguna de las otras dos, los detalles se observan en la tabla 30. Los mejores resultados para peso seco de tallos se encuentran en el tratamiento de sin micorriza junto con el sustrato de turba tal como se detalla en la tabla 31.

Tabla 30. Peso seco tallo (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de diferentes sustratos y diferentes micorrizas por diferentes días de evaluación.

Peso Seco Tallo			
Días	30	45	60
Sustrato	**Media**	**Media**	**Media**
Turba	0.00195833a	0.00689167a	0.0140917a
Humus	0.0013a	0.00393333a	0.00545833b
TurbaHumus	0.00171667a	0.00323333a	0.00495833b
Micorriza	**Media**	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	0.00243333a	0.00676667a	0.0135333a
Micorriza nativa	0.001775a	0.00556667ab	0.0068ab
Micorriza comercial	0.000766667b	0.001725b	0.004175b

*Las letras a, b corresponden a la prueba de Tukey p=0.05 y 95% de confidenc

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 31. Peso seco tallo (g) de *Solanum lycopersicum*, valores de micorriza por sustrato en cada día de evaluación

Peso Seco Tallo				
Micorriza	**Sustrato**	**Día de evaluación**		
		30 días	45 días	60 días
		Media	**Media**	**Media**
Sin micorrizas	Turba	0.002925	0.00905	0.019675
Sin micorrizas	Humus	0.001525	0.00725	0.012375
Sin micorrizas	TurbaHumus	0.00285	0.004	0.00855
Micorriza nativa	Turba	0.0022	0.0076	0.01235
Micorriza nativa	Humus	0.001925	0.004475	0.0035
Micorriza nativa	TurbaHumus	0.0012	0.004625	0.00455
Micorriza comercial	Turba	0.00075	0.004025	0.01025
Micorriza comercial	Humus	0.00045	0.000075	0.0005
Micorriza comercial	TurbaHumus	0.0011	0.001075	0.001775

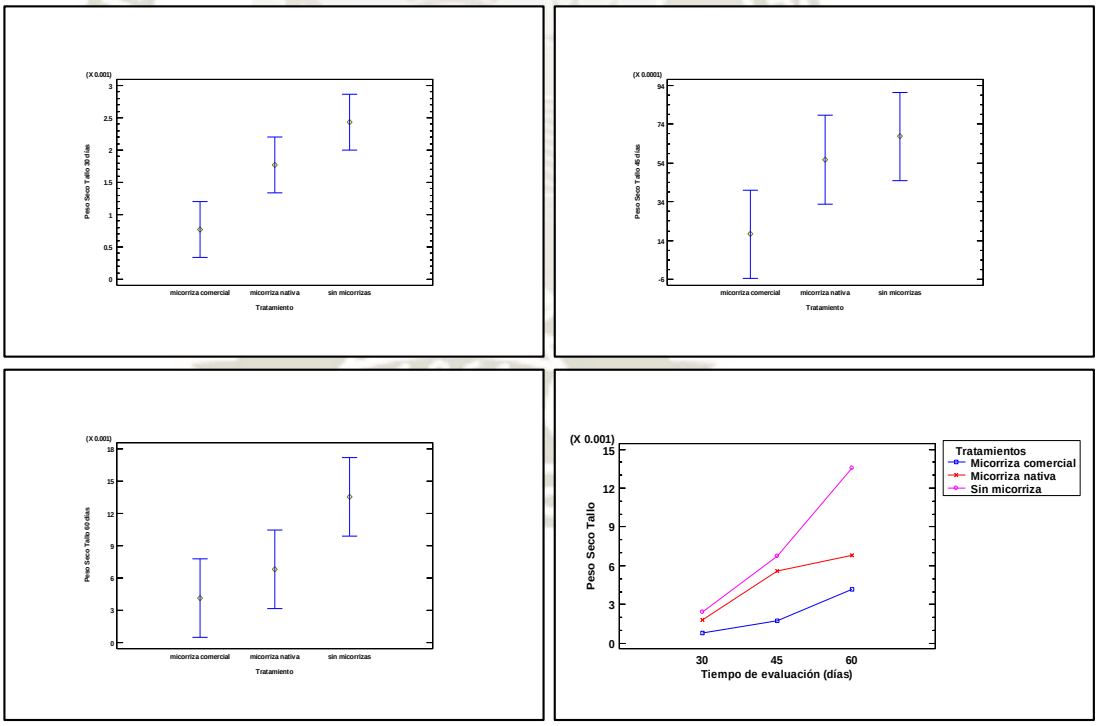

Figura 31. Cuadros de peso seco de tallo. Imagen superior izquierda correspondiente al día 30 de evaluación, imagen superior derecha correspondiente al día 45 de evaluación, la imagen inferior izquierda correspondiente al día 60 de evaluación y la imagen inferior derecha correspondiente a la interacción entre las cepas con cada día de evaluación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estos resultados mostraron que el mejor tratamiento en la mayoría de los parámetros evaluados fue el tratamiento sin micorrizas, seguido por la micorriza nativa y por muy debajo la micorriza comercial. Si bien se esperaba los mejores resultados por parte de las micorrizas, esto se puede deber a que la densidad de esporas fue de 116 esporas por 100 gramos de suelo seco; a esta densidad se le cataloga como una densidad muy baja[54], considerándose una densidad alta superando las 200 esporas por mL, pero eso depende de la especie[54]. Por otro lado, la micorriza comercial presento los peores resultados, teniendo en consideración que no se conoce que especies y la densidad de esporas presentes en la micorriza comercial, por lo que la especificidad[13] de esas micorrizas no sean afines al del genero *Solanum*, por lo que se vio un desarrollo lento. Sin embargo, estudios realizados anteriormente evidencian que la inoculación de micorrizas mejora considerablemente las características de la planta. Mujica-Pérez[76], evaluó la micorriza *Glomus cubense* en *Solanum lycopersicum* en tres dosis de 10, 20 y 40 esporas por mL correspondientes a 8000, 16000 y 32000 esporas respectivamente, el cual las últimas dos dosis demostrando superioridad siendo ligeramente mejor la dosis de 20 esporas/mL. Ley-Rivas[77], evaluó la actividad de cuatro especies de micorrizas; *Glomus sp. 1*, *Glomus sp. 2*, *Glomus clarum* y *Glomus intraradices*, en la cual se inoculo un total de 500 esporas de cada espora; las cepas que mostraron mayor eficiencia fueron *Glomus sp1* y *Glomus intraradices*. En este trabajo de evaluaron número de hojas dando para el tratamiento testigo un total de 9 hojas mientras que para los tratamientos inoculados superaban las 14 hojas a los 60 días de evaluación; mostrando mejores resultados que la experimentación en este trabajo. Alvarado-Carrillo[78], evaluó el efecto de la inoculación de la micorriza arbúscular *Rhizophagus intraradices* en tomate inoculando 40 esporas/gramo la cual si mostro un gran efecto en la productividad del tomate en frente de un tratamiento sin inoculante. Teniendo todas estas investigaciones en cuenta el efecto de las micorrizas es muy bueno con respecto a un tratamiento sin ellas, pero dependerá de la densidad de esporas que se inocule, mostrándose una alta densidad en las investigaciones con respecto a la baja densidad que se inoculo en este trabajo. La micorrización en las raíces también se evaluaron, Mujica-Pérez[76] presento una colonización máxima de 18% frente a lo máximo alcanzado de 11.26% en esta experimentación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

