

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“APLICACIÓN INDIVIDUAL Y EN MEZCLA DE
MICROORGANISMOS EFECTIVOS, RIZOBACTERIAS Y HONGOS
MICORRÍDICOS EN EL RENDIMIENTO DE TOMATE (*Lycopersicum
esculentum* Mill) EN INVERNADERO. AYACUCHO 2750 msnm.”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Gerónimo Quispe Quispe

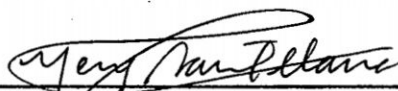
AYACUCHO - PERÚ

2014

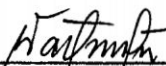
Tesis
Ag 1107
Qui
Ej. 1

**"APLICACIÓN INDIVIDUAL Y EN MEZCLA DE MICROORGANISMOS
EFECTIVOS, RIZOBACTERIAS Y HONGOS MICORRÍDICOS EN EL
RENDIMIENTO DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill) EN
INVERNADERO, AYACUCHO 2750 msnm"**

Recomendado : 25 de noviembre de 2014
Aprobado : 03 de diciembre de 2014



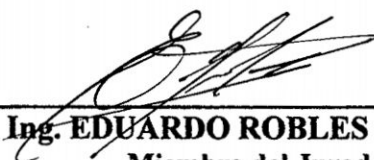
Dra. NERY LUZ SANTILLANA VILLANUEVA
Presidente



Ing. WALTER AUGUSTO MATEO MATEU
Miembro del Jurado



Mtra. ROBERTA ESQUIVEL QUISPE
Miembro del Jurado



Ing. EDUARDO ROBLES GARCÍA
Miembro del Jurado



Dr. ROMULO AGUSTÍN SOLANO RAMOS
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

Con mucho cariño para mis Padres Víctor y Primitiva, por el apoyo incondicional y el sacrificio que mostraron por mi desarrollo como persona y como profesional.

A mis hermanos Lino, Isabel y Guillermo; por su apoyo constante, sabiendo guiarme y enseñarme día a día para superarme.

A todos mis familiares, amigos y todos aquellos que fueron capaces de apoyarme y ayudarme a realizar mis sueños y a cumplir mi meta de ser profesional

A la persona muy especial en mi vida, Francisca del Pilar Gálvez Tupia, ejemplo de perseverancia y por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela de Formación Profesional de Agronomía, alma máter de mi formación profesional.

A los Señores Docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, por sus valiosas enseñanzas y orientaciones que condujeron al logro de mis objetivos.

Al Ing. Walter Augusto Mateu Mateo, por su asesoramiento, aporte y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación.

A la profesora Roberta Esquivel Quispe, por su asesoramiento, aporte y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación.

Mi eterno agradecimiento a mis padres y mis hermanos por su enorme sacrificio en el logro de mi profesión.

De igual manera, expreso mi gratitud a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y colaboración incondicional en las diferentes etapas de desarrollo del trabajo de investigación.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.	EL TOMATE.....	4
1.1.1.	ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN.....	4
1.1.2.	VALOR NUTRICIONAL.....	5
1.1.3.	TAXONOMÍA.....	6
1.1.4.	CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA.....	7
1.1.5.	VARIEDADES.....	7
1.1.6.	CARACTERES BOTÁNICOS.....	8
1.1.7.	CLIMA Y ADAPTACIÓN.....	11
1.1.8.	FACTOR SUELO.....	11
1.1.9.	MANEJO DEL CULTIVO.....	12
1.2.	LOS BIOFERTILIZANTES.....	20
1.3.	HONGOS MICORRÍDICOS.....	21
1.3.1.	GENERALIDADES.....	21
1.3.2.	MICORRIZACIÓN.....	24
1.3.3.	TIPOS DE MICORRIZAS.....	26
1.3.4.	CLASIFICACIÓN DE LAS MICORRIZAS.....	27
1.3.5.	LAS MICORRIZAS VESÍCULO ARBUSCULARES.....	29
1.3.6.	DIVERSIDAD TAXONÓMICA DE LOS HONGOS MICORRÍDICOS ARBUSCULARES.....	30
1.3.7.	APLICACIÓN DE LAS MICORRIZAS VESÍCULO ARBUSCULAR (MVA) EN LA AGRICULTURA.....	31
1.3.8.	UTILIZACIÓN Y EFECTIVIDAD DE LAS MICORRIZAS VESÍCULO ARBUSCULARES.....	33
1.3.9.	VENTAJAS DE LA MICORRIZACIÓN.....	34
1.3.10.	MICORRIZAS Y TOLERANCIA FRENTE AL ESTRÉS.....	35
1.3.11.	SUELOS CON DESEQUILIBRADA FERTILIDAD.....	36
1.3.12.	ESTADOS DE DÉFICIT HÍDRICO.....	37
1.3.13.	MICORRIZAS Y CONTROL INTEGRADO DE	

ENFERMEDADES.....	37
1.3.14. MECANISMOS SUGERIDOS PARA EXPLICAR EL EFECTO DE LAS MICORRIZAS EN EL CONTROL DE PATÓGENOS.....	38
1.3.15. BENEFICIOS DE LAS MICORRIZAS PARA LAS PLANTAS.....	40
1.3.16. BENEFICIOS AL SUELO POR LA APLICACIÓN DE MICORRIZAS.....	42
1.3.17. ANTECEDENTES EN EL CULTIVO DE TOMATE....	44
1.4. LOS MICROORGANISMOS EFECTIVOS (ME)	46
1.4.1. DEFINICIÓN.....	46
1.4.2. TIPOS DE MICROORGANISMOS.....	48
1.4.3. MODO DE ACCIÓN DE LOS ME	49
1.4.4. APLICACIONES DEL ME.....	50
1.4.5. LOS ME Y SU ACCIÓN SOLUBILIZANTE.....	52
1.5. LAS RIZOBACTERIAS.....	54
1.5.1. RIZOBACTERIAS ESTIMULADORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL (PGPR) Y SU IMPORTANCIA EN LA NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS.....	54
1.5.2. ANTECEDENTES EN EL CULTIVO DE TOMATE.....	55
1.5.3. CEPAS AUTÓCTONAS.....	56
1.5.4. CONSIDERACIONES FINALES.....	57

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. UBICACIÓN.....	58
2.2. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL SUELO.....	58
2.2.1. ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DEL SUELO.....	58
2.2.2. ANÁLISIS QUÍMICO DEL GUANO DE ISLA.....	60
2.3. MATERIAL GENÉTICO – PLANTA INDICADORA.....	60
2.4. TRATAMIENTOS.....	61
2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	61
2.6. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	62

2.7.	INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	64
2.8.	VARIABLES EVALUADAS.....	68
2.9.	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	69
 CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
3.1.	PERIODO VEGETATIVO DE LA PLANTA DE TOMATE (días)..	70
3.2.	ALTURA DE LA PLANTA DE TOMATE (cm).....	73
3.3.	RENDIMIENTO POR CATEGORÍAS DE FRUTO	
	COSECHADO DETOMATE (kg.maceta ⁻¹).....	77
	3.3.1. CATEGORÍA PRIMERA (kg.maceta ⁻¹).....	77
	3.3.2. CATEGORÍA SEGUNDA (kg.maceta ⁻¹).....	81
3.4.	RENDIMIENTO TOTAL DE FRUTOS DE TOMATE	
	(kg.maceta ⁻¹).....	85
3.5.	RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (g.maceta ⁻¹).....	91
3.6.	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN.....	94
 CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		
4.1	CONCLUSIONES.....	96
4.2	RECOMENDACIONES.....	98
RESUMEN.....		99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		100
ANEXOS.....		109

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza más cultivada y comercializada en el mundo, con una producción cercana a los 80 000 toneladas; el Perú es de los estados latinoamericanos que más área dedica a este cultivo, sin embargo, sus rendimientos son del orden de las 10 t/ha como promedio, muy distante de los rendimientos que se obtienen hoy en día, a nivel mundial. (Hobbelink y Col., 1997).

El desarrollo adecuado del cultivo demanda una elevada aplicación de fertilizantes minerales y pesticidas por lo que dichos insumos químicos implica no solo un costo y requerimiento energético elevados, sino que su aporte indiscriminado pudiera provocar problemas de salinización y contaminación del manto freático. El desarrollo vegetal puede incrementarse con la utilización de elementos biológicos que actúan de forma coordinada en la inter fase suelo-raíz, entre estos y como factores imprescindibles se encuentran los microorganismos como

microorganismos Efectivos (EM), Rizobacterias y Hongos Micorrícicos (Fernández, 1997).

En el marco de una agricultura sostenible, la utilización de microorganismos debe ser considerada en el diseño de cualquier sistema de producción agrícola, pues además de ser estos micro simbioses, componentes inseparables de los agro ecosistemas, realizan diversas funciones en su asociación con las plantas, pues pueden constituir sustitutos biológicos de los fertilizantes minerales (Thompson, 1974).

Los microorganismos son aplicados al suelo para desempeñar funciones específicas, las que benefician la productividad de las plantas, incluyendo la fijación del nitrógeno, la solubilización del fósforo, la producción de estimuladores del crecimiento vegetal y el biocontrol de patógenos, entre otros (Fernández, 1997).

La utilización de estos microorganismos no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se hace más eficiente y se puede ahorrar cantidades importantes de fertilizantes minerales al tiempo que se logra una mayor absorción de los nutrientes disponibles en el suelo por parte de las plantas (Tejera, 2005).

Teniendo en cuenta las premisas consideradas se ha planteado el presente experimento bajo las condiciones de invernadero en pampa de arco ubicado en el campus universitario de la UNSCH – Ayacucho, con los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Determinar el efecto de la interacción individual y mezcla de los Microorganismo Efectivos (ME), Rizobacterias y Hongos micorrícicos en el rendimiento del cultivo de tomate en condiciones de invernadero.

Objetivos específicos:

1. Determinar el efecto de inoculación individual de los microorganismo efectivos (ME), Rizobacterias y Hongos micorrícicos, en el rendimiento del cultivo de tomate.
2. Determinar la interacción de la inoculación en mezcla de Microorganismos Efectivos (ME), Rizobacterias y Hongos micorrícicos, en el rendimiento de tomate.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. EL TOMATE

1.1.1. Origen y distribución

Rodríguez, et al. (1997), señalan que el tomate es una planta cuyo origen se localiza en Sudamérica y más concretamente en la Región Andina, aunque posteriormente fue llevado por los distintos pobladores de un extremo a otro, extendiéndose por todo el continente.

Van (1981), afirma que el tomate es una planta originaria del Perú, Ecuador y México, países en donde se encuentran varias formas silvestres. Fue introducida en Europa en el siglo XVI. Al principio, el tomate se cultivaba como planta de adorno. A partir de 1900, se extendió el cultivo como alimento humano.

Cásseres (1980), reporta que el centro de origen es la región comprendida entre Perú y Ecuador y como el punto de diversificación México y que ha dado origen a las formas cultivadas, por lo que el tomate

no es autóctono de México sino fue introducido a ese país en tiempos antiguos.

Toovey (1982), menciona que el tomate es oriundo de las estribaciones occidentales de los Andes (América del sur), fue introducido a Italia a mediados del siglo XVI y luego se extendió por Europa Central e Inglaterra. En aquella época se le conocía con los nombres de manzana peruana.

Casas (1981), manifiesta sobre el origen y el proceso de domesticación tomate a la que pudo haber sido sometido, está aún en discusión, aunque el peso de las evidencias sugiere a México como su más probable centro de origen

1.1.2. Valor nutricional

El tomate es un alimento poco energético, dos tomates medianos tan sólo aportan pocas calorías. Aproximadamente el 95% de su peso es agua y cerca de un 4% son hidratos de carbono, pero contiene mayor cantidad de azúcares simples que otras verduras, lo que le confiere un ligero sabor dulce. También es fuente importante de ciertas sales minerales (potasio y magnesio, principalmente). De su contenido vitamínico destacan las vitaminas B1, B2, B5, y C. Contiene también carotenoides, como el licopeno (pigmento que da el color rojo característico al tomate). Estas dos últimas sustancias tienen carácter antioxidante, con función protectora del organismo (Alimentación 2004).

En el Cuadro 1, se muestra las cantidades de nutrientes presentes en el tomate.

Cuadro 1.1. Valor Nutricional del Tomate.

Valor nutricional por 100 g de sustancia comestible	
Residuos (%)	6
Materia seca (g)	6.2
Energía (kcal)	20
Proteínas (g)	1.2
Fibra (g)	0.7
Calcio (mg)	7
Hierro (mg)	0.6
Caroteno (mg)	0.5
Tiamina (mg)	0.06
Riboflavina (mg)	0.04
Niacina (mg)	0.6
Vitamina C (mg)	23
VNM (*) por 100 g de sustancia comestible	2.39
VNM (*) por 100 g de materia seca	38.5

(*)VNM: Valor Nutritivo Medio

Fuente: INFOAGRO, 2003

1.1.3. Taxonomía

Según Cronquist (1981), la clasificación taxonómica del tomate es la siguiente:

Clase	:	Magnoliopsida.
Orden	:	Solanales.
Familia	:	Solanaceae.
Subfamilia	:	Solanoideae.
Tribu	:	Solaneae
Género	:	<i>Lycopersicon.</i>
Especie	:	<i>Lycopersicon.Esculentum</i> Mill.

1.1.4. Clasificación agronómica

Van (1981), indica según el hábito de crecimiento del tomate que se puede distinguir dos tipos distintos, que son los determinados y los indeterminados.

La planta de tomate de crecimiento determinado, es de tipo arbustivo, de porte bajo, pequeño y de producción precoz. Se caracteriza por la formación de la inflorescencia en el extremo del ápice.

La planta de tomate de crecimiento indeterminado crece hasta alturas de 2 m o más, según el empalado que se aplique.

1.1.5. Variedades

Anderlini (1970), señala:

- a) Variedades para la producción de concentrados, que precisan variedades con bayas de color rojo vivo, provistas de surcos, a fin de que resistan los transportes y permitan el lavado de la piel durante la elaboración industrial.
- b) Variedades para conserva de tomate al natural pelado. Las variedades indicadas para este uso deben tener ante todo, bayas de forma alargada, que permitan un fácil pelado y una fácil colocación en los potes.
- c) Variedades para consumo en fresco. Las características exigidas para las variedades de mesa deben ser las que demanden los mercados extranjeros. El tamaño de la baya debe ser medio y la

producción muy uniforme; formas redondas lisas, el pedúnculo y cáliz deben desprenderse fácilmente del fruto.

1.1.6. Caracteres botánicos

La planta es perenne, de porte arbustivo, que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas). (INFOAGRO, 2003).

➤ Sistema radicular

La raíz principal es corta y débil, las raíces secundarias son numerosas y potentes. Seccionando transversalmente la raíz principal, de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes), (Manual Agropecuario, 2004).

➤ Tallo principal

Presenta un grosor que oscila entre 2-4 cm. en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el

meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Turón, J y Peres, M. 1997)

➤ **Hojas**

Son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alterna sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (INFOAGRO, 2003)

➤ **Flor**

Es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos; de igual número de pétalos de color amarillo, dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135° , y de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han

descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (INFOAGRO, 2003).

➤ **Fruto**

El fruto es una baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos gramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (Manual Agropecuario, 2004)

➤ **Semilla**

Las semillas maduras son ovales y achatadas lateralmente, de tamaño variable de 3 mm a 5 mm de ancho. Las cubiertas seminales de color pajizo, cubierto por pelos cortos y duros de color grisáceo, que son restos de la capa más externa del tegumento.

1.1.7. Clima y adaptación

El cultivo del tomate prospera en climas cálidos a fríos moderados, encontrándose en altitudes que van desde 0 a 3000 m.s.n.m. Esto último ocurre cuando el cultivo se hace bajo condiciones de invernadero, en sitios que lo permiten dadas sus buenas condiciones de suelo, luminosidad y disponibilidad de agua (Suquilanda, 2005).

El tomate muere con las heladas (temperatura inferior a 0° C). Las temperaturas óptimas para su crecimiento se encuentran alrededor de 25° C en el día y entre 15 y 18° C por la noche. Por debajo de los 12° C se detiene el crecimiento y por encima de 30-35° C hay problemas, por ejemplo, para la polinización (polen estéril), (INFOJARDIN, 2005)

1.1.8. Factor suelo

Maroto (1986), menciona que no tiene especiales exigencias en cuanto al suelo, aunque vegeta mejor en suelos sueltos, profundos y bien drenados. Se cultiva sin problemas en terrenos con pH algo elevados y así mismo resiste a condiciones de cierta acidez.

Para el cultivo comercial de tomate se recomienda suelos profundos, de textura suelta o ligeramente arcillosa, areno-arcillosa o arcillo-arenosa, con abundante materia orgánica en un estado avanzado de humificación (Suquilanda, 2005). Pero no es una planta especialmente exigente, creciendo en las más variadas condiciones y, aunque prefiere los suelos profundos y con buen drenaje, su sistema radicular poco profundo le

permite adaptarse a suelos pobres y de poca profundidad pero con un buen drenaje (Rodríguez, Tamares y Medina, 2001).

La planta de tomate es muy resistente a la salinidad del suelo y del agua de riego. El pH debe estar cerca de la neutralidad (pH cercano a 7), aunque se puede obtener altos rendimientos y buena calidad de los frutos con pH entre 5.5. y 7.5 (Suquilanda, 2005)

1.1.9. Manejo del cultivo

a) Manejo del cultivo semillero

El método más utilizado para obtener plantas sanas y vigorosas es a través de germinación de la semilla en bandejas plásticas de confinamiento, lo cual permite además de un ahorro de semilla, mejor planificación de siembras, calidad y uniformidad de plántulas, ahorro de sustrato, facilidad para movilizar las plantas de un lugar a otro, fácil remoción y no hay destrucción de la raíz de las plantas al momento del trasplante.

b) Preparación del terreno

Fersini (1976), menciona que la preparación del suelo es muy importante para el éxito en el rendimiento del cultivo. La primera labor que se realiza es arreglar el fondo del terreno, que debe estar absolutamente limpio de las malas hierbas, porque esto merma los esfuerzos físicos y económicos. El lote seleccionado para establecer el invernadero para el cultivo de tomate, no debe haber sido cultivado con otras especies de la misma familia botánica del tomate (solanáceas) como tabaco, ají, pimentón,

berenjena, lulo, uchuva y tomate de árbol, entre otras, debido al riesgo que presentan los hongos y bacterias fitopatógenas del suelo, comunes a especies de esta familia.

c) Almacigo

Ferrah (1975), afirma que la siembra en almacigo, se realiza de acuerdo a la extensión a sembrar en el campo definitivo que queremos cultivar. La semilla se tratará antes de la siembra con 50 gr. de zineb por un Kg. de semilla.

d) Trasplante

Bullón (1985), señala que el trasplante se realiza tratando las plantas contra el ataque de hongos y nematodos del suelo; sumergiendo las raíces en una solución de Benlate al 2 ‰ y luego se procede al trasplante al campo definitivo junto con un riego ligero.

Zevallos (1985), recomienda que el trasplante de las plántulas al terreno definitivo, se realizará aproximadamente a los 45 días de la siembra del almacigo deben trasplantarse a la mitad de la costilla del surco para evitar daños al efectuarse el riego. Para realizar el trasplante no es recomendable cortar las hojas de las plántulas.

e) Abonamiento

Villarreal (1982), señala que antes de la siembra se debe incorporar al suelo una tercera parte de la cantidad del nitrógeno más el total de P y K; luego de 60 días del trasplante se aplica otra tercera parte de N y a los 100 días después del trasplante el resto del nitrógeno.

Messiaen (1979), menciona que el tomate requiere un abonamiento orgánico de fondo y abono mineral; recomienda 200-100-200 de NPK fraccionando el nitrógeno en ½ para la siembra, y la otra mitad a los 30 a 60 días después del trasplante.

Bullón (1985), dice en cuanto a las variedades de alto rendimiento necesitan ser abonados con fórmulas de 200-160-100 de NPK. Los fertilizantes más apropiados son: Urea que contiene 46% de N, superfosfato de calcio con 20% de P_2O_5 y cloruro de potasio con 60% de K_2O .

Bullón (1985), manifiesta que las variedades de alto rendimiento necesitan ser abonados con fórmulas de 200-160-100 de NPK. Los fertilizantes más apropiados son la Urea que contiene 46% de N, superfosfato de calcio con 20% de P_2O_5 y cloruro de potasio con 60% de K_2O .

f) Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate

Dependiendo de la variedad de tomate a sembrar y del tipo de manejo así serán las demandas nutricionales, sin embargo en forma general, el requerimiento nutricional del cultivo, en kg/ha, son:

Cuadro 1.2. Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate.

Nitrógeno N	Fósforo P	Potasio K	Calcio Ca	Magnesio Mg	Azufre S
150	200	275	150	25	22

El orden de extracción de nutriente por la planta de tomate en forma decreciente es K, Ca, S, Mg y P.

g) Riegos

Maroto (1986), considera que el tomate es una planta sensible a la escasez o al exceso de riego. Los agricultores dejan transcurrir un cierto tiempo sin regar, para que las raíces profundicen y la planta sea obligada a florecer.

Anderlini (1970), señala que el riego es importante para obtener una producción óptima, en los periodos de sequía las plantas no progresan en su desarrollo y hasta las flores no cuajan. Cuando las plantas están en plena floración es conveniente evitar periodos de sequía para no provocar el corrimiento de las flores y disminuir la producción.

Fersini (1976), manifiesta que el riego debe realizarse en el momento de la siembra, trasplante y se prolonga en periodos más o menos regulares según la frecuencia de lluvias, naturales del terreno y necesidad del cultivo.

h) Deshierbo

Beingolea y Camasca (1987), señalan, que, se puede realizar deshierbo cada vez que aparezca las malas hierbas, siendo de gran importancia los primeros raspados; cuando la planta es aún pequeña.

Cerna (1994), considera que en condiciones de infestaciones homogéneas de cualquier maleza perenne, el periodo de mayor influencia

negativa en el tomate ocurre entre la tercera y quinta semana después del trasplante, mientras que en infestaciones de malezas anuales el periodo se amplía desde la tercera semana hasta la floración u octava semana después del trasplante debido a que se producen reinfestaciones poblacionales, más aun cuando se incrementa la frecuencia de riegos.

Además sobre el control mecánico considera que puede realizarse de dos modalidades, en forma manual o en forma mecanizada con el objeto de cortar parte de la planta ocasionando su muerte o disminuye su capacidad competitiva y en otros casos se ejecuta para desprender las malezas del suelo.

i) Aporque

Fersini (1976) señala que aporque es aplicar una cierta cantidad de tierra alrededor de las plantas para defenderlas, contra la sequía y proteger las raíces más superficiales, favoreciendo el surgimiento de otras. Por otro lado defender contra las heladas y aumentar la resistencia de tallos débiles.

Zevallos (1985), menciona que el aporque es el trabajo de campo que tiene el objeto de alejar la planta del surco de riego, evitar la pudrición y el ataque de los hongos. El primer aporque se debe realizar a los 30 días después del trasplante y luego a los 2 meses del trasplante aprovechando la segunda dosis de nitrógeno.

Maroto (1986), considera que con el aporque se consigue que las plantas emitan raíces adventicias, facilitando su desarrollo y anclaje, suele realizarse a los 3 a 4 semanas de haber realizado el trasplante.

j) Soporte o Tutores

Van (1987), manifiestan que se pueden distinguir dos sistemas de plantación de tomate: a) sistemas de plantas acostadas y b) sistema de plantas tutoradas.

El primero predomina la producción de tomates para la industria, esto exige variedades cuyo fruto no se deteriore al estar en contacto con el suelo. El segundo se usa para la producción de tomates para el consumo directo, esto requiere el uso de variedades de tipo indeterminado.

k) Poda

Maroto (1986), considera en primer lugar, generalmente se pueden dejar de 1 a 3 tallos por planta, de acuerdo al sistema que se desee conseguir. Las plantas con un solo tallo dan producciones más precoces, mientras que con 2 o 3 tallos la productividad es más alta. Las variedades de crecimiento limitado deben podarse con más precaución o comparación del crecimiento indefinido y el desbrotado debe realizarse más retrasado.

l) Cosecha

Zevallos (1985), indica que deben realizarse la cosecha, con mucho cuidado puesto que el crecimiento y maduración de los frutos es escalonado; menciona dos etapas diferentes de maduración para su cosecha: fruto semi-maduro y cuando todo el fruto se encuentra colorado.

Janick (1965), menciona que los tomates destinados para el consumo fresco, son recolectados cuando se hallan de color ligeramente rosado, a partir del cual maduran de una forma natural fuera de la planta. Los tomates pueden ser igualmente recolectados en estado verde, ser almacenados y maduran de una forma artificial. En estas circunstancias, se le conoce con el nombre de “uvas verdes”.

m) Clasificación

Van (1981), menciona que la clasificación se realiza de acuerdo al tamaño, calidad y color de la piel. También señala que la clasificación según el tamaño, varía de acuerdo a la región, exigencias del mercado y características de la variedad del tomate.

n) Rendimiento

García (1959), manifiesta que los rendimientos de tomate pueden llegar a 50 toneladas por hectárea, cuando en el abonamiento se incluye el estiércol y el abono químico de manera adecuada.

Bullón (1985), señala que en el rendimiento para las variedades de consumo fresco en plantas tutoradas es de 30 t.ha^{-1} y para las variedades industriales dan rendimiento de 40 t.ha^{-1} .

Maroto (1986), señala que los rendimientos en término medio para las variedades de consumo fresco son de 40 t.ha^{-1} ; para las variedades híbridas de mayor precocidad con técnicas forzadas de 70 t.ha^{-1} .

o) Control de plagas y enfermedades

→ Plagas

- Diabrotica de color, causa daños a nivel del follaje, haciendo perforaciones, reduciendo la actividad fotosintética. Se puede controlar con la aplicación de Dípterex al 0.3 % P.C., Tamarón al 2 %, 1 a 5 L.Ha-1 (Beingolea, 1984).
- Gryllus sp, causa daño cuando las plantas están tiernas, es decir en plántulas recién trasplantadas al campo definitivo. Estos grillos durante el día se esconden entre los desechos vegetales, piedras y grietas del suelo y durante la noche se alimentan de tallos y follaje de las plántulas. Su control debe ser preparados a base de cebos envenenados con Dipterex 80 % 200 g. mas azúcar rubia 4 Kg más afrecho 46 Kg, se aplica 40 a 80 kg.Ha-1 al pie de cada planta. (Anderlini, 1970).
- Las arañitas rojas (Ttranychus cinnabarinnus B.), produce amarillamiento de las hoja en el haz, mientras que en el envés aparecen colonias rojizas del ácaro. Las pulverizaciones con Tetradifon + Dicofol, Quinometianato, etc. Son adecuadas frente a esta plaga. (Maroto, 1986).
- Los pulgones, causan daños directamente por la succión de la savia, son vectores de algunas virosis. El control se puede hacer con: Malatión, Dimetoato, Acefato, etc. (Maroto, 1986).

→ Enfermedades

Las plantas atacadas por hiel o racha (*Phytophthora infestans*), se observan humedecidas de color marrón oscuro en las hojas, peciolo, tallo y frutos. Los tallos afectados se vuelven quebradizos. En los frutos son húmedos de color gris verdoso y cuando hay mucha humedad se cubre de una pelusilla blanca. Esta enfermedad se presenta casi siempre durante los cambios bruscos de clima. El control se efectúa 15 días después de la germinación de la semilla con la aplicación de Antracol, Lonacol o Dithane M-45, y en dosis de 2 a 2.5%. (Zevallos, 1985).

1.2. LOS BIOFERTILIZANTES

En la Agenda 21, como resultado de la Cumbre de la Tierra, en Rio de Janeiro, en 1992 se recomendó la utilización de biofertilizantes como alternativa para el desarrollo sustentable (Aguirre et al., 2009). Se ha establecido que la actividad de los microorganismos es de vital importancia en la fertilidad del suelo además en la sostenibilidad del agroecosistema (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001).

Actualmente los microorganismos empleados como biofertilizantes son hongos micorrízicos de los géneros: *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Sclerocystis* y *glomus*, pertenecientes a la familia *Endogonaceae* de la clase *Zygomycetos*, y especies de bacterias de géneros como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azotobacter*, *Frankia*, *Beijerinckia* y *Azospirillum* (Pajarito-Ravelero e Ibarra-Flores, 2012).

1.3. HONGOS MICORRÍMICOS

1.3.1. Generalidades

Las micorrizas fueron descubiertas por el botánico alemán Frank en 1885 en las raíces de algunos árboles forestales. Sin embargo, recién en 1900 el francés Bernard puso de manifiesto su importancia estudiando las orquídeas (Biología, 2005).

La raíz de una planta más el micelio de un hongo provocan una simbiosis en la propia raíz de la planta que se denomina "Micorriza". La planta proporciona al hongo azúcares y el hongo proporciona a la planta humedad, Fósforo y protección contra otros patógenos. En los sitios áridos y semi áridos, es muy importante que los árboles que deseemos que crezcan estén en contacto con las esporas de los hongos micorrízicos para que se desarrollen con más vigor. Esto se puede conseguir inoculando las esporas de los hongos micorrízicos en un vivero o en la propia semilla del árbol, arbusto o herbácea. Existen empresas especializadas que pueden proporcionarnos estos hongos micorrízicos.

Hernández (2001), indica que las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de cien años; estimándose que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo.

González (2006), indica que, las micorrizas son asociaciones beneficiosas entre hongos microscópicos del suelo y las raíces de la mayoría de las

plantas terrestres. Se estima que más del 90% de las especies vegetales existentes son susceptibles de formar micorrizas.

Existen 125 especies de hongos capaces de formar micorrizas con la gran mayoría de plantas superiores (Pajarito-Ravelero, 2012). La palabra micorriza viene de la palabra mykos y significa hongo de la planta y se define como una relación simbiótica entre las raíces de las plantas y un hongo del suelo.

Las micorrizas se clasifican como ectomicorrizas, las cuales se forman alrededor de la raíz, y endomicorrizas, que se forman en el interior de la raíz. Cuando éstas se forman se altera la fisiología y exudación de la raíz, cambiando la población microbiana de la rizósfera. Adicionalmente, el micelio extraradical, se extiende más de 9 cm, aumentando de esta manera la actividad microbiana debido a que es sustrato para otros microorganismos (Pajarito-Ravelero, 2012).

Los hongos micorrízicos favorecen la absorción de minerales, principalmente los menos móviles y solubles, por medio de las hifas, que consiguen aportar hasta un 80% del P, 25% del N, 10% del K, 25% del Zn, y 60% del Cu del total de dichos nutrientes requeridos por las plantas. Existen diversos estudios que han demostrado que las plantas colonizadas con hongos micorrízicos absorben el P con mayor eficiencia (Alemán-Martínez, 2006). La simbiosis que se establece entre plantas y hongos produce alteraciones metabólicas y citológicas en las células de la planta, que sintetiza, entre otros compuestos, lignina, fitoalexinas,

suberina, flavonoides, y compuestos fenólicos, evitando la infección de patógenos (Rodríguez et al., 2004), entre ellos algunos hongos como Phytophthora, Phytophthora, y Fusarium (Pajarito-Ravelero, 2012).

Los hongos micorrízicos contribuyen también a mantener unidas las partículas del suelo, previniendo la erosión. Algunas especies ayudan a las plantas a prevenir enfermedades, al ser antagónicos de algunos microorganismos patógenos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007); de esta manera se disminuye el uso de agroquímicos.

Las plantas inoculadas con hongos micorrízicos presentan mejores características morfológicas y agronómicas, como mayor sanidad, vigor y calidad (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001; Pajarito-Ravelero (2012), mayor crecimiento y enraizamiento de las plántulas, reducción de requerimientos de adición de fósforo, mayor tolerancia a estrés por factores abióticos e incremento en la producción de frutos.

Los hongos micorrízicos no son capaces de completar su ciclo de vida sin la presencia de una planta hospedera (Alemán-Martínez, 2006), por lo que son simbioses obligados, esta característica ha dificultado la elaboración de los preparados de fertilizantes, lo que dificulta la realización de los trabajos de investigación (Armenta et al.2010)

Las micorrizas son la asociación simbiótica formada por la raíz de una planta y el micelio de un hongo. Funcionan como un sistema de absorción que se extiende por el suelo y es capaz de proporcionar agua y nutrientes (nitrógeno y fósforo principalmente) a la planta, y proteger a las raíces

contra algunas enfermedades. El hongo por su parte recibe de la planta azúcares provenientes de la fotosíntesis (Azcón y Barea, 1997).

La utilización de las micorrizas no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se hace más eficiente y se puede ahorrar cantidades importantes de fertilizantes minerales, al tiempo que se logra una mayor absorción de los nutrientes disponibles en el suelo por parte de las plantas (Tegeda, 1998).

1.3.2. Micorrización

A. Ciclo biológico de los macromicetes (hongos superiores).

En todos los macromicetes distinguimos dos partes distintas: micelio y carpóforo.

- **El micelio.** Formado por una serie de filamentos o hifas, en general de color blanco, que vive bajo tierra entre el humus o rodeando raíces, sobre hojas o madera muerta o incluso otros hongos, plantas o animales. Constituye la parte vegetativa del hongo. Estos filamentos o hifas crecen radial e indefinidamente en todas las direcciones, formando en algunos casos círculos completos que fueron denominados "corros de brujas" debido a su fructificación espontánea y misteriosa.
- **El carpóforo o seta.** En el extremo de los micelios se desarrolla el cuerpo fructífero o carpóforo, formado en su mayoría por tejido estéril. Solo una pequeña parte del carpóforo es fértil, la zona conocida como "himenio", que corresponde con las láminas, los

tubos, los aguijones, y, en ciertos casos, con una superficie lisa o ligeramente arrugada.

En el himenio se producen las esporas que permiten la difusión de la especie. Cuando las esporas maduran cae sobre el sustrato que puede ser el adecuado o no. En la mayoría de los casos las esporas se pierden por no encontrar unas condiciones adecuadas. Si todo le es favorable germina, produciendo un filamento finísimo (filamento primario) que al entrar en contacto con otro producido simultáneamente por otra espora con signo sexual contrario (en el mismo carpóforo se forman esporas de los distintos sexos que posea la especie) se fusionan y forman un nuevo filamento (filamento secundario) y el conjunto de filamentos o hifas recibe el nombre de micelio.

De este micelio o cuerpo vegetativo del hongo se desarrolla finalmente el cuerpo fructífero, el carpóforo, que vemos en el exterior y que recogemos. Un solo carpóforo produce decenas de millares de esporas que caen cuando están maduras y si concurren las condiciones necesarias comienza un nuevo ciclo.

B. Micorrización natural.

Los hongos al carecer de clorofila, no pueden formar sus elementos nutritivos utilizando la energía de la luz solar, como ocurre con las plantas verdes, por lo cual se ven obligados a vivir a expensas de otros organismos: si éstos son vegetales y animales muertos se

denominan "saprofitos"; si se nutren de vegetales y animales vivos, los llamamos "parásitos"; si el micelio está íntimamente unido a las raíces de ciertas plantas formando una verdadera simbiosis, que favorece tanto al hongo como a la planta, decimos que esta simbiosis constituyen las "micorrizas" (Biología, 2005).

En la simbiosis micorriza el hongo obtiene el exceso de azúcares de reserva, básicamente almidón, de las raíces de las plantas. Sin embargo a su vez permite a la planta, a través de la unión del micelio a las raíces aumentar enormemente la extensión del aparato radical (Biología, 2005).

1.3.3. Tipos de micorrizas

Las plantas terrestres en su mayoría presentan micorrizas y lo más probable es que las restantes descendan de plantas micorrizadas que han perdido secundariamente esta característica. En el caso de los hongos, la mayor parte de las 5000 especies identificadas en las micorrizas pertenece a la división *Basidiomycota*, mientras que en casos más excepcionales se observan integrantes de *Ascomycota*.

La tercera división que se ha observado formando micorrizas es *Glomeromycota*, un grupo que, de hecho, sólo se conoce en asociación micorrizógena y cuyos integrantes mueren cuando se les priva de la presencia de raíces.

1.3.4. Clasificación de las micorrizas

Se pueden distinguir tres grupos fundamentales según la estructura de la micorriza formada: *Ectomicorrizas* o formadoras de manto; *Ēctendomicorrizas*, que incluye *Arbutoides* y *Monotropoides*; y las *Endomicorrizas*, caracterizadas por la colonización intracelular del hongo, y que a su vez se subdividen en *Ericoides*, *Orquidoides* y *Arbusculares* (Read, 1999).

A continuación se caracterizan cada uno de los tipos de micorrizas:

- ❖ ***Ectomicorrizas***: Se caracterizan porque desarrollan una espesa capa de micelio sobre la zona cortical de las raíces absorbentes de la planta las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, si no que se ubican sobre y entre las separaciones de éstas. Se pueden observar a simple vista. Este tipo de micorrización predomina entre los árboles de zonas templadas, se producen principalmente sobre especies forestales y leñosos, siendo especialmente característico en hayas, robles, eucaliptus y pinos. Los hongos que la forman son tanto *Basidiomycota* como *Ascomycota*.
- ❖ ***Endomicorrizas***. Los hongos que las producen se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical o sea que no hay manto externo que pueda verse a simple vista. Las hifas se introducen inicialmente entre las células de la raíz, pero luego penetran en el interior de éstas, formando vesículas alimenticias y

arbúsculos. Por ello este grupo se las conoce también como micorrizas vesículo arbusculares (MVA) los cuales constituyen la simbiosis más extendida sobre el planeta. Los hongos que la forman pertenecen a la división *Glomeromycota* y se dan en todo tipo de plantas, aunque predominan en hierbas y gramíneas. Abundan en suelos pobres como los de las praderas y estepas, la alta montaña y las selvas tropicales. En el bosque atlántico aparecen junto a las ectomicorrizas.

- ✓ **Oruidoides o micorrizas de ovillo.** Son micorrizas de orquídeas, los cuales son imprescindibles para su desarrollo y vida juvenil. Una vez que la planta crece y fotosintetiza, cuando está en la fase adulta generalmente se independiza del hongo.
- ✓ **Ericoides.** Son de tipo más sencillo y simple con raíces muy simples e hifas que penetran en las células para formar ovillos.
- ❖ **Éctendomicorrizas.** Presentan características intermedias entre las *Ectomicorrizas* y las *Endomicorrizas*, pues presentan manto externo, como las *ectomicorrizas*, pero también penetran en el interior de las células, como las *endomicorrizas* y no existen vesículas ni arbúsculos. Este grupo se presenta tanto en *Basidiomycota* como *Ascomycota* y son más abundantes en angiospermas que en gimnospermas. Su distribución es restringida.
- ✓ **Arbutoides:** Presenta un manto externo junto con hifas

que penetran a las células para formar rulos

- ✓ ***Monotropoides***: La forma de penetración en las células es algo diferente, diferenciada apenas por la forma de penetración de las hifas a las células radicales.

En cuanto a las estructuras formadas, al tipo de colonización y a la cantidad de especies vegetales y fúngicas implicadas, se puede decir que las Micorrizas Vesículo Arbusculares (MVA) son las de mayor importancia y las que más ampliamente se encuentran distribuidas (tanto a nivel geográfico como dentro del Reino Vegetal).

1.3.5. Las micorrizas vesículo arbusculares (MVA)

Este tipo de micorriza se encuentra en condiciones naturales en la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales de interés agronómico (Sieverding, 1991) y está presente en la mayoría de las Angiospermas; siendo las familias Chenopodiaceae y Cruciferae, las excepciones de mayor importancia. La asociación simbiótica Micorrízica – Arbuscular se forma en muchas especies perennes leñosas, incluyendo muchas gimnospermas aparte de las Pináceas (Harley y Smith, 1983). Estos hongos pertenecen al pequeño orden Glomales dentro de la clase Zygomycetes y su origen está en un rango de 353 a 452 millones de años atrás, estando presentes en familias de plantas que tienen miembros de alta importancia económica (Poaceae, Fabaceae, Solanaceae y Rosaceae).

Los vegetales asociados a los mismos se benefician por el incremento en la toma de nutrientes como, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cobre, molibdeno, hierro y manganeso, pues el hongo funciona como una extensión del sistema radical de la planta, facilitando a través de su red de hifas una mayor absorción de éstos en el suelo (Read, 1999). En esta asociación el componente fúngico de la simbiosis se nutre de los carbohidratos almacenados en las células mesodérmicas en formas sencillas de fructosa, glucosa y sacarosa y de los exudados radicales de las plantas.

1.3.6. Diversidad Taxonómica de los hongos micorrícicos arbusculares

Los estudios con HMA se han enfocado principalmente en determinar la respuesta de la planta a la micorriza sin considerar detenidamente al endófito, dando la impresión de que estos hongos son funcionalmente equivalentes, ya que incluso una morfoespecie puede asociarse con un gran número de plantas. Sin embargo, se ha demostrado que estos hongos tienen una gran diversidad fisiológica y probablemente han desarrollado adaptaciones específicas a las condiciones ambientales y edáficas en las que se desarrollan. Se ha observado que las plantas micorrizadas se benefician en diferente magnitud dependiendo de los HMA que las colonicen (Smith et al. 2000).

Los hongos que forman micorriza arbuscular, se ubican en el orden Glomales de la clase Zygomycetes y comprenden ocho géneros con alrededor de 150 especies.