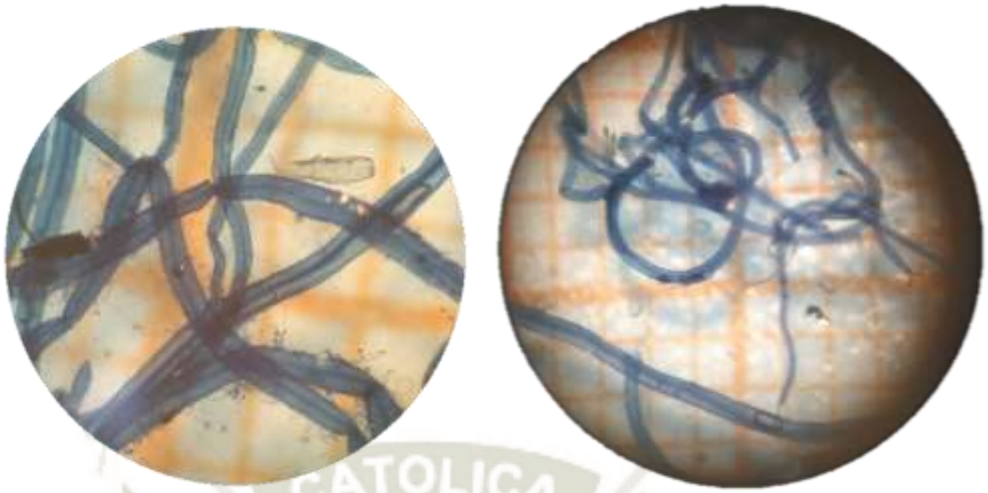

Figura 32. Raíces colonizadas por HMA.

Por en cuanto a los sustratos, el sustrato que mostros mejores resultados en la mayoría de parámetros elevados fue la turba, esto se puede deber que la acción de las micorrizas se evidencia mejor en suelos pobres en nutrimentos como el caso de la turba, ya que el humus es usado como fertilizante contiene una cantidad elevada de nutrimentos comparación de la turba. Es por eso que cuando se realizan cultivos de micorrizas se reduce la fertilización, solo se emplea cuando la planta comienza a tener síntomas de clorosis añadiendo fertilizantes con poca cantidad de fosforo P[54]. En el análisis estadístico no se evidencio interacción entre las micorrizas y el tipo de sustrato por lo que su acción no depende de una y otra. Por lo que la acción de las micorrizas, no se ven influenciadas directamente por el sustrato utilizado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 33. Plantas de *Solanum lycopersicum*, con micorriza nativa y con micorriza comercial.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

Primero. Se detectaron tres zonas con presencias de *Solanum pseudocapsicum* L. en el desierto de La Joya; cada una con un número distintos de individuos y también con características fisicoquímicas similares, por concentraciones bajas de N, P, K, humedad relativa y materia orgánica; además de suelos salinos.

Segundo. Los análisis de diversidad presentaron una riqueza total de 14 especies de micorrizas; de las cuales 8, 4 y 5 especies se presentaban en las zonas A, B y C respectivamente, mostrándose una mayor diversidad en la zona A. Por otro lado, los estimadores indicaron que se podría encontrar hasta 23 especies de micorrizas en las tres zonas. Entre las especies se logró identificar ocho micorrizas a nivel de género pertenecientes a *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Diversispora y Ambispora*. Además, también hubo otras seis esporas que no lograron identificarse por lo que se pueden tratar de especies nuevas o hasta de géneros nuevos.

Tercero. La evaluación del efecto de *Solanum lycopersicum* en condiciones de invernadero presentó que entre los tratamientos de sin micorriza y micorriza nativa no existe diferencia significativa mostrando una mayor eficiencia por parte del tratamiento sin micorrizas en la mayoría de parámetros evaluados a excepción de los parámetros tamaño de parte aérea, tamaño de raíz, número de raíces y porcentaje de colonización, los cuales se mostraron mejores resultados por parte del tratamiento de la micorriza nativa; siendo la micorriza comercial la que presento resultados desfavorables. Por otro lado, el sustrato turba fue el que obtuvo los mejores resultados a comparación del humus y turba-humus; por lo que el efecto sobre *Solanum lycopersicum* es mejor en el tratamiento de sin micorrizas junto con el sustrato turba.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

- En cuanto a las micorrizas se recomienda la contribución de un taxónomo especializado en micorrizas para la identificación. Además, de uso de técnicas moleculares para la identificación concreta de todas las especies aisladas con la finalidad de reportar si son especies nuevas.
- Establecimiento de monocultivos de cada especie aislada para elaboración de un banco de germoplasma.
- Evaluar el efecto individual de cada micorriza aislada en la planta de *Solanum lycopersicum*.
- Determinar la especificidad de cada micorriza en *Solanum lycopersicum* o en otras especies de plantas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Newsham KK, Fitter AH, Watkinson AR. Multi-functionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizas. Trends in Ecology & Evolution. 1995 October; 10(10): p. 407-411.

2. Smith SE, Read D. Mycorrhizal Symbiosis. Tercera ed. New York: Academic Press; 2008.

3. Simon L, Bousquet J, Lévesque RC, Lalonde M. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. Nature. 1993 Mayo; 363(6424): p. 67-69.

4. Lenoir I, Fontaine J, Lounès-Hadj Sahraoui A. Arbuscular mycorrhizal fungal responses to abiotic stresses: A review. Phytochemistry. 2016 Marzo; 123: p. 4-15.

5. Ford Deninson R, Toby Kiers E. Life Histories of Symbiotic Rhizobia and Mycorrhizal Fungi. Current Biology. 2011 Setiembre; 21(18): p. R775-R785.

6. Stearns CR. Surface heat budget of the Pampa de La Joya, Peru. Monthly Weather Review. 1969 Diciembre; 97(12).

7. Gonzáles Arce P. Distribución geográfica de los “tomates silvestres” (Sect. Lycopersicon Solanaceae). Arnaldoa. 2013; 20(2): p. 301-314.

8. Frank A, Trappe J. On the nutritional dependence of certain trees on root symbiosis with belowground fungi (an English translation of A.B. Frank’s classic paper of 1885). Mycorrhiza. 2005 Junio; 15(4).

9. Wang B, Qiu YL. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. Mycorrhiza. 2006 Julio; 16(5): p. 299-363.

10. Strullu-Derrien C, Selosse MA, Kenrick P, Martin FM. The origin and evolution of mycorrhizal symbioses: from palaeomycology to phylogenomics. New Phytologist. 2018 Marzo; 220.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

11. Brundrett MC, Tedersoo L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. New Phytologist. 2018 Enero; 220(4): p. 1108-1115.

12. Wallander H, Ekblad A. The Importance of Ectomycorrhizal Networks for Nutrient Retention and Carbon Sequestration in Forest Ecosystems. In Horton T, editor. Mycorrhizal Networks. Ecological Studies (Analysis and Synthesis). Dordrecht: Springer; 2015. p. 69-90.

13. Heijden MG, Martin FM, Selosse MA, Sanders IR. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. New Phytologist. 2015 Marzo; 205(4): p. 1406-1423.

14. Coto Madrid MA, Fernández-Miranda Cagigal E, Casares Sánchez A. Producción de inóculo fúngico para la micorrización de árboles destinados a recuperar zonas degradadas por la actividad industrial. Proyecto de investigación aplicada. Mieres: Universidad de Oviedo, Departamento de biología de organismos y sistemas. Área de fisiologia vegetal; 2016.

15. Schüßler A, Walker C. The Glomerycota: A species list with new families and new genera Gloucester; 2010.

16. Olsson PA, Thingstrup I, Jakobsen I, Baath E. Estimation of the biomass of arbuscular mycorrhizal fungi in a linseed field. Soil Biology & Biochemistry. 1999 Noviembre; 31(13): p. 1879-1887.

17. Jimenez Zappa RC, Núñez Ortega A. Diversidad De Generos De Hongos Formadores De Micorrizas Arbusculares Asociados A Pasto Colosuana (Bothriochloa Pertusa (L) A. Camus) En Suelos Compactados Y No Compactados Del Municipio De San Marcos-Departamento De Sucre. Tesis Pregrado. Sincelejo: Universidad de Sucre, Facultad de educación y ciencias. Programa de biología.; 2013.

18. Aguilera Gómez L, Olalde Portugal V, Arriaga M. R, Contreras Alonso R. Micorrizas arbusculares. CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva. 2007 Noviembre-Febrero; 14(3): p. 300-306.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

19. Tormo Molina R. Plantas y Hongos. [Online].; 2014 [cited 2019 Agosto 31. Available from: http://www.plantasyhongos.es/hongos/Endogonales.htm.

20. Tedersoo L, Sánchez Ramírez S, Kõjalg U, Bahram M, Döring M, Schigel D, et al. High-level classification of the Fungi and a tool for evolutionary ecological analyses. Fungal Diversity. 2018 Mayo; 90(1): p. 135-159.

21. Goto BT, Jobim K. Glomeromycota. [Online].; 2019 [cited 2019 Agosto 31. Available from: https://glomeromycota.wixsite.com/lbmicorrizas.

22. Redecker D, Schüßler A, Stockinger H, Stürmer SL, Morton JB, Walker C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). Mycorrhiza. 2013 Octubre; 23(7): p. 515-531.

23. Morton JB, Msiska Z. Phylogenies from genetic and morphological characters do not support a revision of Gigasporaceae (Glomeromycota) into four families and five genera. Mycorrhiza. 2010 Octubre; 20(7): p. 483-496.

24. Lone R, Agarwal S, Koul KK. Taxonomic Characteristic of Arbuscular Mycorrhizal Fungi-A Review. International Journal of Microbiological Research. 2014; 5(3): p. 190-197.

25. Muthukumar T, Radhika KP, Vaingankar J, D'souza J, Dessai S, Rodrigues BF. Taxonomy Of Am Fungi - An Update. In Rodrigues BF, Muthukumar T, editors. Arbuscular Mycorrhizae of Goa - A Manual of Identification Protocols. Goa; 2009. p. 75-108.

26. van der Heijden MGA, Klironomos JN, Ursic M, Moutoglis P, Streitwolf-Engel R, Boller T, et al. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. Nature. 1998 Noviembre; 396(6706): p. 69-72.

27. Pagano MC, Oehl F, da Silva GA, Maia LC, Cabello MN. Advances in Arbuscular Mycorrhizal Taxonomy. In Pagano MC, editor. Recent Advances on Mycorrhizal Fungi. Fungal Biology.: Springer, Cham; 2016. p. 15-21.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

28. Gerdemann JW, Trappe JM. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. Mycologia memoir. 1974; 5: p. 1-76.

29. Schenck NC, Perez Y. Manual for Identification of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi. INVAM Gainesville, FL; 1988.

30. Stürmer SL. A history of the taxonomy and systematics of arbuscular mycorrhizal fungi belonging to the phylum Glomeromycota. Mycorrhiza. 2012 Marzo; 22(4): p. 247-258.

31. Oehl F, Da Silva GA, Goto BT, Maia L, Sieverding E. Glomeromycota: two new classes and a new order. Mycotaxon. 2011 Abril - Junio; 116: p. 365-379.

32. Goto BT. Aspectos gerais da classificação. Laboratório de Biologia de Micorrizas. [Online].; 2014. Available from: http://glomeromycota.wix.com/lbmicorrizas#!c1/c229i.

33. Ruíz PO, Rojas KC, Sieverding E. La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. Espacio y desarrollo. 2011; 23: p. 47-63.

34. Corazon Guivin MA, Cerna Mendoza A, Guerrero Abad J, Vallejos Tapullima A, Carballar Hernández S, da Silva GA, et al. Funneliglomus, gen. nov., and Funneliglomus sanmartinensis, a new arbuscular mycorrhizal fungus from the Amazonia region in Peru. Sydowia 71. 2019 Marzo; 71: p. 17-24.

35. Corazon Guivin A, Cerna Mendoza A, Gerrero Abad JC, Vallejos Tapullima A, Carballar Hernández S, da Silva GA. Microkamienskia gen. nov. and Microkamienskia peruviana, a new arbuscular mycorrhizal fungus from Western Amazonia. Nova hedwigia. 2019 Agosto.

36. Corazon-Guivin MA, Cerna Mendoza A, Guerrero Abad JC, Vallejos Tapullima A, Alves da Silva G, Oehl F. Acaulospora aspera, a new fungal species in the Glomeromycetes from rhizosphere soils of the inka nut (Plukenetia volubilis L.)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

in Peru. Journal of Applied Botany and Food Quality. 2019 Octubre; 92: p. 250-257.

37. Selosse MA, Richard F, He X, Simard W. Mycorrhizal networks: des liaisons dangereuses? Trends in Ecology and Evolution. 2006 Noviembre; 21(11): p. 621-628.

38. Kiers ET, Duhamel M, Beesetty Y, Mensah JA, Franken O, Verbruggen E, et al. Reciprocal Rewards Stabilize Cooperation in the Mycorrhizal Symbiosis. Science. 2011 Agosto; 333(6044): p. 880-882.

39. Bolan NS, Abbott LK. Seasonal variation in infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in relation to plant response to applied phosphorus. Australian Journal of Soil Research. 1983; 21(2): p. 207-210.

40. Estremadoyro Lam RG. Efecto de la aplicación de micorrizas combinadas con abonos organicos en la producción de tuberculillos de papa (Solanum tuberosum L.) var. UNICA, bajo condiciones de invernadero. Arequipa-2015. Tesis pregrado. Arequipa: Universidad Católica de Santa María, Facultad de ciencias e ingenierías biológicas y químicas; 2016.