1.3.7. Aplicación de las micorrizas vesículo arbuscular (MVA) en la agricultura

La labranza y todas aquellas actividades que manipulan los primeros centímetros del suelo cultivable, producen la ruptura y disgregación del micelio externo de las MVA. Debido a que este micelio contribuye sustancialmente en la formación de la estructura del suelo, su destrucción trae consecuencias indeseables para la infiltración y demás propiedades físicas del suelo (Miller y Jastrow, 2000).

Por otra parte, la aplicación de fertilizantes químicos en dosis elevadas, además de los problemas de contaminación que suele provocar, inhibe la actividad de las MVA. De hecho, su aplicación prolongada (especialmente en monocultivos) disminuye notablemente la presencia de las MVA en los sistemas agrícolas, conllevando la pérdida de la diversidad de hongos micorrícicos presentes en el suelo y la selección de especies de MVA menos mutualistas (Johnson, 1993; Johnson et al., 1992).

La aplicación de fungicidas y de plaguicidas con fines fitosanitarios también tiene efectos en las MVA, los cuales no son fácilmente predecibles debido a la complejidad de interacciones que se establecen en la comunidad de organismos del suelo (Sieverding, 1991).

La mayoría de las plantas de interés agronómico como el cacao, café, coco, algodón, cebolla, ajo, yuca, papa, todos los cítricos, todas las leguminosas y gran parte de los cereales forman MVA. Sin embargo,

no todas estas especies, dependen de la misma manera de las MVA para su crecimiento. Aquellos cultivos con raíces gruesas y pocos pelos radicales, como por ejemplo el ajo, la cebolla, las leguminosas y los cítricos, tienden a ser muy dependientes de las micorrizas y la disminución en la productividad de dichos cultivos puede deberse a un manejo inadecuado de los insumos que se aplican, los cuales pueden conducir a la muerte o desaparición de los propágulos de MVA.

Por lo tanto el uso de estos microorganismos edáficos (MVA) en la agricultura constituye una alternativa promisorio frente a los fertilizantes minerales. Desde el punto de vista ecológico, la utilización y/o aplicación correcta de estos microorganismos permite reducir el uso de energía, la degradación del agroecosistema y las pérdidas de nutrientes de los suelos agrícolas. En adición, se mantiene la capacidad productiva del sistema, se preservan la biodiversidad y se contribuye con una producción más estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno (Hernández, 2001).

En este sentido, la reintroducción y el mantenimiento de las MVA asociadas a los cultivos agrícolas luce como un objetivo deseable con el fin de mejorar su rendimiento y productividad.

1.3.8. Utilización y efectividad de las micorrizas vesículo arbusculares.

La utilización de las micorrizas como biofertilizantes no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se hace más eficiente y puede disminuirse la dosis a aplicar desde comúnmente 50 - 80 % y en ocasiones hasta un 100 %. Se plantea que de las cantidades de fertilizantes aplicadas, sólo se aprovecha un 20%, y el resto normalmente se filtra o se lixivia sin remedio; con la aplicación de las micorrizas, puede ser recuperado por las plantas un porcentaje mucho mayor; ya que un pelo radical, puede poner a disposición de una raicilla, los nutrientes y el agua que se encuentra hasta 2 mm de la epidermis, las hifas del micelio extramático de las MVA pueden hacerlo hasta 80 mm, lo que representa para la misma raicilla la posibilidad de explorar un volumen de suelo hasta 40 veces mayor (Pérez, M. E et al., 2000).

El beneficio reportado por el uso de las asociaciones micorrícicas vesículo - arbusculares en el crecimiento de las plantas resulta espectacular, particularmente en suelos tropicales, deficientes en fósforo (P) asimilable y en donde el potencial de explotación de éstas es mucho mayor que en regiones de clima templado (Fredeen et al., 1989; Sieverding, 1991).

Al estudiar la biofertilización como alternativa para la nutrición mineral del tomate en la etapa de semillero, Medina (1994), logró los mayores incrementos en la variante que disponía de los requerimientos de

NPK más el *Azotobacter chroococcum*, aunque fueron inferiores cuando se utilizó el *Azospirillum brasilense* o el hongo *Glomus manihotis*, permitiendo la coinoculación con estos dos últimos microorganismos la sustitución del 50 % del fertilizante requerido en la etapa de plantación.

Las investigaciones encaminadas a determinar la efectividad de inocular cepas de hongos MVA en las diferentes especies vegetales son muy promisorias para el desarrollo de una agricultura moderna , la cual necesita métodos que conduzcan a obtener producciones mayores o al menos sostenibles teniendo en cuenta todos los componentes del agroecosistema. Numerosos son los estudios que a lo largo de los años, han utilizado los diferentes géneros de *Glomales*, destacándose el género *Glomus* por su eficiencia micorrizógena, su plasticidad ecológica y la tolerancia a las prácticas agrícolas, aún bajo condiciones adversas.

1.3.9. Ventajas de la Micorrización

Wang (2006), indica que, las ventajas proporcionadas por la micorrización para las plantas son numerosas. Gracias a ella, la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también capta con mayor facilidad ciertos elementos (fósforo, nitrógeno, calcio y potasio) y agua del suelo. La protección brindada por el hongo hace que, además, la planta sea más resistente a los cambios de temperatura y la acidificación del suelo derivada de la presencia de azufre, magnesio y aluminio. Por si todo esto fuera poco, algunas reacciones fisiológicas del hongo inducen a la

raíz a mantenerse activa durante más tiempo que si no estuviese micorrizada.

Todo esto redundará en una mayor longevidad de la planta: de hecho, se ha comprobado que algunos árboles, como los pinos, son incapaces de vivir más de dos años cuando están sin micorrizar. En otras especies, esta unión es tan estrecha que sin ella la planta no puede subsistir, como es el caso de las orquídeas. Las plantas cuyas semillas carecen de endosperma (sustancias alimenticias de reserva) dependen completamente del hongo para alimentarse y germinar posteriormente.

La infección de la raíz por el hongo se produce a partir de propágulos presentes en el suelo. Pueden ser esporas y trozos de hifas del hongo y también raíces ya micorrizadas. Con el fin de asegurar el éxito de la empresa, la siembra de la mayoría de plantas comestibles o de decoración y las repoblaciones forestales que se llevan a cabo en la actualidad acompañan las nuevas plantas y brotes con fragmentos del hongo más adecuado para establecer asociaciones micorrícicas con cada especie que se vaya a cultivar.

1.3.10. Micorrizas y Tolerancia Frente al Estrés

Calvente (2006), indica que, las plantas ya sean especies vegetales de interés agrícola, forestal, ornamental o paisajístico sufren con frecuencia numerosos estrés de distinta índole. En las últimas décadas numerosos grupos científicos de reconocido prestigio han investigado los mecanismos por los cuáles las plantas micorrizas resisten y/o toleran

estreses de tipo abiótico y biótico. La simbiosis micorrícica contribuye a incrementar la resistencia/tolerancia de las plantas a salinidad, sequía, estados de deficiencia en nutrientes, exceso de metales pesados, degradación del suelo, ataques de patógenos del suelo etc. A continuación se ofrece un resumen del efecto de las micorrizas ante cada caso de situación.

1.3.11. Suelos con desequilibrada fertilidad

El efecto beneficioso más y mejor estudiado que ejercen las micorrizas sobre las plantas es, sin duda, el que conduce a una mejora del crecimiento así como de su estado nutricional. Este efecto es mayor y más patente en suelos con una baja o desequilibrada fertilidad. Las plantas micorrizadas presentan un aporte extra de nutrientes absorbidos por el micelio externo de los hongos micorrícicos. Este micelio es capaz de captar P en forma de ión fosfato, así como N en forma de nitrato o amonio. Sin duda el P, es el elemento nutricional que es aportado cuantitativamente de forma más importante a la planta. Asimismo, otros nutrientes importantes como el Zn, Fe o Cu son también absorbidos y transferidos a la planta de micro hábitats distantes hasta 25 cm de la superficie de la raíz (mucho más allá de la zona de agotamiento que la rodea) y transferírseles a las plantas con las que se asocian. De esta forma el alcance de la planta a los nutrientes del suelo y al agua está considerablemente potenciado por la micorriza.

1.3.12. Estados de déficit hídrico

En diversos estudios se ha demostrado que las micorrizas ayudan a la planta a superar situaciones de estrés hídrico. Particularmente se ha demostrado que el micelio externo se despliega por la rizófora absorbiendo y transportando agua hacia la planta. Asimismo, las hifas de los hongos micorrícicos, con un diámetro de 2-5 μm , pueden penetrar en poros del suelo que resultan inaccesibles incluso para las raíces más finas (10-20 μm de diámetro).

De esta forma las plantas micorrizadas exploran y explotan en mayor medida los recursos hídricos disponibles. Pero también una planta micorrizada tolera y se recupera antes de periodos de sequía gracias a otros mecanismos indirectos como son la mejora del ajuste osmótico, cambios en las propiedades del suelo y en la capacidad de retención de agua, cambios en las propiedades del suelo y en la capacidad de retención de agua, estimulación de actividades asimilativas esenciales para la planta y protección frente al daño oxidativo generado por la limitación hídrica.

1.3.13. Micorrizas y control integrado de enfermedades

Los microorganismos patógenos son componentes habituales de los ecosistemas naturales y agronómicos, que pueden causar importantes pérdidas en el rendimiento agrícola como consecuencia de su ataque y el consiguiente desarrollo de enfermedades. En las últimas décadas se han venido utilizando elevadas cantidades de agroquímicos para paliar estas enfermedades, pero dado que se crean resistencias a los mismos, que

producen serios problemas de contaminación ambiental, y que llevan implícito un elevado riesgo sanitario, se están estudiando nuevas estrategias alternativas a su uso. Una de tales estrategias se basa en el uso de microorganismos rizosféricos capaces de ejercer algún tipo de antagonismo sobre microorganismos patógenos para la planta y que, por tanto, beneficiarán indirectamente el desarrollo de ésta. Tal estrategia implica el manejo racional y dirigido de microorganismos antagonistas apropiados como agentes de control biológico de enfermedades. Además del uso de tales microorganismos antagonistas, en los últimos tiempos despierta un elevado interés el papel que las micorrizas ejercen confiriendo una mayor resistencia/tolerancia a las plantas frente al ataque de patógenos que causan enfermedades a los cultivos. Tales efectos son difíciles de generalizar y dependen en gran medida de la especie vegetal implicada, del hongo micorrízico, el patógeno y su nivel de virulencia y de las condiciones medioambientales.

1.3.14. Mecanismos sugeridos para explicar el efecto de las micorrizas en el control de patógenos

➤ Mejora de la nutrición de la planta

Numerosos estudios avalan que la mejora del estado nutricional en plantas micorrizadas les proporciona una mejor situación fisiológica, lo cual les permite a su vez combatir, de forma más efectiva al patógeno.

➤ **Competición por fotosintetizados**

Dado que es fundamental que la simbiosis esté bien establecida antes del ataque del patógeno para ser efectiva, el hongo micorrícico tiene un acceso prioritario a los productos carbonados sintetizados por la planta.

➤ **Competición por sitios de colonización/infección**

Al igual que ocurre con la competición por fotosintetizados, puede ocurrir competición por sitios de infección de forma que cuando llega el patógeno, éstos están ya ocupados por el hongo micorrícico. Existe un trabajo de investigación que muestra como las células que contienen arbusculos no son invadidas por determinados patógenos.

➤ **Producción de cambios histológicos en el sistema radical**

La colonización micorrícica incrementa la lignificación de las células endodérmicas de la raíz lo que dificulta la entrada de microorganismos patógenos. Este aumento en la lignificación es debido a la inducción de la ruta de biosíntesis de fenilpropanoides y la consecuente formación de precursores de la pared celular.

➤ **Inducción de cambios en las poblaciones de microorganismos en la micorrizosfera**

Las modificaciones fisiológicas que experimentan las raíces micorrizadas provocan cambios en la cantidad y composición de los exudados radicales que liberan al suelo, y en el pH de la rizósfera (más correctamente denominada micorrizósfera cuando se trata de

plantas micorrizadas), lo cual puede inducir cambios en los equilibrios microbianos de la misma.

➤ **Activación de los mecanismos de defensa**

En general, las plantas permiten la penetración de los hongos micorrícicos en la raíz, así como su desarrollo inter e intracelular, sin oponer resistencia a su avance. Sin embargo, la planta hospedadora ejerce un control sobre el crecimiento del hongo permitiendo que solamente colonice el cortex de la raíz. Los hongos micorrícicos inducen inicialmente respuestas de defensa en las plantas hospedadoras que colonizan, pero éstas son localizadas, débiles y transitorias.

1.3.15. Beneficios de las micorrizas para las plantas

Se ha observado que en suelos con bajos contenidos de fósforo disponible, las plantas con micorrizas tienen mayores tasas de crecimiento que las plantas sin ellas. Las micorrizas parecen modificar las propiedades de absorción por el sistema radical a través de: El desarrollo de hifas en el suelo, provenientes de las raíces, la absorción de fósforo por las hifas, la translocación de fosfato a grandes distancias por las hifas, la transferencia de fosfato desde el hongo a las células de la raíz y, como resultado del mejoramiento de su alimentación con fosfato, las plantas con micorrizas incrementan la absorción de otros macronutrientes, tales como K y S, y micronutrientes Cu y Zn (Smith y Gianinnazzi-Parson, 1988)

La gran eficiencia con la cual las plantas micorrizadas absorben el fósforo, en comparación con las no micorrizadas, posiblemente se deba en gran medida al incremento del área superficial disponible para la absorción, como resultado de que las hifas se extienden de la raíz al suelo (Deacon, 1983).

Además de la absorción más eficiente de nutrientes, las plantas micorrizadas obtienen otros beneficios, como: control biológico para algunos patógenos provenientes de suelo, e incremento de la tolerancia de la planta a ellos, efecto positivo sobre el desarrollo y distribución de biomasa, mejoramiento de la tolerancia a condiciones de estrés hídrico y salinidad, producción de hormonas estimulantes o reguladoras de crecimiento vegetal, incremento en la relación parte aérea/raíz de la planta micorrizada, aportes en recuperación de suelos por ser formadores de agregados del suelo, uso potencial en suelos degradados o áridos en programas de revegetación, buena interacción con organismos fijadores de nitrógeno y otros microorganismos benéficos de la rizósfera (Turipana, 2004).

Sin embargo, los máximos beneficios se obtendrán si se inocula con hongos micorrízicos eficientes al suelo y si se hace una selección de combinaciones compatibles de hongo-planta-suelo. En general, cuanto más temprano se establezca la simbiosis, mayor el beneficio debido a que el hongo requiere de un período de tiempo para desarrollarse (Azcón y Barea, 1997).

1.3.16. Beneficios al suelo por la aplicación de micorrizas

Las micorrizas cumplen una función fundamental en el ecosistema terrestre, desempeñando una serie de funciones esenciales para la salud de muchas plantas y cultivos. Al colonizar biotróficamente la corteza de una raíz determinada, sin causarle daño alguno, el hongo micorrícico se integra llegando a formar parte de ella.

Por este motivo, las micorrizas desarrollan un papel fundamental en el desarrollo y mantenimiento de muchos ecosistemas, por lo que se pueden encontrar en todos los suelos y en todos los climas terrestres. Debido a la función que ejercen, como protectoras de los cultivos, es posible reducir los fertilizantes y los fitofármacos en aquellas plantas que las posean (TUSPLANTAS, 2005).

Otra función de gran importancia de las micorrizas es la ayuda al establecimiento y protección de aquellas plantas que se encuentra en suelos poco productivos, como los afectados por la desertificación, la contaminación por metales pesados o la salinización, proporcionando así numerosos beneficios a los cultivos y permitiendo obtener alimentos sanos (TUSPLANTAS, 2005).

En suelos afectados por las consecuencias negativas de los metales pesados, se ha comprobado que las plantas micorrizadas poseen mayor resistencia, gracias a la capacidad que obtiene para inmovilizar los metales en la raíz, impidiendo que éstos pasen a la parte aérea de la planta (TUSPLANTAS, 2005).

Las micorrizas pueden ser utilizadas en la agricultura en forma de biofertilizantes, tanto en vivero como en el enraizamiento de plantas in-vitro, constituyéndose así en una alternativa valiosa para solucionar problemas de micropropagación, aclimatación y nutrición de diferentes especies de importancia en la agricultura y reduciendo al mismo tiempo los costos de producción, ya que se requiere una menor aplicación de insumos fertilizantes, riego y pesticidas y a su vez es posible establecer sistemas de producción más eficientes, precoces y productivos, que aumentan la sostenibilidad de los cultivos (TUSPLANTAS, 2005).

La mayor parte de los trabajos realizados y publicados hasta ahora demuestran el efecto beneficioso de las micorrizas y la reducción de daños causados por distintos patógenos de suelo. Se refieren principalmente a hongos patógenos que causan podredumbres de raíz como *Phytophthora*, *Aphanomyces*, *Pythium* y daños vasculares como *Fusarium* y *Verticillium* a nematodos fitoparásitos agalladores y lesionadores como *Meloidogyne* y *Pratylenchus*. En cualquier caso, la consecuencia directa sobre el desarrollo de la planta es un incremento de tolerancia hacia el patógeno cuando está micorrizada. (Agroinformación, 2005).

La activa presencia de hongos micorrízicos generadores de glomalinas, tienen una persistente acción positiva sobre los agregados del suelo, al exudar compuestos aglutinantes que permiten unir las partículas de suelo mejorando así su estructura. Al ser las glomalinas medianamente

insolubles y estables, la labranza no terminará con estos compuestos y sus claros beneficios (Wright, 2001).

1.3.17. Antecedentes en el cultivo de tomate

Terry y Leyva (2006), en su trabajo de investigación mencionan que los hongos micorrícicos arbusculares (HMA), estimulan positivamente el crecimiento de las plantas de tomate, también contribuyen al estado nutricional de las mismas, generando incrementos en el rendimiento y en la eficiencia de la fertilización nitrogenada.

Santillana et al. (2005) evaluaron 19 cepas del genero *Rhizobium* aisladas de raíces de diferentes leguminosas y de distintas regiones, en el crecimiento y germinación en tomate. De 19 cepas evaluadas, siete estimularon el crecimiento de las plantas de tomate, nueve promovieron la germinación de las semillas, y únicamente dos de esas cepas presentaron efecto positivo en la germinación y crecimiento de plantas de tomate.

Terry y Leyva (2006) mencionaron que algunos beneficios en el desarrollo de las plantas atribuidas a los hongos micorrizas realmente provienen de la combinación con bacterias, por lo que evaluó *Glomus clarum* y *Azospirillum brasilense*. En tomate variedad "Amalia" inoculó al momento de la siembra para almacigo, en inoculación simple y en coinoculación, ambos microorganismos, con diferentes concentraciones de fertilización nitrogenada, encontrando mejores resultados en el tamaño de la planta a partir de los 31 días de la germinación, además de mayor cantidad de

masa seca de las plantas, mayores contenidos de proteínas solubles y mayor rendimiento, por lo que consideraron a la coinoculación como una alternativa para mantener un estado nutrimental adecuado de las plantas y para sustituir la fertilización nitrogenada.

Salazar (2011) planteó como una alternativa utilizar el hongo micorrízico *Claroideogomus claroideum* y un sustrato elaborado a base de polvo de fibra de coco, composta de estiércol de bobino, cascarilla de arroz, harina de pescado, composta de cachaza de caña de azúcar, dolomita, roca fosfórica y levadura de cerveza, para mejorar el rendimiento y la vida de anaquel del jitomate, ya que obtuvo un desarrollo normal de la planta sin la adición de un fertilizante químico.

Velasco et Al (2001), *azospirillum brasilense* inoculado a tomate de cáscara en campo presentó poblaciones de 3.26×10^3 UFC g⁻¹ de suelo seco en rizósfera y 4.17×10^5 UFC g⁻¹ de raíz en rizoplaneo en la etapa de floración; en endorrizósfera el porcentaje de infección se afectó positivamente por la inoculación de *G. intraradix* con 72% de infección.

Velasco et Al (2001), la mayor colonización micorrízica en tomate de cáscara se observó en la etapa de floración (60 dds). En general, la vermicomposta incrementó el porcentaje de colonización total y el contenido de P y N en planta; en consecuencia, mayor área foliar fotosintéticamente activa y la tasa fotosintética fue mayor en los tratamientos inoculados ya sea con hongo o bacteria, así como por la adición de vermicomposta. En general, la adición de 10 t ha⁻¹ de

vermicomposta, ya sea sola o combinada con *G. intraradix* o *A. brasilense*, incrementó el contenido de materia seca y rendimiento de tomate de cáscara.