41. Sainz MJ. Micorrizas arbusculares. Nuestro Agro. 2008;: p. 77-85.

42. Zevallos Bravo BE, Lorenzo Feijoo JC. Preservación de la diversidad de tomate silvestre (Solanum pimpinellifolium l.) del cantón Bolívar (Manabí, Ecuador) en un banco de semillas conservadas en nitrógeno líquido. Tesis doctoral. La Habana: Universidad de Ciego de Ávila ¨Máximo Gómez Báez¨, Ciencias Agricolas; 2014. Report No.: 959-16-2595-3.

43. López Marín LM. Manual técnico del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*. Primera ed. Ramírez Cartín L, editor. San José; 2016.

44. Pérez J, Hurtado G, Aparicio V, Argueta Q, Larín MA. Guía Técnica Cultivo de Tomate.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

45. Saravia Chávez FM. Elaboración de curvas de absorción de nutrientes para la variedad de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) Alboran bajo condiciones de invernadero en Zamorano, Honduras. Proyecto especial. Honduras:; 2004.

46. Valdivia-Silva JE, Karouia F, Navarro-Gonzalez R, McKay C. • Microorganisms, organic carbon, and their relationship with oxidant activity in hyper-arid mars-like soils: implications for soil habitability. Palaios. 2016 Enero; 31(1): p. 1-9.

47. Valdivia-Silva JE, Navarro-González R, Ortega-Gutierrez F, Fletcher LE, Perez-Montaño S, Condori-Apaza R, et al. Multidisciplinary approach of the hyperarid desert of Pampas de La Joya in southern Peru as a new Mars-like soil analog. Geochimica et Cosmochimica Acta. 2011 Abril; 75(7): p. 1975-1991.

48. Primack RB, Rodrigues E. Biologia da Conservaçao Londrina, PR; 2001.

49. Carmona Galindo V, Carmona T. La diversidad de los análisis de diversidad. Bioma. 2013 Enero; 14: p. 20-28.

50. Hernández Zamudio G, Sáenz Mata J, Moreno Reséndez A, Castañeda Gaytán G, Ogaz A, Carballar Hernádez S, et al. Dinámica de la diversidad temporal de los hongos micorrícicos arbusculares de Larrea tridentata (Sesse & Mocino ex DC) Coville en un ecosistema semiárido. Revista Argentina de Microbiología. 2018 Julio-Setiembre; 50(3): p. 301-310.

51. Sánchez Sánchez AA, Salcedo Martínez SM, Mendoza Villareal R, Pinedo Espinoza JM, Moreno Limón S. Aislamiento e Identificación de Micorrizas Arbúsculares (MA) Asociadas a la Rizósfera del chile piquín (Capsicum annuum var. aviculare L.). Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2018; 3: p. 86-91.

52. Chambers FM, Beilman DW, Yu Z. Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. Mires and Peat. 2010 Enero; 7(7): p. 1-10.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

53. Gerdemann JW, Nicolson TH. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society. 1963 Junio; 46(2): p. 235-244.

54. UWV , Morton J. International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi. [Online].; 2019 [cited 2019 09 04. Available from: https://invam.wvu.edu/.

55. Meza F, Díaz E, Escobar H, Belezaca Pinargote C, Cachipuendo J, Meza G, et al. Identificación de Hongos Micorrízicos en Plantaciones de Melina (Gmelina arborea Roxb) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 2017 Diciembre; 28(4): p. 969-975.

56. Koske RE, Tessier B. A convenient, permanent slide mounting medium. Mycological Society American Newsletters. 1983; 34: p. 59.

57. Brundrett M, Melville L, Peterson L. Practical Methods in Mycorrhiza Research Guelph, Ontario, Canada: Mycologue Publications; 19994.

58. Dandan Z, Zhiwei Z. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. Applied Soil Ecology. 2007 Octubre; 37(1-2): p. 118-128.

59. Sieverding E. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular en el laboratorio (CIAT) CIdAT, editor. Cali; 1983.

60. Sánchez de Prager M, Posada Almanza R, Velásquez Pomar D, Narváez Castillo M. Metodologías básicas para el trabajo con Micorriza Arbuscular y Hongos Formadores de Micorriza Arbuscular. Primera ed. Palmira UNdCS, editor.; 2010.

61. Phillips JM, Hayman DS. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society. 1970 Agosto; 55(1): p. 158-161.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

62. Giovannetti M, Mosse B. An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection in Roots. New Phytologist. 1980 Marzo; 84(3): p. 489-500.

63. Murashige T, Skoog F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. Physiologia Plantarum. 1962 Julio; 15(3): p. 473-497.

64. Botta AL, Santacecilia A, Ercole C, Cacchio P, Del Gallo M. In vitro and in vivo inoculation of four endophytic bacteria on Lycopersicon esculentum. New Biotechnology. 2013 Setiembre; 30(6): p. 666-674.

65. Mosse B. The Establishment of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza under Aseptic Conditions. Journal of Genetic Microbiology. 1962 Marzo; 27(3): p. 509-520.

66. Valdivia Silva J. Estudio químico y microbiológico del desierto de La Joya, Arequipa-Perú, como un posible análogo a Marte. Tesis doctoral. Mexico D. F.: Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Posgrado en Ciencias Biológicas; 2009.

67. Chetelat R, Qin X, Tan M, Burkart-Waco D, Moritama , Huo , et al. Introgression lines of Solanum sitiens, a wild nightshade of the Atacama Desert, in the genome of cultivated tomato. The Plant Journal. 2019 Julio; 100(4): p. 836-850.

68. Kivlin SN, Hawkes V, Treseder KK. Global diversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi. Soil Biology & Biochemistry. 2011 Noviembre; 43(11): p. 2294-2303.

69. Mohammad MJ, Hamad SR, Malkawi HI. Population of arbuscular mycorrhizal fungi in semi-arid environment of Jordan as influenced by biotic and abiotic factors. Journal of Arid Environments. 2003 Marzo; 53(3): p. 409-417.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

70. Bethlenfalvay GJ, Dakessian J, Pacovsky RS. Mycorrhizae in a southern California desert: ecological implications. Canadian Journal of Botany. 1984 Marzo; 62(3): p. 519-524.

71. Stutz JC, Copeman R, Martin C, Morton JB. Patterns of species composition and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in arid regions of southwestern North America and Namibia, Africa. Canadian Journal of Botany. 2000; 78(2): p. 237-245.

72. Zangaro W, Rostirola LV, de Souza PB, de Almeida R. Root colonization and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in distinct successional stages from an Atlantic rainforest biome in southern Brazil. Mycorrhiza. 2013 Abril; 23(3).

73. Songachan LS, Kayang H. Diversity and Distribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Solanum Species Growing in Natural Condition. Agricultural Research. 2012 Setiembre; 1(3): p. 258-264.

74. Manian S, Edathil T, Udaiyan K. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Colonization and Growth of Tomato (Lycopersicon esculentum) in Autoclaved Soil. Pertanika journal of tropical agricultural science. 1995; 18(2): p. 95-101.

75. Allende M, Salinas L, Rodríguez F, Olivares N, Riquelme Jorge , Antúnez A, et al. Manual de cultivo del tomate bajo invernadero. 12th ed. Torres P A, editor. Santiago de Chile: INIA-INDAP; 2017.

76. Mujica-Pérez Y, Mena Echevarría A, Medina Carmona A, Rosales Jenquis P. Respuesta de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la biofertilización líquida con Glomus cubense. Cultivos tropicales. 2014 Abril-Junio; 35(2): p. 21-26.