1.4. LOS MICROORGANISMOS EFECTIVOS (ME)

1.4.1. Definición

Higa y Parr (1991), mencionan que los EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros. Cuando el EM es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinergista por su acción en comunidad. El EM, como inoculante microbiano, reestablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

La FAO (2007), menciona que los ME son una Mezcla de todos los tipos de microbios que ocurren de manera natural, como los fijadores de N, solubilizadores de P, productores de hormonas/vitaminas, descomponedores de la celulosa, organismos controladores de enfermedades, etc. y que se emplean para elevar la productividad del cultivo.

Kuprat (2004), basándose en los estudios de del Dr. Higa, menciona que los ME se emplea para nuestra salud, para suelos sanos, plantas sanas y animales sanos, para el compostaje, para la limpieza y purificación de aguas residuales y para el cuidado natural de plantas. También para la prevención de parásitos, así como para producto de limpieza en casa.

Chujo (2004), indica que el EM es una combinación de varios microorganismos beneficiosos, de origen natural que se usan principalmente para los alimentos o que se encuentran en los mismos. Contiene organismos beneficiosos de 3 géneros principales: bacterias fototróficas, bacterias de ácido láctico y levadura. Estos microorganismos efectivos, cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, quelatos y antioxidantes. Cambian la micro y macro flora de la tierra y mejora el equilibrio natural de manera que la tierra que causa enfermedades se convierte en tierra que suprime enfermedades, y ésta a su vez tiene la capacidad de transformarse en tierra azimogénica. Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de materia orgánica y aumenta el contenido de humus. Esto ayuda a mejorar el crecimiento de la planta y sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica. Los microorganismos eficientes fueron desarrollados en forma líquida a lo largo de muchos años por el Profesor Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, y el estudio se completó en 1982. Al principio, EM era considerado una alternativa para químicos agrícolas; pero su uso ahora se ha extendido a aplicaciones en

los campos ambiental, industrial y de la salud. Sin embargo, se debe enfatizar que EM no es ni un químico sintético ni una medicina.

1.4.2. Tipos de microorganismos

Higa y Parr (1991), Suquilanda (2001), menciona que los principales grupos de microorganismos presentes en el EM son: Bacterias Fototróficas, Bacterias Ácido lácticas, Levaduras y Actinomicetos:

- **Bacterias Fototróficas**

Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energías. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros Microorganismos Efectivos. Asimismo llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrientes, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día.

- **Bacterias Ácido lácticas**

Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica.

Las bacterias ácido lácticas aumenta la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina la celulosa, trasformando esos materias sin causar influencias negativas en el proceso. El ácido láctico ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de rora.

- **Levaduras**

Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, la materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Efectivos como bacterias ácido lácticas y actinomicetos.

- **Actinomicetos**

Funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del azotobacter y de las micorrizas.

1.4.3. Modo de acción de los microorganismos efectivos

Higa y Parr (1991), menciona que los diferentes tipos de microorganismos en el EM, toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los EM para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias

bioactivas. Cuando los Microorganismos Efectivos incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos.

1.4.4. Aplicaciones del microorganismos efectivos (EM)

Higa y Parr (1991), indican las siguientes aplicaciones del ME en la Agricultura:

Los EM, como inoculante microbiano, reestablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químico, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible. Entre los efectos sobre el desarrollo de los cultivos se pueden encontrar:

a) En semilleros:

- Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
- Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

184994

b) En las plantas

- Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
- Consume los exudados de raíces, calidad y productividad de los cultivos. Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

c) En los suelos

Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se pueden mencionar:

- Efectos en las condiciones físicas del suelo: acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas de las lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.

- Efectos en las condiciones químicas del suelo: mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantiene fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.

1.4.5. Los microorganismos efectivos y su acción solubilizante

Higa y Parr (1991), indican que los ME tienen efectos en las condiciones químicas del suelo: Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.

La FAO (2007), menciona que las bacterias, hongos y actinomycetos pueden solubilizar formas insolubles de fósforo. Las bacterias solubilizadoras de P (BSP) incluyen *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas striata*, *Agrobacterium* sp; *Acetobacter diazotrophicus*, etc. Los hongos solubilizadores del P (HSP) incluyen: *Aspergillus awamori*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium belaji*, levadura (*Saccharomyces* sp.), etc. Los actinomicetos solubilizadores de P (ASP) incluyen a *Streptomyces* sp, *Nocardia* sp. Generalmente los Microorganismos Solubilizantes del Fósforo secretan ácidos orgánicos que disuelven el fosfato insoluble. Estos microbios ayudan en la solubilización del P de la roca fosfórica y otras formas escasamente solubles del P del suelo, mediante la

disminución del tamaño de sus partículas, reduciéndolas a formas casi amorfas.

Alexander, M, menciona que los microorganismos no solo asimilan el fósforo, sino que también hacen solubles una gran proporción de ellos, liberando en cantidades superiores, actúan solubilizando sales de Fe, Al, Mg, Mn y otros fosfatos. El principal mecanismo de solubilización se debe a la producción microbiana de ácidos orgánicos, que disuelven los fosfatos inorgánicos haciéndolos asimilables para las plantas. Muchos microorganismos del suelo producen ácido láctico, glicólico, acético, cítrico, fórmico, etc; que pueden solubilizar fosfatos tricálcicos y apatitos naturales.

Catedra IX (1982), indica que otros ácidos orgánicos como oxálico y tartárico son agentes quelantes capaces de acomplejar Ca^{+2} , Al^{+3} , Fe^{+3} , Mn^{+2} , y Cu^{+2} , que estuvieron en forma de fosfatos, liberando por lo tanto el fósforo. Esta acción podría ser neutralizada por la presencia de CaCO_3 , siendo este proceso más activo en la zona de las raíces.

Paúl y Clark (1989), y Alexander (1980), señala que los microorganismos llevan a cabo ciertas transformaciones del P, los cuales incluyen:

- a) Alteración de la solubilidad de compuestos inorgánicos del P.
- b) Mineralización de compuestos orgánicos con liberación de fosfato inorgánico.
- c) Conservación del anión inorgánico aprovechable en compuestos celulares.

d) Lleva a cabo una oxidación de compuestos inorgánicos de P.

1.5. LAS RIZOBACTERIAS

1.5.1. Rizobacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (pgpr) y su importancia en la nutrición de las plantas

Se define como "Rizobacterias", a todas las bacterias que poseen la aptitud de colonizar las raíces de las plantas de forma muy intensa (Schroth y Hancock, 1981). Estas poblaciones microbianas juegan un papel muy importante en el desarrollo de las plantas, siendo capaces de colonizar las raíces de forma externa y, en algunos casos, internamente (Klopper y Beauchamp 1992); el interés sobre estas se ha basado en tres aspectos básicos: influencia en la nutrición de las plantas, protección de la raíz del ataque de patógenos procedentes del suelo y producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, tales como ácido indolacético, giberelinas, citoquininas y otros (Lynch, 1990).

Hasta la fecha, se han acumulado gran número de reportes acerca de microorganismos que aislados de diversos ecosistemas naturales, son capaces de excretar sustancias reguladoras del crecimiento vegetal. Estas sustancias orgánicas en pequeñas concentraciones influyen sobre el metabolismo de las plantas superiores conllevando a variaciones en su crecimiento y desarrollo; entre ellas las más conocidas son las fitohormonas que son sustancias de elevada actividad biológica (Cobas, 1990).

Según las observaciones de numerosos científicos de todo el mundo, el incremento de los rendimientos del siglo XX en los países desarrollados, está basado en la obtención de nuevas variedades mediante la Ingeniería genética y el uso de bioestimuladores, entre los que se encuentran los de origen microbiano (Martínez, 1998).

Existen países donde la fijación biológica del nitrógeno se explota en gran escala, como es el caso de Australia, donde por concepto de fijación por las leguminosas se incorporan al suelo 12 800 000 toneladas de nitrógeno al año, por fijación de microorganismos asociativos y de vida libre se incorpora 1 000 000 toneladas de nitrógeno al año y por fertilizante nitrogenado apenas se incorpora 100 000 toneladas de nitrógeno al año.

Estados Unidos por su parte incorpora al suelo 8 600 000 t.año⁻¹ con la fijación de microorganismos asociativos y de vida libre y finalmente mediante la aplicación de fertilizante nitrogenado incorpora 4 900 000 t.año⁻¹.

1.5.2. Antecedentes en el cultivo de tomate

Terry et al. (2005) evaluaron bacterias benéficas en cultivo de tomate, encontrando que el género más abundante en la rizósfera era *Azospirillum* y que su inoculación artificial tiene un efecto positivo ya que aumenta el tamaño y el estado nutricional de la planta; esos autores obtuvieron un rendimiento de un 11% más comparado con el testigo sin inocular.

Santillana (2006) evaluó tres tipos de cepas de *Pseudomonas sp.* como inoculantes en diferentes cultivos bajo condiciones de invernadero, entre ellos la papa y el tomate. También encontró que en ambos cultivos no se encontraron diferencias significativas en el uso

Alvarez et al. (2008) evaluaron la utilización de *Glomus fasciculatum* en un suelo de clasificación Cambisol Crómico combinado con diferentes niveles de fertilización, donde encontró mayores rendimientos al emplear *Glomus fasciculatum* a niveles de fertilización de 150, 240 y 125 kg/Ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, al compararlos con una inculación sin fertilización, otras concentraciones de fertilización y un testigo sin inocular ni fertilizar.

1.5.3. Cepas autóctonas

Diversos factores como humedad, predación, alta salinidad, pH y temperatura pueden disminuir las poblaciones de diversas especies microbianas como biofertilizantes y en consecuencia su efectividad, por lo que es más recomendable para la elaboración de los mismos utilizar cepas nativas que estén adaptadas a las condiciones ambientales, ya que se tienen menores riesgos de obtener malos resultados (Armenta et al., 2010). Ferrera-Cerrato y Alarcón (2001) y Ferrera-Cerrato y Alarcón (2007) concuerdan con lo anterior y mencionan que un buen resultado de los biofertilizantes depende en gran medida de la selección de las cepas que se utilicen para su elaboración, por lo que

recomienda la utilización de cepas nativas que estén adaptadas a un ambiente dado.

1.5.4. Consideraciones finales

Diversos autores mencionan algunos beneficios de la utilización de hongos y bacterias como biofertilizantes, entre los que destacan la mayor aportación de minerales, mayor resistencia a patógenos, fijación del nitrógeno atmosférico, mejor desarrollo radicular, y mayor tolerancia al estrés, entre otros.

En mayores o menores proporciones algunos autores coinciden en buenos resultados al inocular diversos géneros de bacterias y hongos micorrízicos bajo diversos sistemas de producción de tomate; sin embargo existen más estudios en bacterias Del género *Azospirillum*, y del género *Glomus* en el caso de los hongos micorrízicos.

Algunos autores proponen la utilización de los biofertilizantes como alternativa para disminuir la utilización de fertilizantes químicos sintéticos en la producción de tomate y coinciden en que el empleo de biofertilizantes es una alternativa para el desarrollo sustentable de los agroecosistemas y en que su elaboración se debe basar en cepas nativas debido a que ya están adaptadas al medio ambiente.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. UBICACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero del laboratorio de Agrobiología ubicado dentro del campus de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, al frente de los pabellones de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía (Pampa del arco), ubicada en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2750 msnm, que se encuentra entre las coordenadas geográficas de 13°8'36" Latitud Sur y 74°13'13" Longitud Oeste.

2.2. ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO

2.2.1. Análisis físico – químico del suelo

El suelo se recolectó de alrededores del invernadero, con topografía ligeramente plana, con la finalidad de conocer la composición química del suelo, el cual fue analizado en el Laboratorio de Análisis de Suelo y

Análisis Foliar “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuyos resultados se muestran en el cuadro 2.1.

En base a los resultados obtenidos se realizó la interpretación respectiva, determinándose que el pH de 7.42, se encuentra en un rango óptimo para el cultivo de tomate. (CIP, 1986)

Cuadro 2.1: Características químicas del suelo experimental. Pampa de Arco – UNSCH, 2750 msnm. Ayacucho, 2014.

Propiedades	Unidad	Contenido	Método	Interpretación
pH	(%)	7.42	Potenciometría	Básico
M.O	(%)	1.59	Walkley Black	Bajo
N-Total	(%)	0.08	Semi-Micro Kjeldahl	Bajo
P-Disp	(ppm)	2.11	Bray-kurtz II	Medio
K-Disp	(ppm)	163	Morgan y Peech	Alto
Arena	(%)	43.59	Bouyoucos	Clase textural: Franco – Arcilloso
Limo	(%)	17.2		
Arcilla	(%)	39.21		

De acuerdo a la clasificación de suelos por su contenido de materia orgánica pertenece a un suelo mineral; y en función al nivel de materia orgánica en suelos minerales, es pobre. Así mismo el contenido de nitrógeno total es pobre. El contenido de fósforo disponible es medio. El potasio es considerado como alto. La textura del suelo de acuerdo a sus

componentes de arena, limo y arcilla corresponde a la Clase Textural Franco-Arcilloso. (Ibáñez y Aguirre, 1983).

2.2.2. Análisis químico del Guano de Islas

La determinación de la composición química del Guano de Islas se realizó en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

CUADRO 2.2: Composición química del guano de isla.

Abono orgánico	pH %	M.O %	N.t %	P₂O₅ %	K₂O %	Ca %	Mg %
Guano de isla	7.69	18	12.7	8.5	3.19	6.4	0.72

2.3. MATERIAL GENÉTICO – PLANTA INDICADORA

Se utilizó como planta indicadora el tomate de la variedad “Río Grande”, cuyas características son las siguientes:

- Planta de porte determinado.
- Periodo vegetativo medio.
- Adaptado a la recolección mecanizada.
- Crecimiento vigoroso y de follaje frondoso.
- Forma de fruto es cuadrada alargada con ápice ligeramente apuntado.
- Peso promedio de fruto 65.9 gr.
- Resistente al transporte.

2.4. TRATAMIENTOS

Los tratamientos utilizados se indican a continuación:

- T1** = Con G.I. Testigo (sin ningún tipo de biofertilizante).
T2 = Fertilización química (FQ) con 160-140-20 de NPK.
T3 = Con G.I. + Microorganismos efectivos (ME), con 10 ml/de
T4 = Con G.I. + Rizobacterias (RZ), con 10 ml/de inoculante/maceta.
T5 = Con G.I. + Hongos micorrícicos (HM), con 10 ml/de inoculante/maceta.
T6 = Con G.I. + ME + HM (con 5 ml EM+5ml HM).
T7 = Con G.I. + Rz + HM (con 5 ml RZ+5 ml HM).
T8 = Con G.I. + Rz + ME (con 5 ml RZ+5 ml EM).
T9 = Con G.I. + Rz + HM + ME (con 3 ml RZ + 3 ml HM + 4 ml ME).

Dónde:

- G.I. : Guano de isla
Rz : Rizobacterias
HM : Hongos micorrícicos
ME : Microorganismos efectivos

La cantidad de guano aplicada a los respectivos tratamientos es de 39 g.maceta⁻¹, por cada maceta que tiene 10 kg de capacidad.

2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la distribución de unidades experimentales se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR) con 9 tratamientos y 3 repeticiones, cuyo modelo aditivo lineal es:

$$X_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

i : tratamiento

j : repeticiones

Dónde:

X_{ijk} : Variable respuesta en el i-ésimo tratamiento, j-ésimo tratamiento.

μ : Promedio de las unidades experimentales.

T_i : Efecto del tratamiento i.

E_{ij} : Error experimental.

Sub índice:

i : 1, 2, ... 9 tratamientos

j : 1, 2, 3 repeticiones

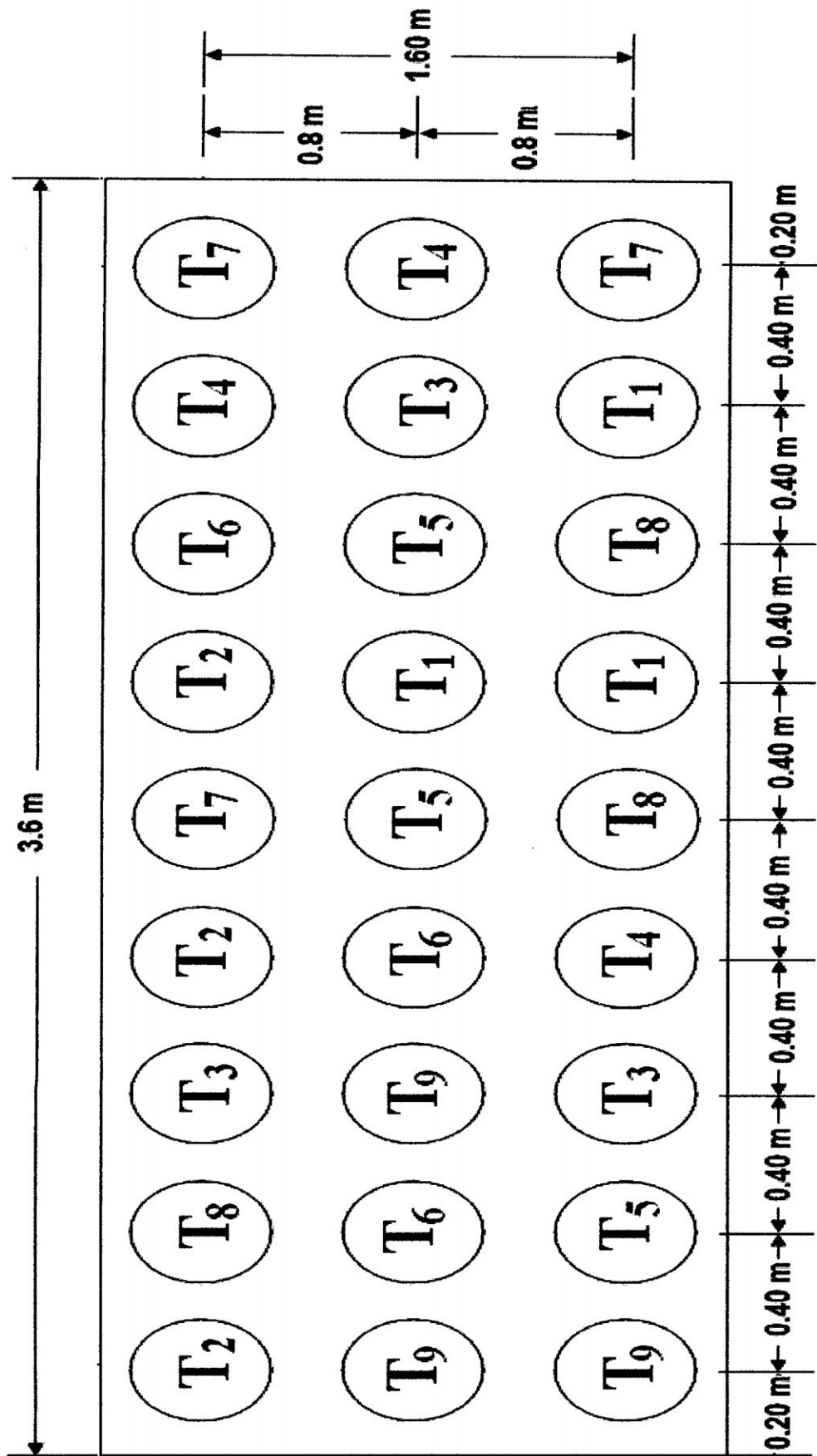
2.6. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Repeticiones: Número de repeticiones del experimento 03

Unidad experimental:

- Número de macetas/tratamiento 3
- Número total de maceta 27
- Peso de maceta 10 kg

a) Croquis del Campo experimental



2.7. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se condujo agronómicamente llevándose a cabo las siguientes labores:

a. Almacigado.

El almacigado se realizó en el mes de junio del 2013, en una bandeja de germinación.

b. Preparación de macetas

La preparación de macetas y del sustrato (suelo agrícola) debidamente mullido, se realizó en el mes de julio del 2013, luego se realizó el llenado de sustrato a las macetas de 10 kg c/u, de tal forma proporcionando a la planta las condiciones físicas adecuadas para su crecimiento y desarrollo.

c. Obtención de inoculantes de Microorganismos Efectivos, Rizobacterias y Hongos Micorrícicos.

Los Microorganismos Efectivos (ME), Rizobacterias y Hongos micorrícicos proceden del laboratorio de Rhizobiología del laboratorio del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería, y del laboratorio de Agrobiología de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía respectivamente.

d. Abonamiento.

La aplicación de abono al suelo para los tratamientos T3 al T8, se realizó poco antes del trasplante, con un abono orgánico

denominado Guano de Islas con 13-9-3 de NPK. La cantidad de utilizada fue de 39 gramos.

En base a los datos del análisis de suelo se realizó el cálculo del nivel de abonamiento, de acuerdo a la metodología indicada por Ibañez y Aguirre (1983), se utilizaron los datos del análisis de suelo y extracción de nutrientes por el cultivo, que fue de 110-30-160 NPK, para un rendimiento de 40 t/ha, obteniéndose una fórmula de abonamiento de 160 – 140 – 20 de NPK.

Como fuente se utilizó la urea con 46% de nitrógeno, fosfato di amónico 18 % de P_2O_5 y 46% de N y cloruro de potasio con 60% de K_2O . Se aplicó la mezcla de fertilizantes poco días antes del trasplante solo al tratamiento T_2 con la mitad del N, todo el P_2O_5 y todo el K_2O que consistió en la aplicación de 2 gramos de Urea, 10 gramos de fosfato di amónico y 1 gramo de cloruro de potasio y la otra mitad del N al momento del pequeño aporque con 2 gramos de urea.

Cabe mencionar que el tratamiento T_1 solamente recibió guano de isla.

e. Trasplante

Se realizó después de 28 días de la siembra en almacigo cuando ya las plantas presentaron las condiciones adecuadas para ser trasplantadas, el trasplante se realizó en el mes de agosto del

2013, teniendo en cuenta la randomización del experimento, para lo cual se trasplantó una planta/maceta.

f. Riego

Se realizó con ayuda de un recipiente, con el objetivo de proporcionar agua a la planta, con una frecuencia de aproximadamente 2 días, de acuerdo a las necesidades de agua de la planta durante su periodo vegetativo, para el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo.

g. Aplicación de los biofertilizantes

➤ **Aplicación de hongos micorrícicos**

Se realizó el 16 de agosto, de forma manual al momento del trasplante y de acuerdo a los tratamientos preestablecidos.

➤ **Aplicación de rizobacterias y Microorganismos Efectivos**

Se aplicaron después de 15 días de haber aplicado los hongos micorrícicos, por lo que fueron colocados en el fondo del pequeño hoyo que se realizó con mucho cuidado junto al cuello de la plántula de tomate y con la cantidad de acuerdo a los tratamientos preestablecidos.

➤ **Recalce.**

El recalce se efectuó a la semana del trasplante, remplazando las plantas no prendidas y débiles por plantas vigorosas.

h. Deshierbos

Los deshierbos se realizaron de acuerdo a la incidencia de las malezas, cuidando siempre que no compitan con el cultivo por los nutrientes.

i. Acumulación de tierra a la base de la planta (Aporque)

Esta operación se realizó, a los 40 días después del trasplante, a fin de evitar el tumbado de las plantas, estimular la formación de las raíces y aislar el cuello de la planta del agua de riego. En esta operación se aprovechó para aplicar la segunda mitad del abonamiento nitrogenado, cuando la planta alcanzó una altura promedio de 25 cm.

j. Colocación del tutor

Esta labor se realizó cuando la mayoría de las plantas sobrepasaban los 25 cm de altura evitando así la caída de las plantas de tomate.

k. Podas

Se realizó la poda de las yemas axilares de las tres primeras hojas inferiores. Por lo general esta labor se hizo una vez por semana.

l. Cosecha

Las cosechas se realizaron en forma manual cuando los frutos se encontraban en estado "pintón", utilizando una canasta para la recolección y una tijera para el corte del pedúnculo, luego se

realizó la clasificación de los frutos en categorías primera, segunda, tercera y frutos no comerciales.

Las primeras cosechas iniciaron en el mes de diciembre y las posteriores cosechas se efectuaron según el estado de maduración de los frutos con una frecuencia aproximada de 5 a 7 días durante 1 meses. (Ver cuadro 2, Anexos).

2.8. VARIABLES EVALUADAS

A) Periodo vegetativo de la planta de tomate (días)

Se tomó en cuenta el periodo de tiempo en días de cada una de las plantas de los tratamientos, esta labor se llevó a cabo cuando las plantas finalizaron con la madurez de cosecha.

B) Altura de Planta de tomate (cm)

Se utilizó una cinta métrica para medir la altura de las plantas en centímetros desde el cuello hasta el ápice de la planta, esta labor se llevó a cabo en el momento de la cosecha de la planta de tomate y luego se obtuvo el promedio total de la altura de planta.

C) Rendimiento por Categorías de fruto cosechado de tomate (kg.maceta⁻¹)

Utilizando estándares de clasificación los frutos cosechados se seleccionaron por separado, se clasificaron los frutos por categorías según el peso que presentaron.

- Categoría primera: desde 80 g de fruto de tomate para adelante.

- Categoría segunda: desde 45 g a 79g de fruto de tomate.

Fuente: INFOAGRO, 2003

D) Rendimiento total de frutos de tomate (kg.maceta⁻¹)

Una vez realizada la cosecha de los frutos de tomates, estos se pesaron en una balanza de precisión. Esta labor de pesado de frutos se llevó a cabo dentro del Laboratorio de Agrobiología de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía.

E) Rendimiento de materia seca de la planta de tomate (g.maceta⁻¹)

Al final del ciclo vegetativo se trasladaron al laboratorio para determinar el rendimiento de materia seca a las tres plantas de tomate correspondientes a las tres repeticiones del experimento.

2.9. PROCESAMIENTO DE DATOS

Los resultados de las variables evaluadas, se ordenaron en cuadros y luego se procedió a realizar el Análisis de variancia. Cuando en la fuente de variabilidad de los efectos principales, hubo significación se procedió a realizar la prueba de Tukey correspondiente.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. PERIODO VEGETATIVO DE LA PLANTA DE TOMATE (días)

En el cuadro 3.1 se presenta el análisis de varianza para el periodo vegetativo (días), resultando una alta significación estadística, que nos indica que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros con alta significación estadística; por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey (0.05).

Cuadro 3.1. Análisis de varianza para el periodo vegetativo (días) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

F.V	G.L.	SC	CM	F	Pr > -F
Tratamientos	8	178.741	22.343	26.228	< 0.0001 **
Error	18	15.333	0.852		
Total	26	194.074			

C.V. = 0.78 %

(*) : Significación estadística

(**): Alta significación estadística

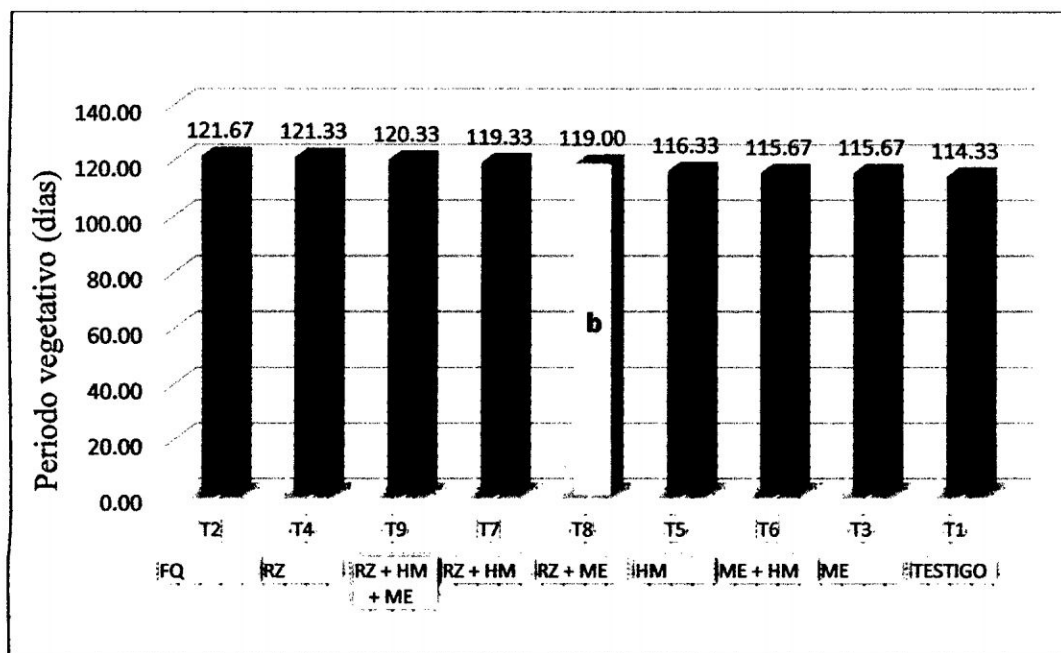


Gráfico 3.1. Prueba de Tukey para el periodo vegetativo (días) en el Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

En el gráfico 3.1 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable periodo vegetativo (días), en los que se observa que los tratamientos con Fertilización química (T₂), Rizobacterias (T₄), Rizobacterias + Hongos micorrícicos + ME (T₉), Rizobacterias + Hongos micorrícicos (T₇) y Rizobacterias + Microorganismos Efectivos (T₈) superan al testigo (T₁); correspondiendo el valor de periodo vegetativo más largo de 122 días al tratamiento con fertilización química (T₂); seguido por los tratamientos inoculados con Rizobacterias (T₄), Rizobacterias + Hongos micorrícicos + ME (T₉) y Rizobacterias + Hongos micorrícicos (T₇), todos ellos estadísticamente iguales entre sí, con un periodo vegetativo de 121, 120 y 119 días respectivamente; el valor intermedio de periodo vegetativo corresponde al tratamiento inoculado con Rizobacterias + Microorganismos Efectivos (T₈) con un período

vegetativo de 119 días; mientras que el periodo vegetativo más corto se obtuvo con los tratamientos inoculados con Hongos micorrícicos (T₅), Microorganismos Efectivos (T₃), Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T₆) y el Testigo (T₁), todos ellos estadísticamente iguales entre sí, con un período vegetativo de 116, 116, 116 y 114 días respectivamente.

Al comparar el tratamiento con Fertilización química (T₂) y el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T₉), podemos decir que al fertilizar químicamente el periodo vegetativo es más largo que al emplear una asociación de rizobacterias, hongos micorrícicos y microorganismos efectivos (ME), esto se debe a que la acumulación de nutrientes fue más rápida en el tratamiento con aplicación de Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T₉) por la acción conjunta de los hongos micorrícicos, las Rizobacterias y los Microorganismos Efectivos, la asociación de estos microorganismos funcionó de la siguiente manera: los hongos micorrícicos ayudaron a la planta a explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también ayudaron a la planta a captar con mayor facilidad ciertos elementos como el fósforo, nitrógeno, calcio, potasio y agua del suelo, además de brindarle otros beneficios. (Wang, 2006); las rizobacterias protegidas por los hongos micorrícicos del estrés biótico y/o abiótico, mejoraron la absorción de nutrientes por la planta, protegieron la raíz del ataque de patógenos procedentes del suelo y produjeron sustancias reguladoras del

crecimiento vegetal , tales como ácido indolacético, giberelinas, citoquininas y otros (Lynch,1990), y los microorganismos efectivos (ME) mejoraron la disponibilidad de nutrientes en el suelo solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radicular (Higa y Parr, 1991).

Por los resultados obtenidos podemos decir que los tratamientos inoculados con Hongos micorrícicos (T₅), Microorganismos Efectivos (T₃), Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T₆) y el Testigo (T₁) son los más precoces. El tratamiento con Fertilización química (T₂) es el más tardío.

Santiago, et al. (1998) en su trabajo de investigación obtuvo un periodo vegetativo de 129 días para la variedad río grande en condiciones de invernadero y con fertilización química, lo cual se asemeja bastante al periodo vegetativo del tratamiento con fertilización química (T₂) de este trabajo de investigación que es de 122 días.

Semillería Manrique SRL (2008) indica que el periodo vegetativo del tomate variedad río grande varía de 100 a 140 días, los resultados obtenidos en este trabajo de investigación se encuentran dentro de este rango.

3.2. ALTURA DE LA PLANTA DE TOMATE (cm)

En el cuadro 3.2, se presenta el análisis de varianza para la variable altura de planta (cm), resultando una alta significación estadística, lo cual

nos indica que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros con alta significación estadística; por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey (0.05).

Cuadro 3.2. Análisis de varianza para la Altura de planta (cm) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

F.V	G.L.	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	8	10410.017	1301.252	454.3214	< 0.0001 **
Error	18	51.555	2.864167		
Total	26	10461.572			

C.V =2.32 %

(*): Significación estadística

(**): Alta significación estadística

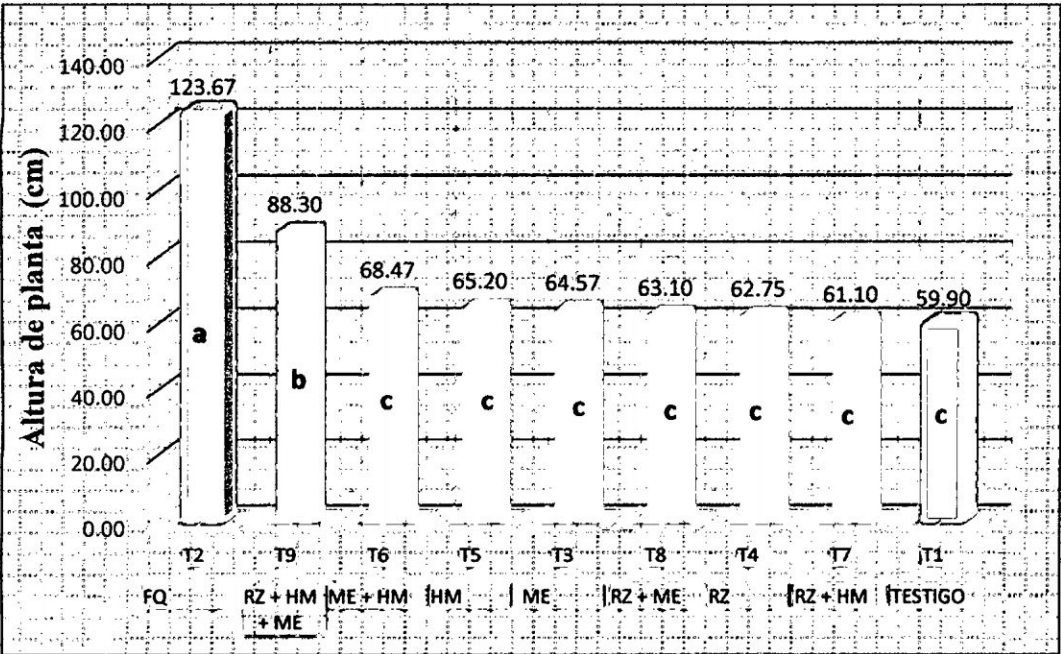


Gráfico 3.2. Prueba de Tukey para la altura de planta en el Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) con biofertilizantes con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

En el gráfico 3.5 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable Altura de la planta (cm), en los cuales se

observa que el tratamiento con Fertilización química (T₂) y el tratamiento con inoculación de Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T₉) superan al testigo; correspondiendo el valor más alto al tratamiento con Fertilización química (T₂) con una altura de 123.67 cm; seguido por el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T₉) con una altura de 88.30 cm; mientras que el valor más bajo de altura se obtuvo con el Testigo (T₁), y los tratamientos inoculados con Rizobacterias + Hongos micorrícicos (T₇), Rizobacterias (T₄), Rizobacterias + Microorganismos Efectivos (T₈), Microorganismos Efectivos (T₃), Hongos micorrícicos (T₅) y Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T₆), todos ellos estadísticamente iguales entre sí, con alturas de 59.90 cm, 61.10 cm, 62.75 cm, 63.10 cm, 64.57 cm, 65.20 cm y 68.47 cm respectivamente.

Por los resultados obtenidos se demuestra el efecto positivo de la asociación de las Rizobacterias, Hongos micorrícicos y Microorganismos efectivos (T₉) sobre la altura de las plantas de tomate, ya que la altura promedio de las plantas en este tratamiento es superior a las alturas promedio de plantas en los otros tratamientos orgánicos y el testigo (T₁), además es muy similar a la altura promedio de las plantas del tratamiento con Fertilización química (T₂).

La altura de planta del Testigo (T₁) y los tratamientos inoculados con Rizobacterias + Hongos micorrícicos (T₇), Rizobacterias (T₄), Rizobacterias + Microorganismos Efectivos (T₈), Microorganismos Efectivos

(T₃), Hongos micorrícicos (T₅) y Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T₆) está dentro de los rangos 0.5 a 0.8m de altura de planta obtenidas por la UNA La Molina (2000). Sin embargo el tratamiento con Fertilización química (T₂) y el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T₉) superan dicho rango, lo cual nos vuelve a demostrar el efecto positivo de la asociación de las Rizobacterias, Hongos micorrícicos y Microorganismos efectivos (T₉) sobre el crecimiento de las plantas de tomate.

La mayor altura de planta obtenida por el tratamiento inoculado con la asociación de rizobacterias, Hongos micorrícicos y Microorganismos efectivos (T₉) se debe a la acción conjunta de estos microorganismos, que contribuyeron en el crecimiento de las plantas de tomate, los hongos micorrícicos ayudaron a la planta a explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también ayudaron a la planta a captar con mayor facilidad ciertos elementos como el fósforo, nitrógeno, calcio, potasio y agua del suelo, además de brindarle otros beneficios. (Wang, 2006); las rizobacterias protegidas por los hongos micorrícicos del estrés biótico y/o abiótico, mejoraron la absorción de nutrientes por la planta, protegieron la raíz del ataque de patógenos procedentes del suelo y produjeron sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, tales como ácido indolacético, giberelinas, citoquininas y otros (Lynch,1990) y los microorganismos efectivos (ME) mejoraron la disponibilidad de nutrientes en el suelo solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos,

dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radicular (Higa y Parr, 1991).

Los fertilizantes químicos al contener una mezcla ideal de nutrientes contribuyen con el crecimiento y desarrollo de las plantas pero no contribuyen con el mejoramiento del suelo. (Diógenes Cubero y Marcos J. Vieira. 1999). Podemos decir que el tratamiento con Fertilizante químico (T_2) tiene una mayor altura de planta por contener una dosis ideal de N; mineral que está estrechamente relacionado con el crecimiento de las plantas. Además debemos de considerar que los suelos de Pampa del arco son deficientes en N, según el análisis físico - químico realizado en dicho suelo.

3.3. RENDIMIENTO POR CATEGORÍAS DE FRUTO COSECHADO DE TOMATE (kg.maceta^{-1})

3.3.1. CATEGORÍA PRIMERA (kg.maceta^{-1})

Cuadro 3.3. Análisis de variancia para el rendimiento de frutos de categoría primera (kg.maceta^{-1}) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

F.V	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	8	0.904019	0.113002	138.859	< 0.0001 **
Error	18	0.015	0.00081		
Total	26	0.919			

C.V. = 7.09 %

(*): Significación estadística

(**): Alta significación estadística

En el cuadro 3.3 se presenta el análisis de varianza para la categoría primera (kg.maceta^{-1}), resultando una alta significación estadística que nos indica que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros con alta significación estadística; por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey (0.05).

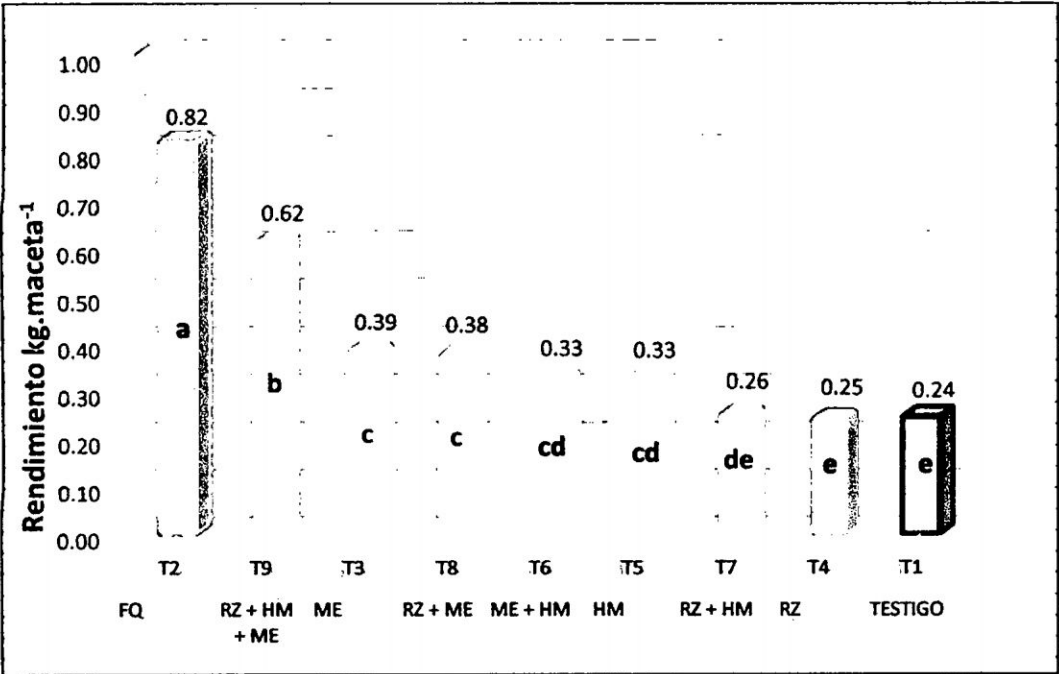


Gráfico 3.3. Prueba de Tukey para el rendimiento de frutos de la categoría primera en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) (kg.maceta^{-1}) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

En el gráfico 3.3 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable rendimiento de frutos de la categoría primera (kg.maceta^{-1}), en los que se observa que los tratamientos con Fertilización química (T_2), y los tratamientos inoculados con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T_9), Microorganismos Efectivos (T_3), Rizobacterias + Microorganismos

Efectivos (T_8), Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T_6), Hongos micorrícicos (T_5), Rizobacterias + Hongos micorrícicos (T_7), superan al testigo; correspondiendo el valor más alto al tratamiento con Fertilización química (T_2) con un rendimiento de $0.82 \text{ kg.maceta}^{-1}$; seguido muy de cerca por el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T_9) con un rendimiento de $0.62 \text{ kg.maceta}^{-1}$, en tercer lugar se encuentran el tratamiento inoculado con Microorganismos Efectivos (T_3) y el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Microorganismos Efectivos (T_8), los dos estadísticamente iguales entre sí con un rendimiento de $0.39 \text{ kg.maceta}^{-1}$ y $0.38 \text{ kg.maceta}^{-1}$ respectivamente; los valores intermedios de rendimiento corresponden a los tratamientos inoculados con Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T_6) y Hongos micorrícicos (T_5) los dos estadísticamente iguales entre sí, con un rendimiento de $0.334 \text{ kg.maceta}^{-1}$ y $0.330 \text{ kg.maceta}^{-1}$ respectivamente, seguidos del tratamiento inoculados con Rizobacterias + Hongos micorrícicos (T_7) con un rendimiento de $0.26 \text{ kg.maceta}^{-1}$; mientras que el rendimiento más bajo se obtuvo en el testigo (T_1) y el tratamiento inoculado con Rizobacterias (T_4), los dos estadísticamente iguales entre sí, con un rendimiento de apenas $0.24 \text{ kg.maceta}^{-1}$ y $0.25 \text{ kg.maceta}^{-1}$ respectivamente.