77. Ley-Rivas JF, Sánchez JA, Ricardo N, Collazo E. Efecto de cuatro especies de hongos micorrizógenos arbusculares en la producción de frutos de tomate. Agronomía Costarricense. 2015 Enero; 39(1): p. 47-59.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

78. Alvarado Carrillo M, Díaz Franco A, Peña del Río MdlÁ. Productividad de tomate mediante micorriza arbuscular en agricultura protegida. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2014 Abril-Mayo; 5(3): p. 513-518.

79. Stearns CR. Surface heat budget of the Pampa de La Joya, Peru. Monthly Weather Review. 1969 Diciembre; 97(12): p. 860-866.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXOS

ANEXO I: ÁNALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA ZONA A

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Apdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA09G19.004107

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE	
Nombre del cliente	: Sergio Vega Herrera
Dirección del cliente	: Cal Aplao 220 San Martin de Socabaya
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Sergio Vega Herrera
Descripción de la muestra	: Tierra muestra A
INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 1500 g
Fecha de recepción	: 09/07/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 09/07/2019 al 16/07/2019
Fecha de emisión de informe	: 17/07/2019
Página	: 1 de 1

I. **ANALISIS FISICO – QUIMICO:**

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACION DE NITROGENO TOTAL Bremmer and JM Mulvaney 1982 Nitrogen Total kjeldahl	mg/kg	3,21
DETERMINACIÓN DE FOSFORO Adaptado Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/kg	37,15
DETERMINACIÓN DE POTASIO Adaptado Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/kg	95,15
DETERMINACION DE pH Método electrométrico potenciometrico	pH a 25 °C	6,00
DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD Método electrométrico	ms/cm 2	817

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO II: ÁNALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA ZONA B

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Apdo. 1350
AREQUIPA - PERU

INFORME DE ENSAYO N° ANA09G19.004107B

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente	: Sergio Vega Herrera
Dirección del cliente	: Cal Aplao 220 San Martin de Socabaya
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Sergio Vega Herrera
Descripción de la muestra	: Tierra muestra B

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 1500 g
Fecha de recepción	: 09/07/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 09/07/2019 al 16/07/2019
Fecha de emisión de informe	: 17/07/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACION DE NITROGENO TOTAL Bremmer and JM Mulvaney 1982 Nitrogen Total kjeldahl	mg/kg	3,05
DETERMINACIÓN DE FOSFORO Adaptado Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/kg	28,11
DETERMINACIÓN DE POTASIO Adaptado Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/kg	75,23
DETERMINACION DE pH Método electrométrico potenciometrico	pH a 25 °C	6,00
DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD Método electrométrico	ms/cm 2	1954,00

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
COFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO III: ÁNALISIS FISICO-QUIMICOS DE LA ZONA C

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS, BIOQUIMICAS Y BIOTECNOLOGICAS
LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Urb. San José S/N Umacollo CAMPUS UNIVERSITARIO H-204/205 ☎ + 51 54 382038 ANEXO 1166
laboratoriodeensayo@ucsm.edu.pe http://www.ucsm.edu.pe Apdo. 1350
AREQUIPA - PERÚ

INFORME DE ENSAYO N° ANA09G19.004107C

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Nombre del cliente	: Sergio Vega Herrera
Dirección del cliente	: Cal Aplao 220 San Martin de Socabaya
RUC	: No corresponde
Identificación del contacto	: Sergio Vega Herrera
Descripción de la muestra	: Tierra muestra C

INFORMACIÓN DEL ENSAYO

Condición del muestreo	: Por el cliente
Tamaño de muestra	: 1500 g
Fecha de recepción	: 09/07/2019
Fecha de ejecución de ensayo	: 09/07/2019 al 16/07/2019
Fecha de emisión de informe	: 17/07/2019
Página	: 1 de 1

I. ANALISIS FISICO – QUIMICO:

ANÁLISIS	UNIDADES	RESULTADO
DETERMINACION DE NITROGENO TOTAL Bremmer and JM Mulvaney 1982 Nitrogen Total kjeldahl	mg/kg	2,81
DETERMINACIÓN DE FOSFORO Adaptado Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/kg	29,54
DETERMINACIÓN DE POTASIO Adaptado Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry EPA METHOD 200.7	mg/kg	64,54
DETERMINACION DE pH Método electrométrico potenciometrico	pH a 25 °C	5,00
DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD Método electrométrico	ms/cm 2	977,00

OBSERVACIONES:

- La información proporcionada por el cliente es de responsabilidad exclusiva del mismo.
- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento previo y transporte de la muestra hasta el ingreso al LECC son responsabilidad del solicitante y los resultados emitidos en el presente informe se refieren a la muestra tal como se recibió.
- Los resultados emitidos en el presente informe se relacionan únicamente a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Este documento no debe ser reproducido, sin autorización escrita del Laboratorio de Ensayo y Control de Calidad

Q.F. Ricardo A. Abril Ramírez
CQFDA 00624
ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD LECC

LABORATORIO DE ENSAYO Y CONTROL DE CALIDAD

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO IV: ANOVAS PARA NÚMERO DE HOJAS – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Número de hojas 30 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	26.8889	2	13.4444	33.00	0.0000
B: Sustrato	0.222222	2	0.111111	0.27	0.7634
INTERACCIONES					
AB	1.11111	4	0.277778	0.68	0.6106
RESIDUOS	11.0	27	0.407407		
TOTAL (CORREGIDO)	39.2222	35			

Análisis de Varianza para Número de hojas 45 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	34.3889	2	17.1944	16.15	0.0000
B: Sustrato	1.72222	2	0.861111	0.81	0.4559
INTERACCIONES					
AB	4.11111	4	1.02778	0.97	0.4426
RESIDUOS	28.75	27	1.06481		
TOTAL (CORREGIDO)	68.9722	35			

Análisis de Varianza para Número de hojas 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	45.0556	2	22.5278	7.72	0.0022
B: Sustrato	3.72222	2	1.86111	0.64	0.5361
INTERACCIONES					
AB	3.44444	4	0.861111	0.30	0.8785
RESIDUOS	78.75	27	2.91667		
TOTAL (CORREGIDO)	130.972	35			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Varianza para Número de hojas - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	102.796	2	51.3981	35.13	0.0000
B: Sustratos	4.46296	2	2.23148	1.53	0.2237
C: Tiempo de evaluación (días)	28.9074	2	14.4537	9.88	0.0001
INTERACCIONES					
AB	3.48148	4	0.87037	0.59	0.6673
AC	3.53704	4	0.884259	0.60	0.6605
BC	1.2037	4	0.300926	0.21	0.9346
ABC	5.18519	8	0.648148	0.44	0.8916
RESIDUOS	118.5	81	1.46296		
TOTAL (CORREGIDO)	268.074	107			

ANEXO V: ANOVAS PARA TAMAÑO DE HOJAS – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Tamaño de hojas 30 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	80.3267	2	40.1633	44.65	0.0000
B: Sustrato	8.08167	2	4.04083	4.49	0.0207
INTERACCIONES					
AB	2.28667	4	0.571667	0.64	0.6415
RESIDUOS	24.285	27	0.899444		
TOTAL (CORREGIDO)	114.98	35			