Por los resultados obtenidos se demuestra el efecto positivo de la asociación de las Rizobacterias, Hongos Micorrícicos y Microorganismos Efectivos (T_9) sobre el rendimiento de frutos de la categoría primera, ya

que en este tratamiento se obtuvo un mayor rendimiento de frutos de la categoría primera en comparación con los otros tratamientos orgánicos y el testigo, además de tener un rendimiento de frutos de categoría primera muy cercano al rendimiento obtenido en el tratamiento con fertilización química (T₂).

El alto rendimiento de frutos de la categoría primera obtenido en el tratamiento inoculado con la asociación de Rizobacterias, Hongos Micorrícicos y Microorganismos Efectivos (T₉) se debe a la acción conjunta de estos microorganismos, que contribuyeron en mejorar el rendimiento de frutos de primera categoría, los hongos micorrícicos ayudaron a la planta a explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hijas del hongo; también ayudaron a la planta a captar con mayor facilidad ciertos elementos como el fósforo, nitrógeno, calcio, potasio y agua del suelo, además de brindarle otros beneficios. (Wang, 2006); las rizobacterias protegidas por los hongos micorrícicos del estrés biótico y/o abiótico, mejoraron la absorción de nutrientes por la planta, protegieron la raíz del ataque de patógenos procedentes del suelo y produjeron sustancias reguladoras del crecimiento vegetal , tales como ácido indolacético, giberelinas, citoquininas y otros (Lynch,1990) y los microorganismos efectivos (ME) mejoraron la disponibilidad de nutrientes en el suelo solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radicular (Higa y Parr, 1991).

En caso del tratamiento con fertilización química (T_2), el alto rendimiento de frutos de la categoría primera se debe a lo mencionado por Hobbelink y Col, 1997 que indican que el cultivo de tomate es exigente en fertilización mineral, en sentido general y a la nitrogenada en particular, si se quiere obtener rendimientos satisfactorios, los informes mundiales fijan la dosis media que se aplica al tomate en un rango de 100-150 kg N.ha⁻¹ para plantaciones tradicionales, mientras que para sistemas de cultivo intensivo las dosis pueden llegar a niveles cercanos a los 300 kg N.ha⁻¹ en este caso el tratamiento T_2 recibió una dosis de 160 Kg N.ha⁻¹, lo que favoreció su óptimo desarrollo y producción.

Podemos observar que el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Microorganismos Efectivos (T_8) ocupa el tercer lugar en rendimiento de frutos de categoría primera a pesar de ser penúltimo en rendimiento total de frutos, esto nos indica que la mayoría de frutos producidos en este tratamiento fueron de categoría primera.

3.3.2. CATEGORÍA SEGUNDA (kg.maceta⁻¹)

En el cuadro 3.4 se presenta el análisis de varianza para la categoría segunda (kg.maceta⁻¹), resultando una alta significación estadística que nos indica que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros con alta significación estadística; por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey (0.05).

Cuadro 3.4. Análisis de variancia para el rendimiento de frutos de categoría segunda (kg.maceta⁻¹) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013

F.V	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	8	2.42497	0.30312	121.666	< 0.0001 **
Error	18	0.045	0.00249		
Total	26	2.470			

C. V = 4.71 %

(*): Significación estadística
(**): Alta significación estadística

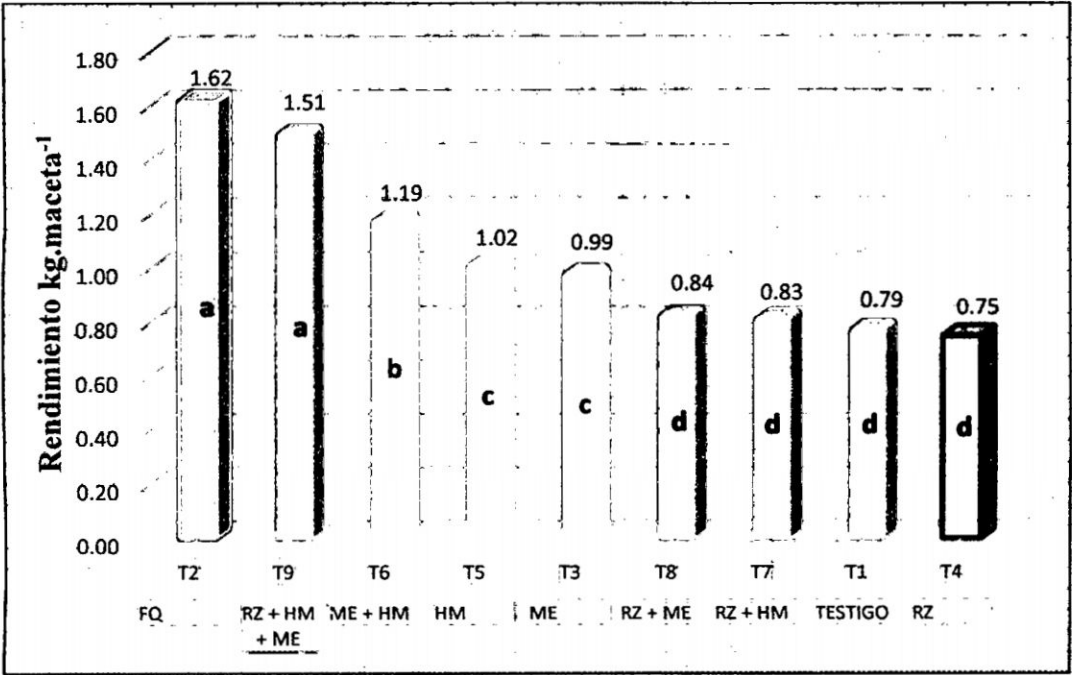


Gráfico 3.4. Prueba de Tukey para el rendimiento de frutos de segunda en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) (kg.maceta⁻¹) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

En el gráfico 3.4 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable rendimiento de frutos de la categoría segunda (kg.maceta⁻¹), en los que se observa que el tratamientos con Fertilización química (T₂) y los tratamientos con inoculación de

Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismo Efectivos (T_9) , Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T_6), Hongos micorrícicos (T_5) y Microorganismo Efectivos (T_3), superan al testigo; correspondiendo el valor más alto al tratamiento con Fertilización química (T_2) y al tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismo Efectivos (T_9), los dos estadísticamente iguales entre sí con un rendimiento de $1.62 \text{ kg.maceta}^{-1}$ y $1.51 \text{ kg.maceta}^{-1}$ respectivamente; seguido por el tratamiento inoculado con Microorganismo Efectivos + Hongos micorrícicos (T_6) con un rendimiento de $1.19 \text{ kg.maceta}^{-1}$, en tercer lugar se encuentran los tratamientos inoculados con Hongos micorrícicos (T_5) y Microorganismo Efectivos (T_3), los dos estadísticamente iguales entre sí con un rendimiento de $1.02 \text{ kg.maceta}^{-1}$ y $0.99 \text{ kg.maceta}^{-1}$ respectivamente; mientras que el rendimiento más bajo se obtuvo con los tratamientos inoculados con Rizobacterias (T_4), el Testigo (T_1), Rizobacterias + Hongos micorrícicos (T_7) y Rizobacterias + Microorganismo Efectivos (T_8), todos ellos estadísticamente iguales entre sí, con un rendimiento de apenas $0.75 \text{ kg.maceta}^{-1}$, $0.79 \text{ kg.maceta}^{-1}$, $0.83 \text{ kg.maceta}^{-1}$ y $20.84 \text{ kg.maceta}^{-1}$ respectivamente.

Por los resultados obtenidos se demuestra el efecto positivo de la asociación de las Rizobacterias, Hongos micorrícicos y Microorganismos efectivos (T_9) sobre el rendimiento de frutos de la categoría segunda (kg.maceta^{-1}) pues el rendimiento obtenido es estadísticamente igual al rendimiento de frutos de categoría segunda obtenida en el tratamiento

con fertilización química (T_2) y superior a los rendimientos de frutos de categoría segunda obtenidos por los otros tratamientos orgánicos y el testigo.

El alto rendimiento obtenido en el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismo Efectivos (T_9) se debe a la acción conjunta de estos microorganismos, que contribuyeron en mejorar el rendimiento de frutos de categoría segunda, los hongos micorrícicos ayudaron a la planta a explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también ayudaron a la planta a captar con mayor facilidad ciertos elementos como el fósforo, nitrógeno, calcio, potasio y agua del suelo, además de brindarle otros beneficios (Wang, 2006); las rizobacterias protegidas por los hongos micorrícicos del estrés biótico y/o abiótico, mejoraron la absorción de nutrientes por la planta, protegieron la raíz del ataque de patógenos procedentes del suelo y produjeron sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, tales como ácido indolacético, giberelinas, citoquininas y otros (Lynch, 1990) y los microorganismos efectivos mejoraron la disponibilidad de nutrientes en el suelo solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radicular (Higa y Parr, 1991).

En caso del tratamiento con fertilización química (T_2), el alto rendimiento obtenido se debe a lo mencionado por Hobbelink y col, 1997; que indica

que el cultivo de tomate es exigente en cuanto a la fertilización mineral, en sentido general y a la nitrogenada en particular, si se quiere obtener rendimientos satisfactorios.

Podemos observar que el tratamiento inoculado con Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T₆) se encuentra en el segundo lugar en rendimiento de frutos de categoría segunda, lo cual es lógico porque tenía bajo rendimiento de frutos de categoría primera a pesar de haber obtenido un tercer lugar en rendimiento total de frutos.

3.4. RENDIMIENTO TOTAL DE FRUTOS DE TOMATE (kg.maceta⁻¹)

En el cuadro 3.5, se presenta el análisis de varianza para el rendimiento total de frutos de tomate (kg.maceta⁻¹), resultando una alta significación estadística, que nos indica que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros con alta significación estadística por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey (0.05).

Cuadro 3.5. Análisis de varianza del rendimiento total de frutos de tomate (kg.maceta⁻¹) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

F.V	G.L.	SC	CM	Fc	Pr > F
Tratamientos	8	6.454	0.807	520.750	<0.0001 **
Error	18	0.028	0.002		
Total	26	6.482			

C.V. = 2.48 %

(*): Significación estadística

(**): Alta significación estadística

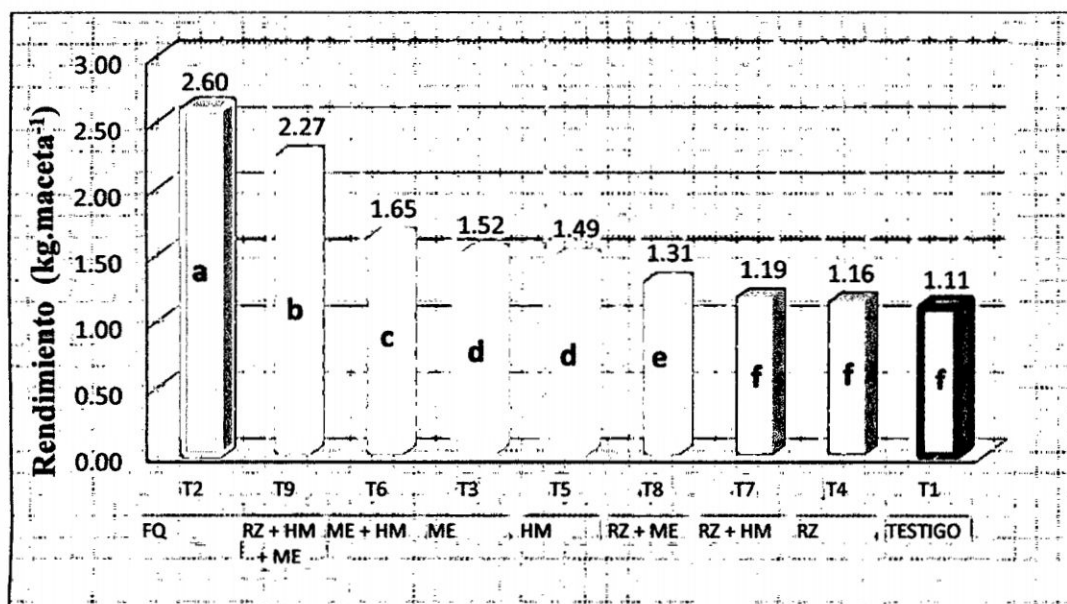


Gráfico 3.5. Prueba de Tukey para el rendimiento total de frutos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) (kg.maceta⁻¹) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

En el gráfico 3.5, la prueba de Tukey para la variable rendimiento total de frutos de tomate (kg.maceta⁻¹), muestra que los tratamientos con Fertilización química (T₂), y los tratamientos inoculados con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T₉), Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T₆), Microorganismos Efectivos (T₃), Hongos micorrícicos (T₅) y Rizobacterias + Microorganismos Efectivos (T₈) superan al testigo (T₁); correspondiendo el valor más alto al tratamiento con fertilización química (T₂) con un rendimiento de 2.60 kg.maceta⁻¹; seguido del tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T₉) con un rendimiento de 2.27 kg.maceta⁻¹, en tercer lugar se encuentra el tratamiento inoculado con Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T₆) con un rendimiento de 1.65 kg.maceta⁻¹; los valores

intermedios de rendimiento corresponden a los tratamientos inoculados con Microorganismos Efectivos (T_3) y Hongos micorrícicos (T_5) los dos estadísticamente iguales entre sí, con un rendimiento de $1.52 \text{ kg.maceta}^{-1}$ y $1.49 \text{ kg.maceta}^{-1}$ respectivamente, seguidos del tratamiento inoculado con Rizobacterias + Microorganismos Efectivos (T_8) con un rendimiento de $1.31 \text{ kg.maceta}^{-1}$; mientras que el rendimiento más bajo se obtuvo en el Testigo (T_1), y en los tratamientos inoculados con Rizobacterias (T_4) y Rizobacterias + Hongos micorrícicos (T_7) todos ellos estadísticamente iguales entre sí, con un rendimiento de apenas $1.19 \text{ kg.maceta}^{-1}$, $1.16 \text{ kg.maceta}^{-1}$ y $1.11 \text{ kg.maceta}^{-1}$ respectivamente.

Por los resultados obtenidos se demuestra el efecto positivo de la asociación de las Rizobacterias, Hongos micorrícicos y Microorganismos Efectivos (T_9) sobre el rendimiento total de frutos, pues se obtuvo un rendimiento total de frutos mayor al obtenido en los otros tratamientos orgánicos y el testigo, además el rendimiento total de frutos obtenido en el T_9 es muy cercano al rendimiento total de frutos obtenido en el tratamiento con fertilización química (T_2).

El alto rendimiento de frutos obtenido en el tratamiento con fertilización química (T_2), se sustenta en lo mencionado por Papadopoulos (1991), que confirma que altos aportes de fertilizantes químicos inducen un vigoroso crecimiento vegetativo, contribuyendo a la formación de hojas y tallos asegurando un rendimiento elevado de frutos, indica además que los niveles de nitrógeno pueden ser incrementados para obtener un

crecimiento continuo con la finalidad de obtener el máximo potencial productivo de frutos. Hobbelink y col, 1997, por su parte señala que el cultivo de tomate es exigente en cuanto a fertilización mineral, en sentido general y a la nitrogenada en particular.

El alto rendimiento total de frutos obtenido en el tratamiento inoculado con la asociación de Rizobacterias, Hongos Micorrícicos y Microorganismos Efectivos (T₉) se debe a que los hongos micorrícicos de alguna forma protegen a las rizobacterias del estrés biótico y/o abiótico, ambos se unieron con las raíces de las plantas de tomate formando un complejo que mejoró la absorción de nutrientes por la planta, incrementó el área de absorción de nutrientes al formarse las micorrizas, protegieron la raíz del ataque de patógenos procedentes del suelo y produjeron sustancias reguladoras del crecimiento vegetal , tales como ácido indolacético, giberelinas, citoquininas y otros (Lynch,1990); adicionalmente los microorganismos efectivos (ME) mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radicular (Higa y Parr, 1991).

En cuanto al tratamiento inoculado con Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T₆) que se encuentra en el tercer lugar en rendimiento total de frutos, está por debajo del rendimiento obtenido por Santiago, et al. (1998) de 1.76 kg.planta⁻¹ con fertilización química, pero para ser un tratamiento orgánico obtuvo un rendimiento medio lo cual se

debe a que los Microorganismos Efectivos y los Hongos micorrícicos trabajaron conjuntamente; los microorganismo efectivos solubilizan los nutrientes del suelo haciéndolos más asimilables para las plantas (Higa y Parr, 1991) y los hongos micorrícicos ayudan a la planta a explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también ayudan a la planta a captar con mayor facilidad ciertos elementos como el fósforo, nitrógeno, calcio, potasio y agua del suelo, éste microorganismo en la planta hospedante muestra los efectos en la producción de cambios histológicos en el sistema radical, la colonización micorrícica incrementa la lignificación de las células endodérmicas de la raíz lo que dificulta la entrada de microorganismos patógenos, otro efecto es la inducción de cambios en las poblaciones de microorganismos en la micorrizósfera, las modificaciones fisiológicas que experimentan las raíces micorrizadas provocan cambios en la cantidad y composición de los exudados radicales que liberan al suelo y en el pH de la rizósfera (más correctamente denominada micorrizósfera cuando se trata de plantas micorrizadas), lo cual puede inducir cambios en los equilibrios microbianos de la misma. (Wang, 2006).

En cuanto a los tratamientos inoculados con Microorganismos Efectivos (T₃) y Hongos micorrícicos (T₅) los dos estadísticamente iguales entre sí, obtuvieron rendimientos por encima del testigo porque en caso del tratamiento inoculado con Microorganismos Efectivos (T₃), los Microorganismos Efectivos solubilizan los nutrientes del suelo haciéndolos más asimilables para las plantas (Higa y Parr, 1991) y por lo tanto la

planta tuvo mejor disponibilidad de nutrientes que el testigo; en caso del tratamiento inoculado con Hongos Micorrícicos (T₅) tuvo condiciones especiales aportadas por los hongos micorrícicos que le permitieron aprovechar mejor los nutrientes del suelo comparado con el testigo.

Los rendimientos obtenidos en el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T₉) y en el tratamiento con fertilización química (T₂) son superiores al rendimiento bajo invernadero obtenido por Santiago, et al. (1998) que fertilizó las plantas de tomate de la variedad Rio Grande con abono químico.

El presente trabajo de investigación supera el rendimiento obtenido por Terry (1998) en su trabajo con inoculación de micorrizas en tomate, el cual obtuvo 0.96 kg. Planta⁻¹, mientras que en este trabajo se obtuvo 1.49 kg.maceta⁻¹ con la inoculación de Hongos Micorrícicos (T₅).

Además se puede observar claramente el papel crucial que desarrollan los microorganismos efectivos (ME) al incrementar el rendimiento total de frutos de tomate, pues el rendimiento del tratamiento inoculado con Hongos Micorrícicos (T₅) se ve incrementado al agregar los Microorganismos Efectivos en el (T₆); lo mismo sucede en el tratamiento inoculado con rizobacterias (T₄) que al agregar los Microorganismos Efectivos en el T₈ se incrementa significativamente su rendimiento; aún más notorio es en caso del tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos (T₇) que al adicionarle los microorganismos efectivos en el tratamiento (T₉) su rendimiento se incrementa notoriamente de 1.19

kg.maceta⁻¹ a 2.27 kg.maceta⁻¹, esto se debe a que los microorganismos efectivos solubilizan los nutrientes del suelo haciéndolos más asimilables para las plantas (Higa y Parr, 1991) y que a pesar de que los hongos micorrícicos y las rizobacterias incrementen el nivel de absorción de nutrientes por la plantas se requiere de nutrientes disueltos listos para ser asimilados por las plantas.

3.5. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (g.maceta⁻¹)

En el cuadro 3.6 se presenta el análisis de varianza para la variable rendimiento de materia seca (g.maceta⁻¹), resultando una alta significación estadística, lo cual nos indica que al menos existe un promedio de los tratamientos que se diferencia de los otros con alta significación estadística; por lo cual se procedió a realizar la prueba de Tukey (0.05).

Cuadro 3.6. Análisis de variancia para el rendimiento de materia seca (g.maceta⁻¹) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

F.V	G.L.	SC	CM	F	Pr > F
Tratamientos	8	1026.45	128.31	136.54	< 0.0001 **
Error	18	16.91	0.94		
Total	26	1043.37			

C.V. = 3.95 %

(*): Significación estadística

(**): Alta significación estadística

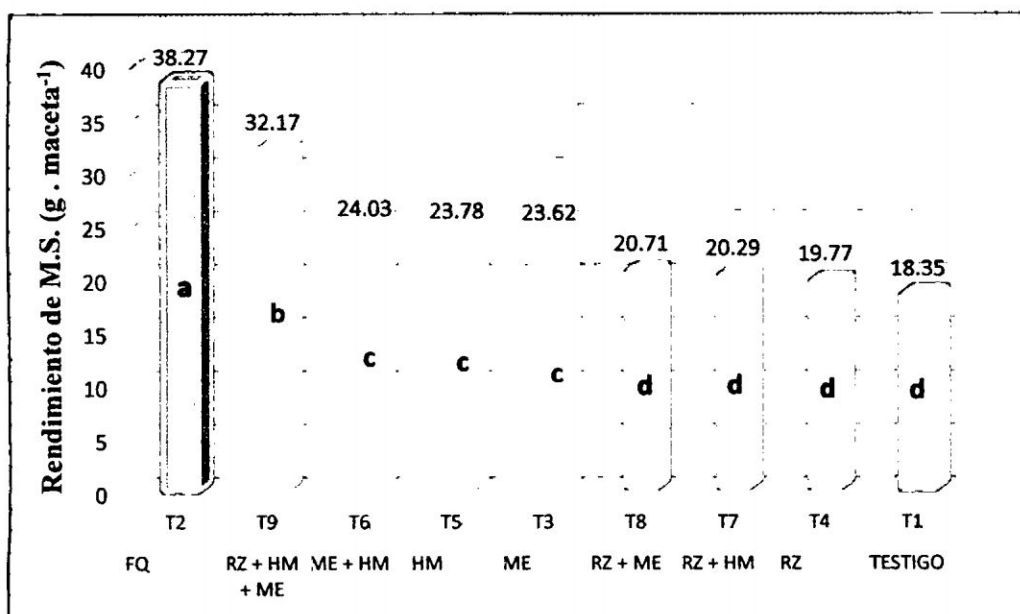


Gráfico 3.6. Prueba de Tukey para el rendimiento de materia seca (g.maceta⁻¹) en tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) con biofertilizantes. Pampa del Arco, 2013.

En el gráfico 3.6 se observan los resultados obtenidos luego de realizar la prueba de Tukey para la variable rendimiento de materias seca (g), en los cuales se observa que el rendimiento más alto corresponde al tratamiento con Fertilización química (T₂) con un rendimiento de materia seca de 38.27 g.maceta⁻¹; seguido por el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T₉) con un rendimiento de materia seca de 32.17 g.maceta⁻¹; en tercer lugar se encuentran los tratamientos inoculados con Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos (T₆), Hongos micorrícicos (T₅) y Microorganismos Efectivos (T₃) con rendimientos estadísticamente iguales de 24.03 g.maceta⁻¹; 23.78 g.maceta⁻¹, 23.62 g.maceta⁻¹ respectivamente; mientras que el rendimiento de materia seca más bajo se obtuvo con los tratamientos inoculados con Rizobacterias + Microorganismo Efectivos

(T₈), Rizobacterias + Hongos micorrícicos (T₇), Rizobacterias (T₄) y el Testigo (T₁), todos ellos estadísticamente iguales entre sí, con un rendimiento de 20.71 g.maceta⁻¹, 20.29 g.maceta⁻¹, 19.77 g.maceta⁻¹ y 18.35 g.maceta⁻¹ respectivamente.

El rendimiento de materia seca está directamente relacionado con la acumulación de biomasa que es mayor en el tratamiento con Fertilización química (T₂), esto lo explica claramente Diógenes Cubero y Marcos J. Vieira (1999) que indican que los fertilizantes químicos no son considerados como mejoradores del suelo, sus efectos en este sentido pueden ser indirectos a través del aumento de la producción de biomasa.

Por los resultados obtenidos se demuestra el efecto positivo de la asociación de las Rizobacterias, Hongos micorrícicos y Microorganismos efectivos (T₉) sobre el rendimiento de materia seca de las plantas de tomate, ya que el rendimiento de materia seca es mayor a los rendimientos de materia seca obtenidos en los otros tratamientos orgánicos y el testigo, además el rendimiento de materia seca del T₉ es muy similar al rendimiento de materia seca del tratamiento T₂ (Fertilización química). Podemos notar que el tratamiento T₉ además de contribuir con el mejoramiento de los suelos por ser un tratamiento que contiene microorganismos benéficos tiene una acumulación de biomasa bastante similar al tratamiento T₂ que no contribuye al mejoramiento de los suelos.

El alto rendimiento de materia seca obtenido en el tratamiento inoculado con la asociación de Rizobacterias, Hongos Micorrícicos y Microorganismos Efectivos (T9) se debe a la acción conjunta de estos microorganismos, que contribuyeron en mejorar el rendimiento de materia seca, los hongos micorrícicos ayudaron a la planta a explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también ayudaron a la planta a captar con mayor facilidad ciertos elementos como el fósforo, nitrógeno, calcio, potasio y agua del suelo, además de brindarle otros beneficios (Wang, 2006); las rizobacterias protegidas por los hongos micorrícicos del estrés biótico y/o abiótico, mejoraron la absorción de nutrientes por la planta, protegieron la raíz del ataque de patógenos procedentes del suelo y produjeron sustancias reguladoras del crecimiento vegetal , tales como ácido indolacético, giberelinas, citoquininas y otros (Lynch,1990) y los microorganismos efectivos mejoraron la disponibilidad de nutrientes en el suelo solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radicular (Higa y Parr, 1991).

3.6. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

El cuadro 3.7 muestra que hay una alta correlación altamente significativa entre el rendimiento total de frutos y todas las variables evaluadas exceptuando la variable días a la cosecha.

Se observa que existe un 93.1% de correlación entre el rendimiento total de frutos y la altura de planta, esto quiere decir que existe una alta correlación positiva entre estas variables.

Novella (2001), en su trabajo de investigación encontró que la variable altura de planta está directamente relacionadas en el rendimiento del cultivo de tomate, lo que corrobora la veracidad del presente trabajo de investigación, en el cual esta variable está estrechamente ligada al rendimiento total de frutos.

Además se observa que existe un 96% de correlación entre la variable rendimiento total de frutos y la variable rendimiento de frutos de la categoría primera; y un 98% de correlación entre la variable rendimiento total de frutos y la variable rendimiento de frutos de la categoría segunda. De este análisis de correlación podemos inferir que se produjeron mayor cantidad de frutos de la categoría segunda.

Cuadro 3.7 Análisis de correlación de las variables evaluadas.

	Días a la cosecha	Altura de planta	Rdto Primera	Rdto Segunda	Rdto total
Días a la cosecha	0				
Altura de planta	0.531 ns	0			
Rdto Primera	0.486 ns	0.946 **	0		
Rdto Segunda	0.319 ns	0.879 **	0.896 **	0	
Rdto total	0.433 ns	0.931 **	0.96 **	0.98 **	0

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se condujo el experimento y de acuerdo a los resultados obtenidos, se arribó a las siguientes conclusiones:

1. Entre los tratamientos con inoculación individual el mejor rendimiento de frutos de tomate se obtuvo en el tratamiento inoculado con Microorganismos Efectivos (T_3) con $1.52 \text{ g.maceta}^{-1}$, seguido por el tratamiento inoculado con Hongos Micorrícicos (T_3) con $1.49 \text{ g.maceta}^{-1}$.
2. Entre los tratamientos con inoculación en mezcla el mejor rendimiento de frutos de tomate se obtuvo en el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T_9) con $2.27 \text{ kg.maceta}^{-1}$, seguido por el T_6 (Microorganismos Efectivos + Hongos micorrícicos) con $1.65 \text{ kg.maceta}^{-1}$.

3. El mayor rendimiento de frutos de tomate se obtuvo al inocular en mezcla Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T_9) con $2.27 \text{ kg.maceta}^{-1}$.
4. La aplicación en mezcla de Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T_9) tiene un efecto positivo en el incremento de la altura de la planta de tomate desde 59.90 cm en el testigo (T_1) hasta 88.30 cm .
5. Existe un efecto positivo de la asociación de las Rizobacterias, Hongos Micorrícicos y Microorganismos Efectivos (T_9) sobre el rendimiento de frutos de la categoría primera; al mejorar el rendimiento desde $0.24 \text{ kg.maceta}^{-1}$ en el testigo (T_1) hasta $0.62 \text{ kg.maceta}^{-1}$, rendimiento muy cercano al obtenido en el tratamiento con fertilización química (T_2).
6. Se demuestra el efecto positivo de la asociación de las Rizobacterias, Hongos micorrícicos y Microorganismos efectivos (T_9) sobre el rendimiento de frutos de la categoría segunda; al mejorar el rendimiento desde $0.79 \text{ kg.maceta}^{-1}$ en el testigo (T_1) hasta $1.51 \text{ kg.maceta}^{-1}$, rendimiento estadísticamente igual al rendimiento obtenido en el tratamiento con fertilización química (T_2).
7. El tratamiento inoculado con Rizobacterias, Hongos micorrícicos y Microorganismos efectivos (T_9) logra una acumulación de biomasa muy cercana al tratamiento con fertilización química (T_2).

8. La altura de planta, el rendimiento de frutos de la categoría primera, el rendimiento de frutos de la categoría segunda influyen en el rendimiento total de frutos de tomate.
9. Existe una asociación positiva entre las Rizobacterias, Hongos micorrícicos y Microorganismos efectivos (T_9) sobre el crecimiento de las plantas de tomate.

4.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones, se plantea las siguientes recomendaciones:

1. Para mejorar los rendimientos y rentabilidad económica en el cultivo de tomate y reducir la contaminación del medio ambiente, el tratamiento T_9 (Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismo Efectivos) es una posible alternativa para el cultivo orgánico de tomate bajo invernadero, ya que tiene un rendimiento cercano al obtenido con fertilización química (T_2) y supera ampliamente al testigo (T_1).
2. Se recomienda continuar con las investigaciones, en cuanto al efecto y la dosis de aplicación de los microorganismos, todo ello con la finalidad de mejorar esta técnica y realizar comparaciones para lograr así mejores resultados.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero del laboratorio de Agrobiología de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía, ubicado dentro del campus de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, (Pampa de arco), ubicado en el Distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, Departamento de Ayacucho, a una altitud de 2750 msnm. Los objetivos del presente fueron: Determinar el efecto de inoculación individual de los Microorganismo Efectivos (ME), Rizobacterias y Hongos micorrícicos, en el rendimiento del cultivo de tomate. Determinar la interacción de la inoculación mezcla de Microorganismos Efectivos (ME), Rizobacterias y hongos micorrícicos, en el rendimiento de tomate. Se utilizó el Diseño Completamente Randomizado (DCR), con 3 repeticiones, con 3 macetas por tratamiento y un total de 27 macetas. A la cosecha se encontraron los siguientes resultados: para el rendimiento total de frutos de tomate, los tratamientos que alcanzaron mayores resultados son el tratamiento con Fertilización química (T_2) con un rendimiento de $2.60 \text{ kg.maceta}^{-1}$, seguido por el tratamiento inoculado con Rizobacterias + Hongos micorrícicos + Microorganismos Efectivos (T_9) con $2.27 \text{ kg.maceta}^{-1}$, en tercer lugar corresponde al tratamiento inoculado con Microorganismo Efectivos + Hongos micorrícicos (T_6) con $1.65 \text{ kg.maceta}^{-1}$; los valores intermedios de rendimiento corresponden a los tratamientos inoculados con Microorganismos Efectivos (T_3) y Hongos micorrícicos (T_5) los dos estadísticamente iguales entre sí, con un rendimiento de $1.52 \text{ kg.maceta}^{-1}$ y $1.49 \text{ kg.maceta}^{-1}$ respectivamente. En el análisis de correlación existe una probabilidad que el 93.1% que el rendimiento esté ligado u obedezca a la altura de planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, M. J. F. 2009. Los biofertilizantes microbianos, alternativa para la agricultura en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Rosario Iztapar, Tuxtla Chico, Chiapas, México
- AGROINFORMACIÓN. 2005. El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura, disponible en: www.agroinformación.com/fumgi-/micorriza. Accesado el 13 de noviembre del 2013.
- ALEXANDER, M. "Introducción a la microbiología del Suelo" A.G.T. Editor S.A. México D.F. 371 p.
- ALEMÁN-MARTÍNEZ, V. 2006. Efecto de los niveles de composta y hongo micorrízico arbuscular en el desarrollo y crecimiento de frijol *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de Maestría. Universidad de Colima. Colima, México.
- ALIMENTACION. 2004. Beneficios del Tomate en nuestra salud. Disponible en: www.alimentacionsana.com.ar/beneficios-del-tomate-en-nuestra-salud/. Accesado el 13 de noviembre del 2013
- ALVAREZ, K. P. M., B. Y. GONZÁLEZ, A. D. REYES. 2008. Evaluación del empleo de micorrizas vesículo arbusculares combinadas con diferentes niveles de nitrógeno en tomate. Centro Agrícola, México. 15-18 p.
- ANDERLINI, R. 1970. El cultivo de tomate. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires – Argentina.
- ARMENTA, B. A. D., G. C. GARCÍA, B. J. R. CAMACHO, S. M. A. APODACA, L. G. Montoya, P. E. Nava. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. México. 51-56 p.

- AZCON, C. y BAREA M. 1997 Micorrizas. Investigación y Ciencia. Murcia, España. 8-167 p.
- BEINGOLEA, J. y CAMASCA, A. 1987. Manual de prácticas de olericultura. UNSCH. Ayacucho, Perú.
- BIOLOGIA. 2005. Reino Fungi: Micorrizas. Disponible en: www.biologia.edu.ar/fungi/micorrizas.htm. Accesado el 12 de setiembre del 2012.
- BULLON, A. 1985. Producción y protección vegetal de cultivos. Edit. Jurídica. Lima, Perú.
- CALVENTE, R. 2006. Micorrizas y tolerancia frente a estreses: Disponible en: <http://www.mycosym.com/documents/phytoma%2006reunione%20olivo.Pdf>. Accesado el 26 de setiembre del 2009.
- CASAS, A. 1,981. Cultivos hortícolas, datos básicos. UNA. La Molina. Lima, Perú.
- CASSERES. E. 1980. Producción de Hortalizas. 2da. Edic. Herrero Hermanos, sucesores, S.A. México.
- CATEDRA IX. 1982. Química del Suelo y los Fertilizantes. 3 era. Edición. Universidad Politécnica. Madrid, España. 127 p.
- CERNA, L. 1994. Manejo mejorado de malezas. Primera Edic. CONCYTEC. Trujillo, Perú
- CHUJO S. L. 2004. EM Technology – Effective Microorganisms Original. Disponible en: <http://www.chujosl.com>. Accesado el 26 de setiembre del 2005.
- COBAS, D. 1990. Folleto de Fisiopatología Vegetal. Curso de posgrado. INIFAT. La Habana, Cuba.

- CRONQUIST, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants, New York, USA.
- DEACON, J. 1983. Introducción a la Micología Moderna. Edit. Limusa. Mexico DF. 291 p.
- FASSBENDER, H. 1984. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación. Fitotécnia Latinoamericana. Vol.3, Número 1. Turrialba, Costa Rica. 398 p.
- FERRAN, J. 1975. Horticultura actual de familiar a empresarial. Edit. Aedos. Barcelona, España.
- Ferrera-Cerrato, R., A. Alarcón. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. Ciencia Ergo Sum 8: 175-183.
- FERSINI, A. 1976. Horticultura práctica. Edit. Diana. México.
- FERNANDEZ, F. 1997. Uso, Manejo y Comercialización de los hongos micorrizicos VA. Conferencias impartidas en la maestría de Biofertilizantes y Nutrición de las plantas. INCA. 27P.
- FREDEEN, A.L. et al. 1989. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon parttitioning in Glycine max. Plant Physiol. 89: 225-230.
- GARCIA, A. 1959. Horticultura. Edit. Gustavo Gili S.A. Barcelona, España.
- GONZALES, R. 2006. Jornada técnica científica sobre el uso de micorrizas en la problemática del olivo. Disponible en: <http://www.mycosym.com/documents/phytoma%2006reunione%20olivo.Pdf>. Accesado el 26 de setiembre del 2009.

- HERNÁNDEZ. 2001. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Revista Colombiana de Biotecnología. Colombia.
- HIGA Y PARR. 1991. Microorganismos Efectivos (ME o EM), Fundación de Asesorías para el Sector Rural (FUNDASES). Disponible en: <http://www.fundases.com/p/em01.html>. Accesado el 12 de julio del 2010.
- HOBELINK, H. et al. 1997. Tomato – global fame and corporate desire. Seedling. 15 – 23 p.
- IBÁÑEZ, R. y AGUIRRE, G. 1,983. Manual de práctica de fertilidad de suelos. UNSCH. Perú.
- INFOJARDIN. 2005. Cultivo del tomate. Disponible en: www.infojardin.com/huerto/cultivo/tomate. Accesado el 12 de agosto del 2013.
- JANICK, J. 1965. Horticultura científica e industrial. Edit. Acribia. Zaragoza, España.
- KLOPPER, J.M, BEAUCHAMP, C.J. A. 1992. Review of issues related to measuring colorization of plant roots by bacteria. Canadian Journal of Microbiology. Canadá. 1229-1232 p.
- KUPRAT. 2004. Microorganismos efectivos. Disponible en: <http://agua-viva.info/es/microorg.htm>. Accesado el 12 de agosto del 2013.
- La FAO, 2007. Microorganismos. Disponible en:
http://www.fao.org/ag/aql/agll/ipns/index_es.jsp?term=e045&letter=M
http://www.fao.org/ag/aql/agll/ipns/index_es.jsp?term=p105&letter=M
http://www.fao.org/ag/aql/agll/ipns/index_es.jsp?term=p070&letter=M.
 Accesado el 12 de agosto del 2013

- LEON. S. 1998. Prueba de rendimiento de arveja (*Pisum sativum* L.), en cuatro Fórmulas de Abonamiento y Tres Densidades de Siembra Andahuaylas a 2 900 msnm. Tesis Ing. Agrónomo UNSCH. Ayacucho.
- LYNCH, J. M. 1990. Microbial Metabolites the Rhizosphere (J.M. Lynch Ed.) John Wiley and Sons Ed. Nueva York. USA. 317-358 p.
- MANUAL AGROPECUARIO. 2004. Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Edit. Limerin. Guayaquil, Ecuador. 717p.
- MAROTO, J. V. 1986. Horticultura Herbácea Especial. 2da Edic. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España.
- MARTÍNEZ, V.R. 1998. Los biofertilizantes como factores de economía y productividad en la agricultura tropical. En: Curso- Taller sobre Agricultura Sostenible en el Trópico. La Habana, Cuba. 26-41 p.
- MESSIAEN, C. 1979. Las Hortalizas. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Edit. Blume Distribuidora S.A. México.
- Miller, R. M. y JASTROW J. D. 2000. Mycorrhizal fungi influence soil structure. En: *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function* (Y Kapulnik y DD Douds Jr, eds), pp 3-18. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- NOVELLA, R. 2001. Participación de las micorrizas arbusculares y la fertilización nitrogenada en el crecimiento y la nutrición del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis presentada en opción al título académico de maestro en ciencias en nutrición de las plantas y biofertilizantes. La Habana, Cuba.
- NÚÑEZ-SOSA, D. B., G. R. LIRIANO, C. C. LÓPEZ. 2005. Evaluación de biofertilizantes (*Azospirillum* y Micorrizas) y diferentes niveles de materia orgánica en bolsa y organóponico, en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.). Centro Agrícola. México. 5-9 p.

- PAPADOPOULOS, A. P. 1991. Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Agriculture Canada Publication 1865/E. Minister of Supply and Services Canada. Ottawa, Ontario, Canada.
- PAÚL, E. A. y CLARK, F. E. 1989. Soil Microbiology and Biochemistry. Academia Press San Diego. California, USA. 231 p.
- READ, D.J. 1999. The state of the art. En: Mycorrhiza 2nd. (A. Varma y B. Hock, eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p. 3-34.
- RODRÍGUEZ, Y., B. De la Noval Pons, F. FERNÁNDEZ M, P. RODRÍGUEZ H. 2004. Estudio comparativo del comportamiento de seis cepas de hongos micorrízicos arbusculares en su interacción con el tomate (*Lycopersicon esculentum* M. var. "Amalia"). Ecología Aplicada. 162-171 p.
- RODRIGUEZ, R, TABARES J y MEDINA J. 2001. Cultivo Moderno del Tomate 2da Edición Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España 15-21-67 p.
- SALAZAR, R. H. 2011. Sustratos orgánicos y biofertilizantes para el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Invernadero. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Michoacán, Instituto Politécnico Nacional. Juquilpan, Michoacán, México.
- SANTIAGO, et al. 1998. Evaluación de Tomate con Criterios Fenológicos y Fisiológicos. México. 62-64 p.
- SANTILLANA, N., C. ARELLANO, D. ZÚÑIGA. 2005. Capacidad del *Rhizobium* de promover el crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). Ecología Aplicada 1-2: 47- 51 p.
- SANTILLANA, N. 2006. Producción de biofertilizantes utilizando *Pseudomonas* sp. Ecología Aplicada 1-2: 87-91 p.

- SCHROTH, M.N; HANCOK, JG. 1981. Selected topics in biological control. Annual.
- SEMILLERÍA MANRIQUE SRL (2008). Semillas de hortalizas (en sobres) litografiados. Peruclick.com. Lima-Perú. Disponible en: http://www.semilleriamanrique.com/menu_semillas.html. Accesado el 12 de agosto del 2013.
- SIEVERDING, E. 1991. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza in Tropical Agrosystem. Deutsche Gesellschaft fur techniische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH, Republica federal de Alemania. 371 p.
- SMITH, S.E. y GIANINNAZZI-PARSON, V. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 39 -201 p.
- SMITH. S.E. y JAKOBSEN I. 2000. Spatial differences in acquisition of soil phosphate between two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Medicago truncatula*. New Phytologist 147:357-366.
- SUQUILANDA, M. 2005. Producción Orgánica de Tomate (*Solanum lycopersicum*) Cartila divulgativa N° 1, Publiasesores Quito, Ecuador.
- TEGEDA, TAMARA; F. SOTO et G Guerrero. 1998. Utilización de algunas variantes de infección micorrízica como alternativas nutricionales en la obtención de posturas de cafeto mediante vías orgánicas. Cultivos Tropicales. La Habana, Cuba. 28-32 p.
- TEJERA N., 2005. Isolation and characterization of *Azotobacter* and *Azospirillum* Strains from the sugarcane rhizosphere. Plant. And. Soil. Vol 27. 223 – 232 p.
- TERRY A, E. 1998. Efectividad agronómica de biofertilizantes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Tesis presentada en opción al título académico de master en Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.

- TERRY, A. E., A. LEYVA, A. HERNÁNDEZ. 2005. Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Revista Colombiana de Biotecnología. Colombia. 47-54 p.
- TERRY, A. E., G. A. LEYVA. 2006. Evaluación agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en tomate. Agronomía Costarricense. Costa Rica. 65-73 p.
- TOOVEY, F. 1,982. Producción comercial de tomates. Edit. Acriba, Zaragoza, España.
- THOMPSON, L. 1974. El suelo y su fertilidad. Edit Reverté. Madrid, España. 356 p.
- TURIPANA. 2004. Microorganismo Benéficos. Disponible en: www.turipanda.org.com/investagricola. Accesado el_12 de agosto del 2013
- TURON, J y PEREZ M. 1997 Enciclopedia de la Agricultura Edit. Idea Books Barcelona, España 796 p.
- TUSPLANTAS. 2005. Las Micorrizas. Disponible en: www.tusplantas.com/jardin. Accesado el_12 de agosto del 2013
- UNA LA MOLINA.2000. Programa de hortalizas. Lima – Perú. Pág.: 96-97.
- VAN, H. 1,981. Tomates. Edit. Trillas S.A. Manuales para la Educación Agropecuaria. México.
- VELASCO ET AL. 2001. Vermicomposta, Micorriza Arbuscular y *Azospirillum brasilense* en Tomate de Cascara. Edit. Terra Latinoamericana volumen 19.

- VILLARREAL, R. 1,982. Tomates. Instituto Interamericano de cooperación Para La Agricultura. San José, Costa Rica.
- WANG, B. 2006. Micorriza. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Micorriza>. Accesado: 24 de setiembre del 2009.
- WRIGHT, S. 2001. Los sistemas de SD aumentan a estabilidad de los agregados y la glomalina. At: 9º Nacional Congreso of AAPRESID. Volume I. Mar del Plata, Argentina. 59-70 p.
- ZEVALLOS, D. 1,985. Manual de horticultura para el Perú. Ediciones Manfer S.A. Barcelona, España.

ANEXOS

Cuadro 01. Variables evaluadas.

Trat.	Rep.	Altura de planta (cm)	Rdto de frutos (kg.maceta ⁻¹)	CATEGORIA (kg.maceta ⁻¹)		Madurez de cosecha	Rdto. M.S. (g)
				Primera	Segunda		
T1	I	61.2	1.08	0.25	0.75	115	19.412
T2	I	126	2.66	0.81	1.65	122	37.911
T3	I	65.8	1.54	0.42	0.96	115	25.634
T4	I	62.2	1.17	0.25	0.76	122	19.065
T5	I	64.9	1.45	0.33	1.01	116	23.344
T6	I	67.5	1.67	0.34	1.26	114	24.952
T7	I	61.3	1.20	0.25	0.88	119	20.565
T8	I	63.5	1.32	0.41	0.82	118	20.598
T9	I	87.6	2.27	0.67	1.47	121	31.655
T1	II	58.6	1.13	0.24	0.81	114	17.658
T2	II	124	2.55	0.83	1.55	122	39.895
T3	II	61.4	1.60	0.42	0.99	116	22.555
T4	II	64.6	1.12	0.25	0.73	121	20.125
T5	II	67.4	1.53	0.33	1.06	115	23.455
T6	II	68.4	1.65	0.33	1.24	116	22.998
T7	II	61.5	1.18	0.26	0.79	119	20.487
T8	II	61.9	1.30	0.40	0.83	119	20.956
T9	II	88.2	2.24	0.60	1.49	120	32.803
T1	III	59.9	1.12	0.25	0.80	114	17.965
T2	III	121	2.60	0.82	1.65	121	36.989
T3	III	66.5	1.44	0.33	1.03	116	22.656
T4	III	61.4	1.19	0.24	0.77	121	20.125
T5	III	63.3	1.48	0.33	1.00	118	24.548
T6	III	69.5	1.62	0.34	1.08	117	24.132
T7	III	60.5	1.19	0.26	0.81	120	19.821
T8	III	63.9	1.32	0.33	0.86	120	20.558
T9	III	89.1	2.29	0.58	1.58	120	32.055

Cuadro 02. Número de cosechas por planta de tomate por maceta.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	5	7	7	5	6	6	5	5	7
	4	8	6	5	6	7	5	6	7
	5	8	6	5	6	6	4	6	7
Suma	14	23	14	19	18	18	14	11	21
Prom.	5	8	6	5	6	6	5	6	7
	Testigo	FQ	ME	RZ	HM	ME+ HM	RZ + HM	RZ + ME	RZ+ HM+ ME



Foto 01: Ubicación del invernadero, lugar donde se realizó el trabajo de investigación.



Foto 02: Preparación de almácigo.

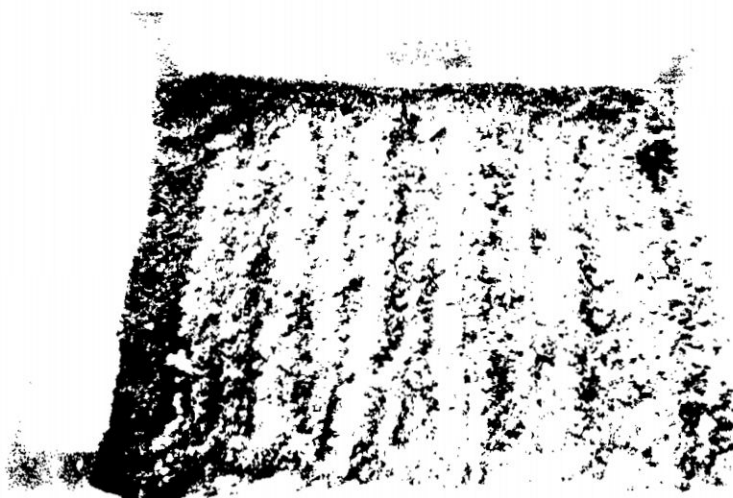


Foto 03: Siembra de las semillas de tomate variedad Rio grande en la bandeja de almacigo.

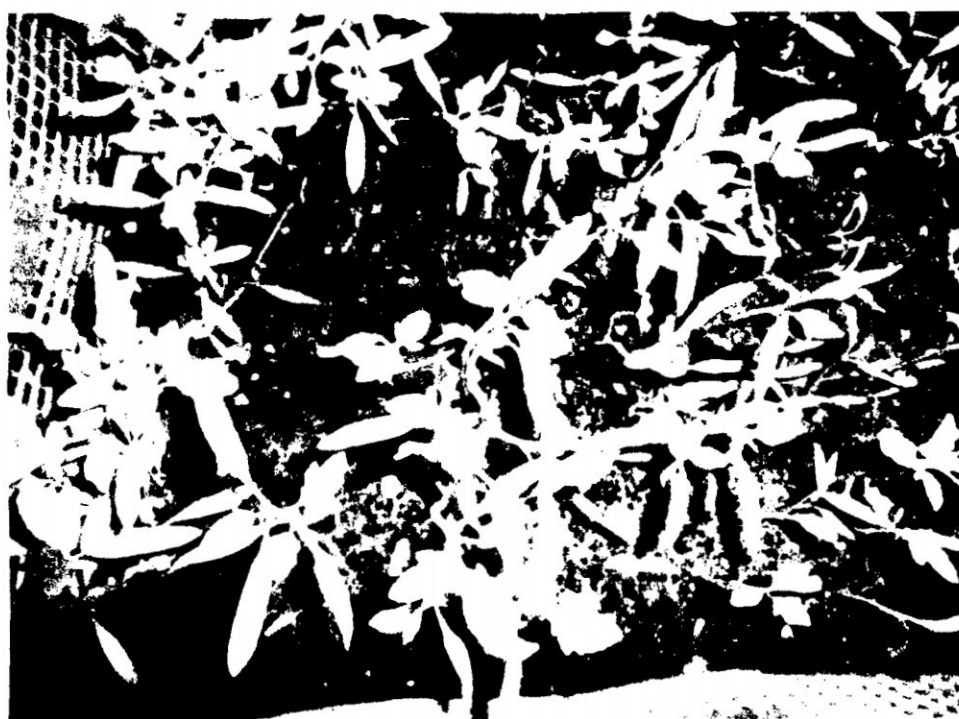


Foto 04: Crecimiento de las plántulas de tomate.



Foto 05: Remoción del suelo con la finalidad de uniformizar el sustrato para ser embolsado.



Foto 06: Embolsado del sustrato preparado.



Foto 07: Trasplante y ubicación de cada uno de las muestras debidamente colocadas en su lugar según el diseño Completamente Randomizado.

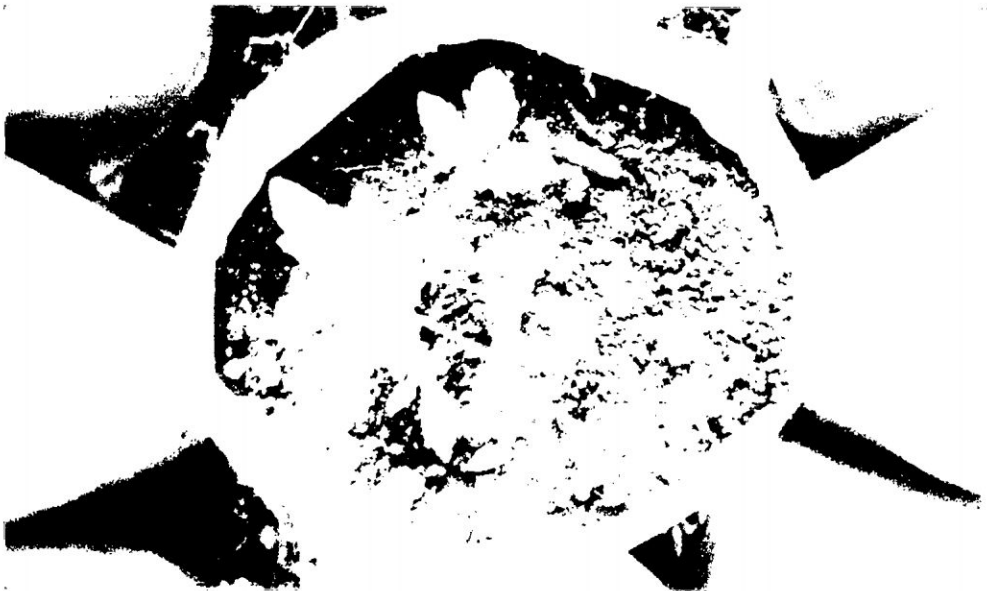


Foto 08: Crecimiento de las plántulas de tomate una vez trasplantadas a las bolsas de los respectivos tratamientos.



Foto 09: Instalación de tutores.



Foto 10: Amarre de las cuerdas de soporte para evitar que se quiebren las plantas o que los frutos no tengan contacto con el suelo.



Foto 11: Inicio de la floración de la planta de tomate.



Foto 12: Inicio de cuajado de los frutos de tomate.



Foto 13: Frutos de tomate en pleno crecimiento y desarrollo.



Foto 14: Maduración de frutos y cosecha del fruto de tomate.

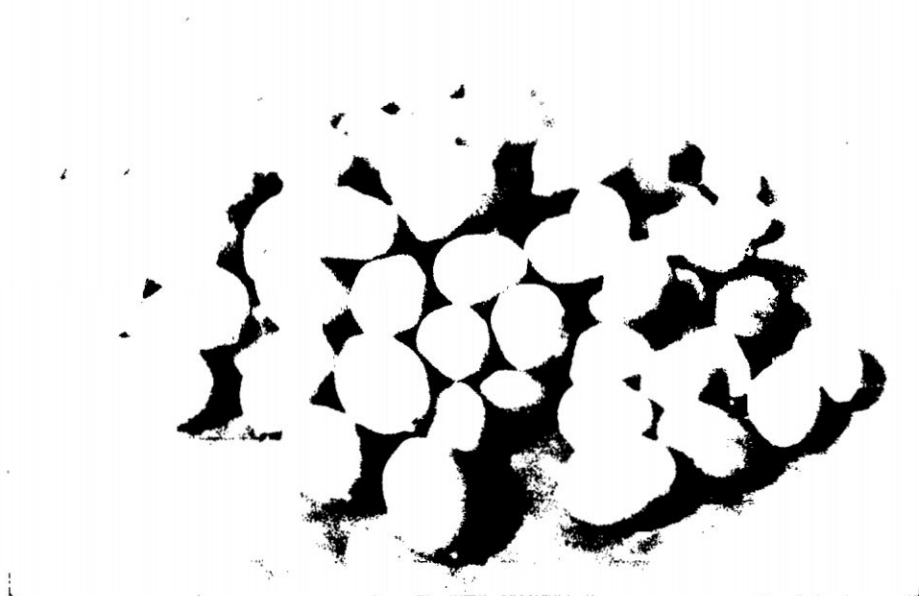


Foto 15. Frutos cosechados.



Foto 16: pesado de frutos de tomate.



Foto 17. Diferencias de altura en las plantas de tomate de los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9.

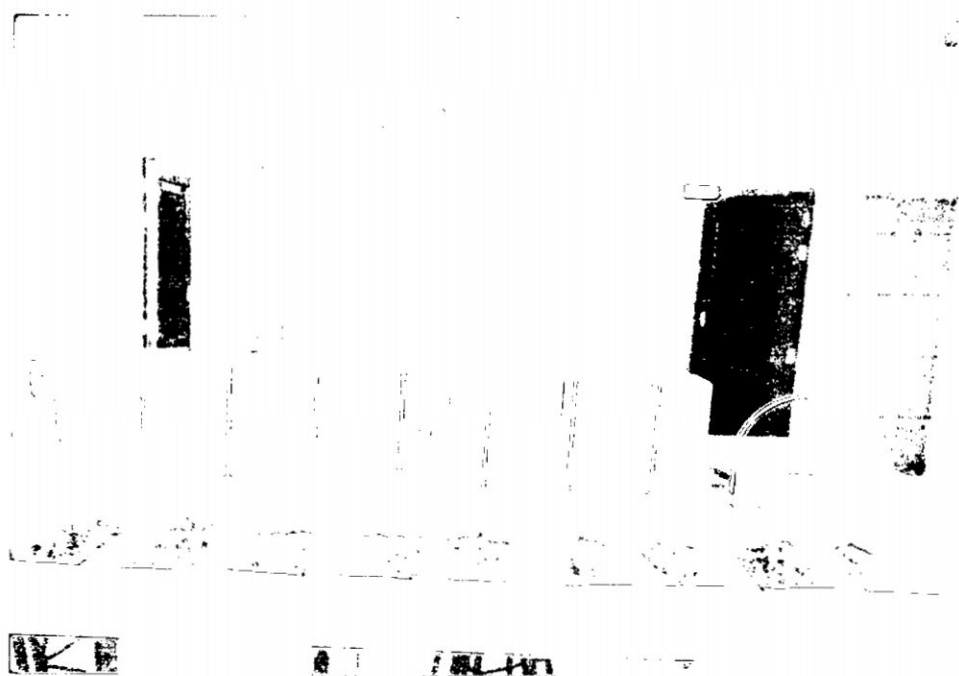


Foto 18: Preparación de las muestras para poder ser sometidas a la estufa.



Foto 19: Sometiendo cada una de las muestras a la estufa para la determinación de materia seca a 75°C durante 24 horas.

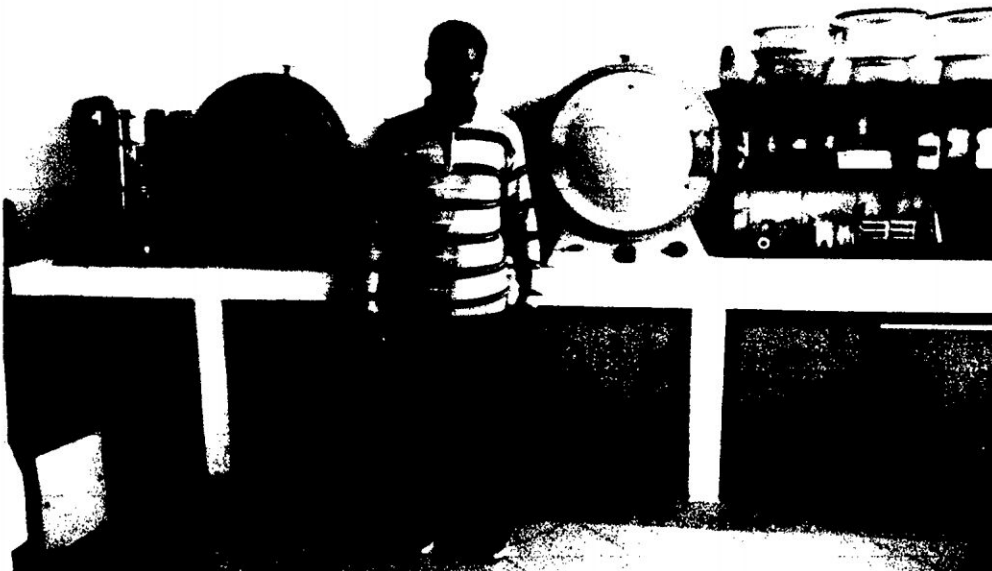


Foto 20: Laboratorio de suelos ubicado en los pabellones ADs.



Foto 21: Peso de materia seca después de haber sometido a estufa a 75° C durante 24 horas.