Análisis de Varianza para Tamaño de hojas 45 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	102.269	2	51.1344	16.96	0.0000
B: Sustrato	26.4839	2	13.2419	4.39	0.0223
INTERACCIONES					
AB	7.55444	4	1.88861	0.63	0.6478
RESIDUOS	81.4225	27	3.01565		
TOTAL (CORREGIDO)	217.73	35			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Varianza para Tamaño de hojas 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	176.376	2	88.1878	20.59	0.0000
B: Sustrato	13.3739	2	6.68694	1.56	0.2282
INTERACCIONES					
AB	18.2011	4	4.55028	1.06	0.3941
RESIDUOS	115.625	27	4.28241		
TOTAL (CORREGIDO)	323.576	35			

Análisis de Varianza para Tamaño de hojas - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	338.592	2	169.296	61.96	0.0000
B: Sustratos	45.018	2	22.509	8.24	0.0006
C: Tiempo de evaluación (días)	52.1757	2	26.0879	9.55	0.0002
INTERACCIONES					
AB	4.7987	4	1.19968	0.44	0.7800
AC	20.3793	4	5.09481	1.86	0.1246
BC	2.92148	4	0.73037	0.27	0.8982
ABC	23.2435	8	2.90544	1.06	0.3970
RESIDUOS	221.333	81	2.7325		
TOTAL (CORREGIDO)	708.461	107			

ANEXO VI: ANOVAS PARA TAMAÑO DE PARTE AÉREA – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Tamaño Parte Aérea 30 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	8.55722	2	4.27861	13.88	0.0001
B: Sustrato	0.640556	2	0.320278	1.04	0.3675
INTERACCIONES					
AB	0.122778	4	0.0306944	0.10	0.9817
RESIDUOS	8.3225	27	0.308241		
TOTAL (CORREGIDO)	17.6431	35			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Varianza para Tamaño Parte Aérea 45 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	16.7172	2	8.35861	12.47	0.0001
B: Sustrato	4.27056	2	2.13528	3.19	0.0573
INTERACCIONES					
AB	0.651111	4	0.162778	0.24	0.9115
RESIDUOS	18.0975	27	0.670278		
TOTAL (CORREGIDO)	39.7364	35			

Análisis de Varianza para Tamaño Parte Aérea 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	23.7067	2	11.8533	3.69	0.0382
B: Sustrato	7.935	2	3.9675	1.24	0.3065
INTERACCIONES					
AB	14.1083	4	3.52708	1.10	0.3773
RESIDUOS	86.6775	27	3.21028		
TOTAL (CORREGIDO)	132.428	35			

Análisis de Varianza para Tamaño Parte Aérea - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	45.6563	2	22.8281	16.34	0.0000
B: Sustratos	8.61574	2	4.30787	3.08	0.0512
C: Tiempo de evaluación (días)	3.23616	2	1.61808	1.16	0.3193
INTERACCIONES					
AB	5.84315	4	1.46079	1.05	0.3891
AC	2.89231	4	0.723079	0.52	0.7231
BC	4.2287	4	1.05718	0.76	0.5566
ABC	8.99574	8	1.12447	0.80	0.6003
RESIDUOS	113.186	81	1.39736		
TOTAL (CORREGIDO)	192.654	107			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO VII: ANOVAS PARA TAMAÑO DE RAÍZ – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Tamaño de Raíz 30 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	28.3839	2	14.1919	14.51	0.0001
B: Sustrato	4.76222	2	2.38111	2.43	0.1067
INTERACCIONES					
AB	12.4178	4	3.10444	3.17	0.0293
RESIDUOS	26.4125	27	0.978241		
TOTAL (CORREGIDO)	71.9764	35			

Análisis de Varianza para Tamaño de Raíz 45 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	178.395	2	89.1975	6.60	0.0046
B: Sustrato	157.127	2	78.5633	5.82	0.0079
INTERACCIONES					
AB	54.1733	4	13.5433	1.00	0.4234
RESIDUOS	364.693	27	13.5071		
TOTAL (CORREGIDO)	754.388	35			

Análisis de Varianza para Tamaño de Raíz 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	204.401	2	102.2	6.78	0.0041
B: Sustrato	286.054	2	143.027	9.49	0.0008
INTERACCIONES					
AB	75.3844	4	18.8461	1.25	0.3137
RESIDUOS	407.078	27	15.0769		
TOTAL (CORREGIDO)	972.916	35			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Varianza para Tamaño de Raíz - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	320.84	2	160.42	16.24	0.0000
B: Sustratos	260.638	2	130.319	13.19	0.0000
C: Tiempo de evaluación (días)	229.241	2	114.62	11.60	0.0000
INTERACCIONES					
AB	59.0673	4	14.7668	1.49	0.2115
AC	82.8968	4	20.7242	2.10	0.0886
BC	174.958	4	43.7396	4.43	0.0027
ABC	90.7819	8	11.3477	1.15	0.3405
RESIDUOS	800.142	81	9.87829		
TOTAL (CORREGIDO)	2018.57	107			

ANEXO VIII: ANOVAS PARA NÚMERO DE RAÍCES – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Número de Raíces 30 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	410.056	2	205.028	46.04	0.0000
B: Sustrato	8.22222	2	4.11111	0.92	0.4095
INTERACCIONES					
AB	9.11111	4	2.27778	0.51	0.7278
RESIDUOS	120.25	27	4.4537		
TOTAL (CORREGIDO)	547.639	35			

Análisis de Varianza para Número de Raíces 45 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	678.722	2	339.361	17.12	0.0000
B: Sustrato	342.722	2	171.361	8.64	0.0013
INTERACCIONES					
AB	38.9444	4	9.73611	0.49	0.7422
RESIDUOS	535.25	27	19.8241		
TOTAL (CORREGIDO)	1595.64	35			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Varianza para Número de Raíces 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	638.722	2	319.361	10.04	0.0006
B: Sustrato	106.889	2	53.4444	1.68	0.2053
INTERACCIONES					
AB	48.2778	4	12.0694	0.38	0.8213
RESIDUOS	859.0	27	31.8148		
TOTAL (CORREGIDO)	1652.89	35			

Análisis de Varianza para Número de Raíces - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	1648.13	2	824.065	44.07	0.0000
B: Sustratos	326.352	2	163.176	8.73	0.0004
C: Tiempo de evaluación (días)	256.13	2	128.065	6.85	0.0018
INTERACCIONES					
AB	63.1481	4	15.787	0.84	0.5012
AC	79.3704	4	19.8426	1.06	0.3812
BC	131.481	4	32.8704	1.76	0.1454
ABC	33.1852	8	4.14815	0.22	0.9860
RESIDUOS	1514.5	81	18.6975		
TOTAL (CORREGIDO)	4052.3	107			

ANEXO IX: ANOVAS PARA DIAMETRO DE RAÍZ – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Diámetro Raíz 30 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.0338889	2	0.0169444	10.17	0.0005
B: Sustrato	0.0238889	2	0.0119444	7.17	0.0032
INTERACCIONES					
AB	0.0194444	4	0.00486111	2.92	0.0398
RESIDUOS	0.045	27	0.00166667		
TOTAL (CORREGIDO)	0.122222	35			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Varianza para Diámetro Raíz 45 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.123889	2	0.0619444	14.54	0.0001
B: Sustrato	0.0155556	2	0.00777778	1.83	0.1804
INTERACCIONES					
AB	0.0177778	4	0.00444444	1.04	0.4032
RESIDUOS	0.115	27	0.00425926		
TOTAL (CORREGIDO)	0.272222	35			

Análisis de Varianza para Diámetro Raíz 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.166667	2	0.0833333	14.52	0.0001
B: Sustrato	0.02	2	0.01	1.74	0.1943
INTERACCIONES					
AB	0.0183333	4	0.00458333	0.80	0.5368
RESIDUOS	0.155	27	0.00574074		
TOTAL (CORREGIDO)	0.36	35			

Análisis de Varianza para Diámetro Raíz - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	0.295556	2	0.147778	38.00	0.0000
B: Sustratos	0.045	2	0.0225	5.79	0.0045
C: Tiempo de evaluación (días)	0.00222222	2	0.00111111	0.29	0.7522
INTERACCIONES					
AB	0.0111111	4	0.00277778	0.71	0.5846
AC	0.0288889	4	0.00722222	1.86	0.1260
BC	0.0144444	4	0.00361111	0.93	0.4516
ABC	0.0444444	8	0.00555556	1.43	0.1973
RESIDUOS	0.315	81	0.00388889		
TOTAL (CORREGIDO)	0.756667	107			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO X: ANOVAS PARA PORCENTAJE DE COLONIZACIÓN – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Porcentaje de Colonización 45 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	68.0524	2	34.0262	12.60	0.0001
B: Sustrato	18.7383	2	9.36914	3.47	0.0456
INTERACCIONES					
AB	27.3773	4	6.84432	2.53	0.0633
RESIDUOS	72.907	27	2.70026		
TOTAL (CORREGIDO)	187.075	35			

Análisis de Varianza para Porcentaje de Colonización 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	185.439	2	92.7197	11.03	0.0003
B: Sustrato	36.2901	2	18.1451	2.16	0.1350
INTERACCIONES					
AB	70.1254	4	17.5313	2.09	0.1104
RESIDUOS	226.92	27	8.40445		
TOTAL (CORREGIDO)	518.775	35			

Análisis de Varianza para Porcentaje de Colonización - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	152.858	2	76.4291	20.65	0.0000
B: Sustratos	26.3019	2	13.1509	3.55	0.0332
C: Tiempo de evaluación (días)	132.405	2	66.2023	17.88	0.0000
INTERACCIONES					
AB	52.2542	4	13.0636	3.53	0.0105
AC	100.634	4	25.1584	6.80	0.0001
BC	28.7265	4	7.18163	1.94	0.1117
ABC	45.2484	8	5.65606	1.53	0.1605
RESIDUOS	299.827	81	3.70157		
TOTAL (CORREGIDO)	838.255	107			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO XI: ANOVAS PARA PESO FRESCO DE HOJAS – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Peso Fresco Hojas 30 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.140967	2	0.0704834	16.53	0.0000
B: Sustrato	0.020427	2	0.0102135	2.40	0.1102
INTERACCIONES					
AB	0.0181767	4	0.00454419	1.07	0.3925
RESIDUOS	0.115111	27	0.00426336		
TOTAL (CORREGIDO)	0.294681	35			

Análisis de Varianza para Peso Fresco Hojas 45 Días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.21425	2	0.107125	4.55	0.0199
B: Sustrato	0.242818	2	0.121409	5.15	0.0127
INTERACCIONES					
AB	0.012576	4	0.00314401	0.13	0.9687
RESIDUOS	0.636156	27	0.0235613		
TOTAL (CORREGIDO)	1.1058	35			

Análisis de Varianza para Peso Fresco Hojas 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.312723	2	0.156361	5.65	0.0089
B: Sustrato	0.271608	2	0.135804	4.90	0.0152
INTERACCIONES					
AB	0.176869	4	0.0442173	1.60	0.2038
RESIDUOS	0.747667	27	0.0276914		
TOTAL (CORREGIDO)	1.50887	35			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Varianza para Peso Fresco Hojas - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	0.613563	2	0.306782	16.58	0.0000
B: Sustratos	0.435504	2	0.217752	11.77	0.0000
C: Tiempo de evaluación (días)	0.196233	2	0.0981163	5.30	0.0069
INTERACCIONES					
AB	0.0715884	4	0.0178971	0.97	0.4302
AC	0.0543766	4	0.0135941	0.73	0.5710
BC	0.0993488	4	0.0248372	1.34	0.2615
ABC	0.136034	8	0.0170042	0.92	0.5054
RESIDUOS	1.49893	81	0.0185053		
TOTAL (CORREGIDO)	3.10558	107			

ANEXO XII: ANOVAS PARA PESO SECO DE HOJAS – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Peso Seco Hojas 30 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.00159194	2	0.000795972	30.18	0.0000
B: Sustrato	0.000241111	2	0.000120555	4.57	0.0195
INTERACCIONES					
AB	0.000438244	4	0.000109561	4.15	0.0095
RESIDUOS	0.00071205	27	0.0000263722		
TOTAL (CORREGIDO)	0.00298335	35			

Análisis de Varianza para Peso Seco Hojas 45 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.004346	2	0.002173	3.92	0.0320
B: Sustrato	0.00631334	2	0.00315667	5.70	0.0086
INTERACCIONES					
AB	0.000833678	4	0.000208419	0.38	0.8236
RESIDUOS	0.0149598	27	0.000554065		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0264528	35			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Varianza para Peso Seco Hojas 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.00723162	2	0.00361581	2.79	0.0795
B: Sustrato	0.00635299	2	0.00317649	2.45	0.1055
INTERACCIONES					
AB	0.00459836	4	0.00114959	0.89	0.4858
RESIDUOS	0.0350517	27	0.00129821		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0532346	35			

Análisis de Varianza para Peso Seco Hojas - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	0.0119773	2	0.00598865	9.56	0.0002
B: Sustratos	0.00971229	2	0.00485615	7.75	0.0008
C: Tiempo de evaluación (días)	0.0111031	2	0.00555153	8.87	0.0003
INTERACCIONES					
AB	0.000473459	4	0.000118365	0.19	0.9435
AC	0.00119227	4	0.000298068	0.48	0.7532
BC	0.00319514	4	0.000798785	1.28	0.2864
ABC	0.00539682	8	0.000674603	1.08	0.3873
RESIDUOS	0.0507235	81	0.000626216		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0937738	107			

ANEXO XIII: ANOVAS PARA PESO FRESCO DE TALLO – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Peso Fresco Tallo 30 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.00291987	2	0.00145993	7.32	0.0029
B: Sustrato	0.000552724	2	0.000276362	1.38	0.2676
INTERACCIONES					
AB	0.00160488	4	0.00040122	2.01	0.1214
RESIDUOS	0.0053883	27	0.000199567		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0104658	35			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de Varianza para Peso Fresco Tallo 45 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.00775241	2	0.0038762	2.20	0.1304
B: Sustrato	0.0135008	2	0.0067504	3.83	0.0344
INTERACCIONES					
AB	0.000585452	4	0.000146363	0.08	0.9869
RESIDUOS	0.0475954	27	0.00176279		
TOTAL (CORREGIDO)	0.069434	35			

Análisis de Varianza para Peso Fresco Tallo 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.023097	2	0.0115485	6.39	0.0053
B: Sustrato	0.0451719	2	0.0225859	12.51	0.0001
INTERACCIONES					
AB	0.00922102	4	0.00230525	1.28	0.3037
RESIDUOS	0.0487644	27	0.00180609		
TOTAL (CORREGIDO)	0.126254	35			

Análisis de Varianza para Peso Fresco Tallo - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	0.0255836	2	0.0127918	10.18	0.0001
B: Sustratos	0.0411064	2	0.0205532	16.36	0.0000
C: Tiempo de evaluación (días)	0.021638	2	0.010819	8.61	0.0004
INTERACCIONES					
AB	0.00200448	4	0.000501119	0.40	0.8089
AC	0.0081857	4	0.00204643	1.63	0.1749
BC	0.018119	4	0.00452975	3.61	0.0093
ABC	0.00940687	8	0.00117586	0.94	0.4917
RESIDUOS	0.101748	81	0.00125615		
TOTAL (CORREGIDO)	0.227792	107			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO XIV: ANOVAS PARA PESO SECO TALLO – INVERNADERO

Análisis de Varianza para Peso Seco Tallo 30 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.0000169117	2	0.00000845583	11.61	0.0002
B: Sustrato	0.00000266167	2	0.00000133083	1.83	0.1803
INTERACCIONES					
AB	0.00000528167	4	0.00000132042	1.81	0.1556
RESIDUOS	0.0000196725	27	7.28611E-7		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0000445275	35			

Análisis de Varianza para Peso Seco Tallo 45 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.000166467	2	0.0000832336	4.10	0.0279
B: Sustrato	0.0000905006	2	0.0000452503	2.23	0.1273
INTERACCIONES					
AB	0.0000204978	4	0.00000512444	0.25	0.9058
RESIDUOS	0.000548558	27	0.0000203169		
TOTAL (CORREGIDO)	0.000826023	35			

Análisis de Varianza para Peso Seco Tallo 60 días - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamiento	0.000559227	2	0.000279614	5.40	0.0107
B: Sustrato	0.000632809	2	0.000316404	6.11	0.0065
INTERACCIONES					
AB	0.0000344778	4	0.00000861944	0.17	0.9536
RESIDUOS	0.00139836	27	0.0000517912		
TOTAL (CORREGIDO)	0.00262488	35			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Análisis de Varianza para Peso Seco Tallo - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Tratamientos	0.000517107	2	0.000258553	10.65	0.0001
B: Sustratos	0.000427392	2	0.000213696	8.80	0.0003
C: Tiempo de evaluación (días)	0.000764347	2	0.000382174	15.74	0.0000
INTERACCIONES					
AB	0.0000275081	4	0.00000687704	0.28	0.8880
AC	0.000225499	4	0.0000563748	2.32	0.0637
BC	0.000298579	4	0.0000746448	3.07	0.0207
ABC	0.0000327491	8	0.00000409363	0.17	0.9944
RESIDUOS	0.00196659	81	0.0000242789		
TOTAL (CORREGIDO)	0.00425977	107			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO XV: CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA
HERBARIUM AREQVIPENSE (HUSA)

CONSTANCIA N° 68 -2019-HUSA

El Director del *Herbarium Areqvipense* (HUSA) de la Universidad Nacional de San Agustín de **Arequipa.**

HACE CONSTAR:

Que la muestra fresca del espécimen presentada por **Sergio Sebastian Vega Herrera**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingenieria Biotecnologica, Facultad de Ciencias Farmaceuticas, Bioquimicas y Biotecnologicas de la Universidad Catolica de Santa Maria para la realización de su tesis **"Analisis de la diversidad de micorrizas endémicas asociadas plantas del Genero Solanum provenientes del desierto de la Joya y evaluación de su efecto en tomate comercial bajo condiciones in vitro e invernadero ".** La muestra fue traída al Laboratorio de Botánica al estado fenológico fresco, para su determinación en el *Herbarium Areqvipense* (HUSA) y corresponde a la siguiente clasificación y especie.

División:	**Magnoliophyta**
Clase:	**Magnoliopsida**
Subclase:	**Asteridae**
Orden:	**Solanales**
Familia:	**Solanaceae**
Género:	**Solanum**
Especie:	***Solanum pseudocapsicum*** **L**

Se expide la presente a solicitud del interesado para los fines que se estimen convenientes.

Arequipa 12 de setiembre del 2019.

Herbarium Areqvipense HUSA DIRECCIÓN UNSA

Blgo. Leoncio Mariño Herrera
DIRECTOR
Herbarium Areqvipense (HUSA)

Avenida Daniel Alcides Carrión s/n cercado
Teléfono: (054) 237755 / 993659045
Apartado Postal: 0028
AREQUIPA – PERÚ

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ANEXO XVI: COMPOSICIÓN DE POLIVINIL LACTOGLICEROL (PVLG)

Ingredientes	Cantidad
Agua destilada	100 ml
Ácido láctico	100 ml
Glicerol	10 ml
Alcohol polivinil (PVA)	16.6 g

Extraído de: https://invam.wvu.edu/methods/recipes

ANEXO XVII: COMPOSICIÓN DEL REAGENTE DE MELZER

Ingredientes	Cantidad
Hidrato de cloral	100 g
Agua destilada	100 ml
Iodo	1.5 g
Ioduro de potasio	5.0 g

Extraído de: https://invam.wvu.edu/methods/recipes

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO XVIII: ECUACIONES PARA LOS ÍNDICES

Índice de Shannon-Wiener (H):

Se utiliza para medir la diversidad, este índice su valor mínimo es aproximado a 0 y como valor máximo, no está consolidado un límite. Este índice varía de acuerdo a la riqueza y a la abundancia relativa.

$$H = -1 \sum_{i=1}^{S} \rho_i * \ln(\rho_i)$$

Donde:

- S: Riqueza.
- i: La especie.
- $\rho_{i:}$ Abundancia relativa.

Índice de Simpson (D):

El índice de Simpson se utiliza para medir la dominancia de las especies; es decir indica la probabilidad de encontrar una misma especie en más de dos lugares. Los valores de este índice van desde 0 hasta 1.

Dominancia = 1-D

$$D = \sum_{i} \left(\frac{Ne_i}{Ne}\right)^2$$

Donde:

- Ne: Número de esporas en total.
- Ne_i: Número de esporas una especie.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Equitatividad (J):

La equitatividad se halla por el índice de Pielou, la equitatividad tiene valores entre 0 a 1; donde 0 representa baja equitatividad o alta dominancia por pocas especies y el valor de 1 representa una equitatividad total es decir que todas las especies son igual de abundantes.

$$J = \frac{H}{\ln S}$$

Donde:

- H: Índice de Shannon-Wiener.
- S: Riqueza de especies.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis