

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

Tema: Evaluación del efecto de la aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo en la producción de tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*), variedad Sheila Victory bajo invernadero en el cantón Mira.

Trabajo de titulación previa la obtención del
Título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario

AUTOR: Pérez Méndez Dennis Fabricio


TUTOR: Herrera Ramírez Carlos David

Tulcán, 2021

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el estudiante Pérez Méndez Dennis Fabricio con el número de cédula 0401785589 ha elaborado el trabajo de titulación: “Evaluación del efecto de la aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo en la producción de tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*), variedad Sheila Victory bajo invernadero en el cantón Mira”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



f.....
Ing. Herrera Ramírez Carlos David. MSc
TUTOR



f.....
Ing. Mora Quilismal Segundo Ramiro. MSc
LECTOR

Tulcán, Junio del 2021

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de ingeniería en desarrollo integral agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Pérez Méndez Dennis Fabricio con cédula de identidad número 0401785589 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f.....

Pérez Méndez Dennis Fabricio

AUTOR

Tulcán, Junio del 2021

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Pérez Méndez Dennis Fabricio declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Evaluación del efecto de la aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo en la producción de tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*), variedad Sheila Victory bajo invernadero en el cantón Mira” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f.....

Pérez Méndez Dennis Fabricio

AUTOR

Tulcán, Junio del 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios,
A mi familia.

DEDICATORIA

A Dios,
A mi familia.

ÍNDICE

I. PROBLEMA	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.4.3. Preguntas de Investigación	4
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	5
2.2. MARCO TEÓRICO	7
2.2.1. Cultivo de tomate.	7
2.2.2. Requerimientos edafoclimaticos.....	9
2.2.2.1. Temperatura	9
2.2.2.2. Humedad	9
2.2.2.3. Suelos.....	10
2.2.3. Requerimientos Nutricionales	10
2.2.4. Fertilización Fosfórica	10
2.2.5. Fósforo en el Cultivo	11
2.2.6. Biofertilizantes	11
2.2.7. Micorrizas.....	11
2.2.7.1. Tipos de Micorrizas	12
2.2.7.2. Beneficios de las micorrizas en la planta.....	12
2.2.7.3. Importancia de las micorrizas en la agricultura.....	13
2.2.7.4. Fungifert (Micorrizas)	13

2.2.8. Microorganismos Solubilizadores de Fósforo	13
2.2.9. Fosfotíc (complejo de microorganismos solubilizadores de fósforo)	14
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	15
3.1.1. Enfoque.....	15
3.1.2. Tipo de Investigación	15
3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER.....	16
Hipótesis Alternativa.....	16
Hipótesis Nula	16
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	17
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	20
3.4.1. Localización del ensayo experimental.....	20
3.4.2. Tratamientos	20
3.4.3. Descripción del ensayo experimental.....	21
3.4.4. Diseño del ensayo experimental.....	21
3.4.5. Materiales.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4.6. Procedimiento.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. RESULTADOS	26
4.1.1. Análisis de resultados	26
4.1.1.1. Altura de planta (cm).....	26
4.1.1.2. Grosor de tallo (cm).....	30
4.1.1.3. Producción de frutos por cosechas (kg).....	34
4.1.1.4. Producción de frutos por categoría.....	44
4.1.1.5. Producción total.....	45
4.1.1.6. Relación costo beneficio.....	47
4.2. DISCUSIÓN	48

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1. CONCLUSIONES	51
5.2. RECOMENDACIONES.....	52
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
V. ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del tomate riñón (<i>Solanum Lycopersicum</i>).....	8
Tabla 2. Definición de variables.....	17
Tabla 3: Características del sector	20
Tabla 4. Tratamientos del ensayo experimental	20
Tabla 5. Descripción de las características del ensayo experimental	21
Tabla 6: Altura de planta (cm) a los 15 ddt	26
Tabla 7: altura de planta (cm) a los 30 ddt	27
Tabla 8: Altura de planta (cm) a los 45 ddt	28
Tabla 9: Altura de planta a los 60 ddt.....	29
Tabla 10: Grosor de tallo a los 15 ddt	30
Tabla 11: Grosor de tallo a los 30 ddt	31
Tabla 12: Grosor del tallo a los 45 ddt	32
Tabla 13: Grosor de tallo a los 60 ddt	33
Tabla 14: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 90 ddt	34
Tabla 15: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 93 ddt	35
Tabla 16: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 97 ddt	36
Tabla 17: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 100 ddt	37
Tabla 18: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 104 ddt	38
Tabla 19: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 107 ddt	39
Tabla 20: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 111 ddt	40
Tabla 21: Producción de frutos de la cosecha realizada a 114 ddt	41
Tabla 22: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 118 ddt	42
Tabla 23: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 121 días ddt.....	43
Tabla 24: Relación costo – beneficio de cada tratamiento	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diseño del ensayo experimental y distribución de los tratamientos.	21
Figura 2: Altura de planta (cm) a los 15 ddt	27
Figura 3: Altura de planta (cm) a los 30 ddt	28
Figura 4: Altura de planta (cm), a los 45 ddt	29
Figura 5: Altura de planta (cm) a los 60 ddt	30
<i>Figura 6: Grosor de tallo (cm) a los 15 ddt</i>	31
Figura 7: Grosor de tallo (cm) a los 30 ddt	32
Figura 8: Grosor de tallo(cm) a los 45 ddt	33
Figura 9: Grosor de tallo (cm) a los 60 ddt	34
Figura 10: Kilogramos cosechados a los 90 ddt	35
Figura 11: Kilogramos cosechados a los 93 ddt	36
Figura 12: Kilogramos cosechados a los 97 ddt	37
Figura 13: Kilogramos cosechados a los 100 ddt	38
Figura 14: Kilogramos cosechados a los 104 ddt	39
Figura 15: Kilogramos cosechados a los 107 ddt	40
Figura 16: Kilogramos cosechados a los 111 ddt	41
Figura 17: Kilogramos cosechados a los 114 ddt.	42
Figura 18: Kilogramos cosechados a los 118 ddt.	43
Figura 19: Kilogramos cosechados a los 121 ddt	44
Figura 20: Rendimiento por categorías	45
Figura 21: Rendimiento total del cultivo	46

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo en la producción de tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*) variedad Sheila Victory bajo invernadero en el Cantón Mira sector San Miguel. El diseño experimental aplicado fue de bloques completamente al azar (DBCA), con ocho tratamientos y tres repeticiones, los cuales estaban compuestos por micorrizas (Fungifert) y microorganismos solubilizadores de fósforo (fosfotic) y un tratamiento de síntesis química con dosis aplicadas por los productores de la zona. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), diámetro del tallo (cm), producción por cosechas (Kg), producción por categorías y producción total. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Infostat versión 2020 y en cuanto a la comparación de las medias se utilizó la prueba de Tukey $p < 0,05$. Los análisis de resultados mostraron que, el tratamiento cinco (Micorrizas aplicadas a los 15 ddt + Fosfotic a los 30 ddt) presentó la mayor productividad con 45176 Kg por 2000m² de invernadero. Se demuestra así que la combinación de los biofertilizantes (micorrizas + fosfotic), y su aplicación en etapas de 15 y 30 días después del trasplante, son una alternativa hacedera para incrementar la eficiencia en la productividad en el cultivo de tomate riñón, estimulando un mejor desarrollo vegetativo, solubilización y aprovechamiento de minerales, además convirtiéndose de esta manera en una opción sustentable y perdurable para conservar y mejorar las propiedades biológicas del suelo.

Palabras clave: *Solanum Lycopersicum*, Sheila Victory, biofertilizantes, micorrizas, microorganismos solubilizadores de fósforo.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of the application of mycorrhizae and phosphorus solubilizing microorganisms in the production of tomato (*Solanum Lycopersicum*) variety Sheila Victory in a greenhouse in Canton Mira sector San Miguel.

The experimental design applied was made by completely randomized blocks (DBCA) with eight treatments and three repetitions. They were composed of mycorrhizae (Fungifert) and phosphorus solubilizing microorganisms (phosphotic) and a chemical synthesis treatment with doses applied by farmers of the area. The variables evaluated were: plant height (cm), stem diameter (cm), production by harvests (Kg), production by categories and total production. For statistical analysis, the Infostat version 2020 program was used, and the Tukey test $p < 0.05$ was applied for the comparison of means.

The analysis of results showed that treatment five (Mycorrhizae applied at 15 ddt + Fosfotic at 30 ddt) presented the highest productivity with 45176 Kg per 2000m² of greenhouse. It is shown that the combination of biofertilizers (mycorrhizae + phosphotic) and their application in stages of 15 and 30 days after transplantation are a feasible alternative to increase the efficiency of productivity of tomato crop because these stimulate a better vegetative development, solubilization and use of minerals. Besides, this has become a sustainable way and lasting option to conserve and improve the biological properties of the soil.

Keywords: *Solanum Lycopersicum*, Sheila Victoria, biofertilizers, mycorrhiza, phosphorus solubilizing microorganisms.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al tema de la evaluación del efecto de la aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo en el cultivo de tomate riñón variedad Sheila Victory, bajo invernadero; la cual tiene como objetivo evaluar su efecto en cuanto a la producción.

El tomate riñón es una de las hortalizas más utilizadas y consumidas en el mundo. Su gran valor nutricional lo hace valioso en la mesa diaria, pues en él están presentes vitaminas como: A, C y E, además de que posee agentes antioxidantes que actúan con el licopeno como acción anticancerígena. Además, es un alimento que se consigue fácilmente y en distintas variedades. La mayor cantidad de producción de esta hortaliza se halla en China, India, Turquía, Italia, México, entre otros.

En Ecuador también existe un espacio dedicado al cultivo de tomate riñón, según cifras ofrecidas por el Instituto Nacional de Encuestas y Censos (INEC), realizada en el año 2013; la superficie sembrada a nivel nacional fue de 31,15km². Este índice de producción hace pensar que el cultivo de tomate riñón demanda de altos volúmenes de fertilizantes e insumos agroquímicos.

La indiscriminada utilización de agroquímicos ha provocado un incremento en la contaminación ambiental y con ello el deterioro de la salud de los seres vivos, además de que saturan el suelo con fertilizantes químicos y hacen que el suelo retenga los minerales y no sean asimilados por la planta. Por ello, a partir de estas problemáticas mencionadas anteriormente es necesario implementar esta investigación que hace énfasis en optar por métodos que conlleven a producir de una manera más limpia y que ayuden a nuestros suelos a no retener minerales, sino más bien que sean asimilables para la planta. Se propuso la aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo, que son de gran utilidad para las plantas y el suelo por beneficios como: la asimilación y absorción del fósforo del suelo a la planta, crecimiento radicular y la protección contra enfermedades de la raíz.

La utilización de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo contribuyen también al desarrollo de la planta y provocan el crecimiento de la masa radicular, de esta manera la absorción de fósforo y de los demás nutrientes es mayor, de esta manera se va induciendo a una mayor eficiencia de los fertilizantes y por ende una disminución de aplicaciones.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La FAO (2010) manifiesta que, en los últimos 50 años, se observó un importante incremento en la cantidad de hectáreas destinadas a la plantación de tomate. Concretamente, el territorio destinado a dicho cultivo aumentó de 1.680.452ha a 4.543.957ha, lo que equivale a un incremento del 170%. Este aumento se debió fundamentalmente a la evolución de dicho cultivo. China es donde se experimentó el mayor incremento de las hectáreas destinadas al cultivo de tomate. En los últimos 10 años China aumentó el territorio destinado a la producción de tomate a más de un 100%, de 708.776 ha a más de 1.500.000 ha en la actualidad.

Según cifras del INEC (2013), en Ecuador para el año 2012 la superficie sembrada a nivel nacional fue de 31,15km², con una producción de 62 956 ton y las ventas de 61 420 ton, por su parte Sinagap (2013) señaló que las provincias de Pichincha, Tungurahua, Cotopaxi y Azuay fueron los principales productores.

A pesar del importante aumento de la superficie plantada nacional los incrementos en la producción no se vieron modificados, dicho de otra manera, el aumento en la superficie no fue acompañado por un incremento en la productividad y calidad de esta hortaliza. La falta de productividad y calidad del tomate riñón se vieron afectados por la indiscriminada utilización de insumos agroquímicos y fertilizantes, a tal punto que llegaron a saturar los suelos convirtiéndolos en suelos cada vez menos fértiles.

Los suelos que predominan son de origen volcánico (Andisoles), de color negro, profundos, ricos en materia orgánica 8-16%, con pH que oscila de ligeramente ácido a ácido, alta capacidad de retención de agua, buena permeabilidad, presentan arcillas alófanicas e imogolita y complejos aluminio-humus, lo que conlleva a altos contenidos de aluminio activo y un alto poder de fijación de fósforo que no es asimilada completamente por las plantas ya que se quedó retenido en el suelo (Ibañez, 2011).

Jacobsen y Sherwood (2002) manifestaron que debido a la alta capacidad de fijación de fósforo de los andisoles, en el Ecuador emplearon un alto nivel de insumos químicos por concepto de fertilizantes fosforados.

En la provincia del Carchi el cultivo de tomate riñón no tuvo grandes extensiones es decir no existió gran cantidad de agricultores que se dediquen a la producción de esta hortaliza, los sectores con más producción de tomate riñón fueron: el Cantón Mira y sus alrededores, y el Cantón Bolívar y sus alrededores; la mayoría de productores de tomate riñón emplearon fertilizantes químicos de manera excesiva, Aveiga (2011) asevera que el manejo intensivo de nutrientes en los cultivos y la disminución progresiva de la fertilidad de los suelos por las malas prácticas agrícolas, afectaron gravemente los rendimientos de los cultivos a largo plazo.

Por desconocimiento técnico los productores, aumentaron los niveles de fertilización química utilizados para obtener rendimientos aceptables, practican el monocultivo, causando el desgaste del suelo, reduciendo la carga microbiana, provocando resistencia en plagas y enfermedades, a la vez que colocaron altas dosis de plaguicidas para poder controlar la severidad de los ataques de dichas plagas y enfermedades (Ecoclimático, 2008).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo incrementa la producción de tomate riñón bajo invernadero

1.3. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial, el tomate se consideró la hortaliza más importante, ocupando el primer lugar tanto en superficie como en volumen de producción (Flaño, 2013). Invertir en la producción de cultivo de tomate riñón tuvo grandes ventajas ya que su consumo es alto y rentable si es que el manejo es adecuado.

Sin embargo, la utilización indiscriminada de agroquímicos provocó que los índices de contaminación ambiental se hayan incrementado y con ello afectaron a la salud y bienestar de los seres vivos, por lo tanto, fue necesario implementar alternativas de producción limpia.

El uso de nuevas técnicas que estuvieran acorde a la demanda actual del fruto y que permitieron obtener mejores rendimientos, se incluyó el uso de microorganismos para hacer más eficiente la aplicación de fertilizantes complementarios y así disminuir su uso.

El desarrollo vegetal pudo incrementarse con la utilización de elementos biológicos que actuaron en forma coordinada en la interface suelo - raíz (Chávez, 2009).

Fue importante desarrollar alternativas de producción para disminuir el uso indiscriminado de los agroquímicos y favorecer al suelo para evitar que estos se saturen y retengan el fósforo y demás nutrientes, además que permitieron optimizar la productividad.

Fue evidente que la forma convencional de la producción de tomate riñón no satisfacía estas necesidades y, por lo tanto, se tuvo que optar por un manejo integrado de producción que considerara factores económicos y ambientales.

Una de las posibilidades a implementar fue el uso de microorganismos solubilizadores de fósforo, y micorrizas, ya que estos microorganismos en el cultivo de tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*), promovieron la asimilación y absorción de fósforo, protección contra enfermedades, un incremento de la masa radicular, que por ende facilitará la absorción del fósforo y más nutrientes y de esta manera se obtuvo una mejor producción y un uso reducido de agroquímicos, además de que estos microorganismos permitieron en el cultivo tener un mejor aprovechamiento de nutrientes que fue benéfico en lo referente al aumento de tamaño, peso y rendimiento del fruto, en el suelo se rompió con la retención del fósforo y se ayudó a disminuir el uso de fertilizantes fosforados y más insumos agroquímicos, además que se establecieron alternativas sobre las etapas de aplicación de dichos microorganismos en cuanto a la fertilización.

Con estas tecnologías de nutrición vegetal más sanas y limpias se logró que la producción de esta hortaliza sea amigable con el medio ambiente, se disminuyó los costos de producción del cultivo y se favoreció a los suelos.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo en la producción de tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*) variedad Sheila Victory bajo invernadero en el Cantón Mira sector San Miguel.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar la efectividad de los biofertilizantes micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo en la producción del cultivo de tomate riñón bajo invernadero.

- Determinar la mejor etapa para la aplicación de las micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo.
- Analizar económicamente la aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el efecto de la aplicación de biofertilizantes micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo en la producción de tomate riñón bajo invernadero?
- ¿Cuál es la mejor etapa para la aplicación de las micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo?
- ¿Cuál es el efecto económico de la aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Orna (2009) en la Escuela Politécnica Superior de Chimborazo desarrollo una investigación en un cultivo de tomate riñón bajo invernadero, cuyos objetivos de esta investigación fueron determinar el efecto de las micorrizas en la fertilización fosfórica del cultivo de tomate bajo invernadero, determinar la mejor época de aplicación de las micorrizas y evaluar económicamente los tratamientos. Los factores en estudio fueron la fertilización fosfórica y la época de aplicación de micorrizas, donde se utilizó ECOFUNGI TM como fuente de micorrizas. Los mejores resultados para altura de planta se lograron con el tratamiento en el que se aplicó las micorrizas en el trasplante y en el semillero, para la variable número de frutos por planta los mejores resultados se obtuvieron con la inoculación de micorrizas en el semillero y trasplante, más la adición de fertilización fosfórica ya que se obtuvo una mayor producción. Los mayores beneficios se obtuvieron con la inoculación de micorrizas más fertilización fosfórica en las etapas de semillero y trasplante, demostrando también así la efectividad de ECOFUNGI TM como fuente de micorrizas para la aplicación en el cultivo de tomate riñón bajo invernadero, para asegurar el desarrollo del cultivo como la producción.

Carrillo, Franco, Peña del Río (2014) desarrollaron un trabajo de investigación publicado en la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas sobre Productividad de tomate mediante el uso de micorrizas arbusculares en agricultura protegida, donde el objetivo del estudio fue conocer la respuesta de tomate a la inoculación micorrítica en una estructura casa-sombra (invernadero). Las plántulas se trasplantaron en suelo, inoculadas o no con *Rhizophagus intraradices*. Las plantas inoculadas incrementaron significativamente el contenido de clorofila, altura de planta y la colonización micorrítica, comparado con plantas no inoculadas. Igualmente, se observaron incrementos significativos en el largo, diámetro y peso de fruto, además, aumentó el rendimiento de fruto por corte y el rendimiento acumulado en un 30%.

Guamán (2002) en la Universidad Central Del Ecuador desarrolló una investigación que la realizó en la parroquia de Conocoto, cantón Quito a 2500 msnm. Su objetivo fue establecer el nivel más apropiado de micorrizas en el desarrollo de tomate riñón bajo invernadero; evaluar el comportamiento de los híbridos y realizar el análisis económico del cultivo y de los tratamientos en estudio. Los tratamientos resultantes de la interacción fueron 12. Se usó un diseño Bloques Completamente al Azar con Arreglo Factorial 3 x 4 con cuatro repeticiones.

Las variables evaluadas fueron: viabilidad de la cepa, altura de planta, presencia de micorrizas, días a la floración, número de pisos florales, observación de plagas y enfermedades, análisis foliar, días al inicio de la fructificación, número de frutos por planta, peso promedio de los frutos, rendimiento y análisis económico. Según los resultados el mejor tratamiento fue h2m2 (vita + 35 g de Fungifert XX1), con un rendimiento promedio de 145632,40 kg.

En la investigación realizada por Mora et al. (2018), cuyo tema fué “Alternativas de biofertilización sobre indicadores morfológicos y productivos de *Solanum tuberosum* L. en Andisoles del Carchi-Ecuador”, manifiestan que la aplicación de bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF) y hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en el cultivo de papa variedad Superchola bajo condiciones semicontroladas, permiten una eficiente absorción del fósforo hacia la planta, promoviendo su crecimiento y desarrollo. Además, expresan en sus conclusiones que, si se reduce la fertilización mineral sin combinar con las alternativas de biofertilización con Fosfotic y Safer micorrizas implica una reducción en la producción.

Narváez (2016) En la finca Experimental San Francisco perteneciente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, realizó un estudio denominado: “Evaluación de microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, en la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), variedad Superchola, bajo condiciones semicontroladas”. En el cual se indica que la implementación de alternativas con microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost es una alternativa factible, ya que permiten a la planta absorber el fosforo no soluble presente en el suelo. El análisis sobre el rendimiento, concluye que el tratamiento que consta de: tierra + compost + fosfotic + micorrizas, fue el que generó un mejor rendimiento con 816, 48 g/planta.

Así mismo, Puetate (2019), en su investigación: “Alternativas de fertilización para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) con el empleo de micorrizas, microorganismos solubilizadores de fósforo y biol de producción local en El Ejido, Montúfar, Carchi.” Donde implanto un diseño experimental de bloques completamente al azar, con ocho tratamientos y cuatro repeticiones, que incluían fertilización de síntesis química 100% NPK (135, 335, 225 kg ha⁻¹) dosis promedio que se emplea en la zona y con reducciones del fósforo (75, 50, 25 %), en combinación con Safer-micorrizas, microorganismos solubilizadores de fósforo (fosfotic) y Biol, indica que, con el tratamiento tres (T3) con 100% NKP + Safer-micorriza presentó el rendimiento más alto con 45,16 t ha⁻¹, y de esta manera se demuestra que la combinación de la fertilización química más Safer-micorrizas es una alternativa viable para complementar y

aumentar la eficiencia de dicho fertilizante en el cultivo de papa, estimulando un mejor desarrollo de la planta, solubilización y aprovechamiento de minerales

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cultivo de tomate.

2.2.1.1. Origen

Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX.

Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos. Desde Europa también se difundieron a Estados Unidos y Canadá (Infoagro, 2003).

2.2.1.2. Valor Nutricional

Este alimento es muy rico en agua (casi un 95% de su peso), aportando solo 20 calorías por cada 100 gramos. Este aporte tan bajo de calorías se debe a su bajo contenido en hidratos de carbono (3,5 gramos), proteínas (1 gramo) y grasas (0,1 gramos).

Dentro de las vitaminas, la más importante es la C, 26 miligramos por 100 gramos. Esta cantidad hace que, si comemos 150 gramos de tomate al día, cubrimos el 100% de las necesidades diarias de esta vitamina. Otras vitaminas que contiene el tomate son todas las vitaminas del grupo B, vitamina E, ácido fólico y una pequeña cantidad de betacarotenos.

Dentro los minerales, destaca su contenido en potasio, magnesio y fósforo, además es rico en licopeno, es uno de los nutrientes más importante de los tomates, es un pigmento de la familia de los carotenoides que le da al tomate su color rojo característico.

El licopeno tiene propiedades antioxidantes, diferentes estudios han demostrado que al incorporarlo habitualmente en nuestra dieta disminuye el riesgo de desarrollar determinados tumores (Luis, 2017).

2.2.1.3.Taxonomía

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia de las Solanáceas y su taxonomía se la presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía del tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*).

TAXONOMÍA	
Clase	Dicotyledoneas
Orden	Solanes
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Solaneae
Generó	Solanum
Especie	Lycopersicum

Fuente: (Infoagro.com, 2013)

2.2.1.4.Morfología

a) Raíz.

El tomate posee una raíz principal que es corta y débil, raíces secundarias que son numerosas y potentes y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, y posee un conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes (Falcon, 2014).

b) Tallo

Un tallo grueso semileñoso, pubescente (con vellosidades), y de color verde, su altura depende de la variedad y puede llegar a medir hasta más de dos metros en variedades gigantes (Jiménez, 2013).

c) Hojas

Las hojas del tomate riñón son compuestas. Una hoja tiene 0,5m de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales, que pueden

a su vez ser compuestos además la superficie es pubescente con pelos que segregan un olor característico de la planta (Benavides ,2010).

d) Flor

La flor del tomate es regular e hipógina, es decir que en las flores los sépalos, pétalos o estambres se insertan más abajo del ovario y consta de 5 o más sépalos y pétalos dispuestos con forma de hélice, de un número igual de estambres que se alternan con los pétalos y de un ovario bi o plurilocular; dicho arreglo asegura el mecanismo de autofecundación, ya que el polen se libera del interior de la antera. Las flores, en número variable, se agrupan y constituyen inflorescencias de varios tipos, pudiendo ser de racimo simple, de cima unípara, bípara o múltipara (Benavides, 2010).

e) Fruto

El fruto es una baya de color amarillo rosado o rojo debido a la presencia de licopeno y carotina. Su forma puede ser redonda, achatada o en forma de pera, y su superficie lisa o asurcada, el tamaño va a depender de las variedades. El fruto contiene de 94 a 95 % de agua; siendo el 5 a 6% restante una mezcla compleja en la que predominan los azúcares libres y ácidos orgánicos que dan al fruto su textura y sabor característicos (Pindo, 2013).

2.2.2. Requerimientos edafoclimáticos.

2.2.2.1. Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 1 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan la fructificación, desarrollo de óvulos, al desarrollo de la planta en general y al sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta (Hidalgo, 2013).

2.2.2.2. Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y causan dificultad en la fecundación, debido a que el polen se compacta, provocando así el aborto de flores (Collins, 2009). El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico.

2.2.2.3.Suelos

La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque se opta por suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica (Salvatore, 2012). En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados.

2.2.3. Requerimientos Nutricionales

El cultivo de tomate tiene altos requerimientos nutricionales. Necesita aplicaciones frecuentes de fertilizantes. La aplicación de la mezcla correcta de fertilizantes, en dosis adecuadas y en el momento adecuado es la clave para altos rendimientos de este cultivo, las recomendaciones de fertilización deben considerar el rendimiento esperado, la etapa de crecimiento y datos del campo, como resultados de análisis de suelo, la calidad del agua y análisis foliares. (Smart, 2017).

Para un crecimiento óptimo, el fertilizante adecuado tiene que ser aplicado en el momento adecuado, de acuerdo con la etapa de crecimiento y fenología de la planta. Las principales etapas de crecimiento del tomate son: fase vegetativa, floración, cuajado, crecimiento del fruto y cosecha, la fertilización tiene que ser ajustado de acuerdo con estas etapas. La frecuencia de aplicación de fertilizantes, en cada etapa de crecimiento del tomate, depende de las propiedades del sustrato / suelo y su capacidad de retención de agua (Smart, 2017).

2.2.4. Fertilización Fosfórica

El P (fósforo), desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transformación de energía, la división y crecimiento celular, entre otros procesos de la planta. Además, promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces, mejora la calidad de la fruta, incrementa la eficiencia del uso del agua y adelanta la madurez (Impofos, 1999).

Es necesario enfatizar sobre la importancia de la disponibilidad de fósforo durante todo el ciclo del cultivo, pues si se termina en la mitad del ciclo de crecimiento, el potencial de producción se reduce drásticamente. (Rodríguez, Tabares, & Medina, 2001).

2.2.5. Fósforo en el Cultivo

Las aplicaciones de fósforo reducen las enfermedades fungosas en la raíz, estimula un desarrollo vigoroso en la planta, estimula la floración y el engrose de los frutos, favorece el grosor y consistencia del tallo, la deficiencia de este nutriente al inicio del cultivo puede originar retrasos importantes en la cosecha de los frutos (Fertilizar, 2004).

Las deficiencias de P en el cultivo de tomate se expresan en folíolos verde-oscuros, coloración violeta en el envés y en el tallo; plantas raquíticas, tallos delgados, fruto hueco y mal coloreado. La forma de las hojas se distorsiona, cuando la deficiencia es severa, se desarrollan áreas muertas en las hojas, tallos y frutos (Impofos, 1999).

2.2.6. Biofertilizantes

Los biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos del suelo, en especial bacterias y/o hongos, que viven asociados o en simbiosis con las plantas y ayudan de manera natural a su nutrición y crecimiento, además de ser mejoradores de suelo (AEFA, s.f.).

Estos biofertilizantes pueden presentar grandes ventajas como una producción a menor costo, protección del ambiente y aumento de la fertilidad y biodiversidad del suelo. Los biofertilizantes se usan abundantemente en agricultura orgánica, sin embargo, es factible y ampliamente recomendable aplicarlos de manera integral en cultivos intensivos en el sistema tradicional (INTAGRI, s.f.). Por su uso, los biofertilizantes se pueden dividir en cuatro grupos, como son: fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, captadores de fósforo y promotores del crecimiento vegetal.

2.2.7. Micorrizas

La micorriza es una asociación constituida por un conjunto de hifas fúngicas (micelio) que entran en contacto con las raíces de las plantas, formando una extensa red de hifas capaz de interconectar, subterráneamente, a las raíces de plantas. Esta red de micelio permite, bajo ciertas condiciones, un libre flujo de nutrimentos hacia las plantas hospederas y entre las raíces de las plantas interconectadas estableciendo una gran unión bajo el suelo entre plantas (Camargo, S. et al, 2012). Existe una simbiosis, ya que la raíz aprovecha los nutrientes que el hongo toma del suelo y los traslada a la planta.

2.2.7.1. Tipos de Micorrizas

Existen varias clases de micorrizas como las ectomicorrizas y las endomicorrizas de las cuales las más comunes son las endomicorrizas arbusculares. Para que se forme una micorriza se requiere que en el suelo exista inoculo del hongo formador de esta asociación, el inoculo puede ser nativo o desarrollado por el hombre, es decir que sea aplicado al cultivo. Entre el hongo y la planta se producen reacciones bioquímicas que permite que el hongo penetre la raíz y así forme la simbiosis micorrícica (Corpoica, s.f).

Las ectomicorrizas se caracterizan por una modificación morfológica de la raíz que pierde sus pelos absorbentes y generalmente los extremos se ramifican profusamente. El extremo de una raíz ectomicorrizada esta cubierta por un manto de hifas, puede ser desde una capa floja hasta una capa pseudoparenquimática (Biología, 2005).

Las endomicorrizas son el tipo más extendido, la mayoría de plantas arbustivas y herbáceas poseen este tipo de asociación. Provoca pocos cambios en la estructura de la raíz. Generalmente no se observa un crecimiento denso de hifas en la superficie de la raíz, es decir no hay un manto, pero se forma una red miceliar interna (Biología, 2005).

2.2.7.2. Beneficios de las micorrizas en la planta

Las plantas con micorrizas tienen mayores tasas de crecimiento que las plantas sin ellas. Las micorrizas modifican las propiedades de absorción por el sistema radical a través del desarrollo de hifas en el suelo, provenientes de las raíces, la absorción de fósforo por las hifas, la translocación de hifas a grandes distancias por las hifas, la transferencia de fosfatos desde el hongo de las células de la raíz y como resultado el mejoramiento de la alimentación con fosfato, las plantas con micorrizas incrementa la absorción de otros nutrientes como K y S, y micronutrientes como Cu y Zn (Deacon, 1983).

Además, las plantas micorrizadas obtienen beneficios como: control biológico contra algunos patógenos provenientes del suelo, e incremento de tolerancia de la planta ante ellos, efecto positivo sobre el desarrollo y distribución de la biomasa, mejoramiento de la tolerancia a condiciones de estrés hídrico y salinidad, producción de hormonas estimulantes o reguladoras del crecimiento vegetal (Turipanda, 2004).

2.2.7.3. Importancia de las micorrizas en la agricultura

Para mantener una agricultura sostenible es necesario e indispensable la presencia de hongos micorrizógenos, microorganismos benéficos y otros pobladores del suelo, los mismos que pueden ayudar a reducir la aplicación de insumos químicos, lo cual es ventajoso para el ambiente y la salud humana (Blanco & Salas, 1997).

2.2.7.4. Fungifert (Micorrizas)

Es un biofertilizante en forma de sustrato enriquecido con varias especies de endomicorrizas Vesículo Arbusculares (MVA) del género *Glomus*, *Acaulospora* y *Entrophospora* en forma de esporas, hifas viables. Aporta al medio los microorganismos que forman la asociación simbiótica entre las raíces de las plantas tratadas y los hongos benéficos que facilitan la absorción de nutrientes minerales del suelo, Nitrógeno, Potasio, Magnesio, fosfatos solubles, Azufre, calcio, Boro, entre otros, acción que se traduce en un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas, además permite disminuir dosis de fertilizantes en los ciclos de cultivo (BIOAMECSA, s.f.).

2.2.8. Microorganismos Solubilizadores de Fósforo

La disponibilidad del fósforo puede ser facilitada por la acción de algunos hongos y bacterias solubilizadores de fosfatos de calcio, hierro y aluminio (Tandon & Roy, 2004).

Los grupos microbianos capaces de solubilizar el fósforo edáfico son varios y entre ellos los de mayor relevancia son los hongos muchos de los cuales son patógenos como el *Aspergillus*, *Fusarium*, *Sclerotium*. Un segundo grupo lo constituyen los *Actinomyces* grandes productores de sustancias antibióticas y las bacterias entre las que podemos mencionar a *Bacillus*, *Flavobacterium* y *Pseudomonas* (Oviedo & Iglesias, 2005).

Muchas plantas han demostrado haberse beneficiado de la asociación con microorganismos bajo condiciones deficientes de fósforo. La presencia en el suelo de un gran depósito de este elemento que no puede ser utilizado por las plantas pone de manifiesto la importancia del papel de los microorganismos en la conversión del fósforo orgánico como elemento combinado en los restos vegetales y en la materia orgánica del suelo, a formas inorgánicas aprovechables por las plantas (EcuRed, 2013).

2.2.9. Fosfotic (complejo de microorganismos solubilizadores de fósforo)

Es un biofertilizante compuesto por un complejo de bacterias, con capacidad de solubilizar fósforo retenido en el suelo y convertirlo en fósforo disponible y asimilable para la planta. Su aplicación reduce la fertilización fosforada, además, promueve el desarrollo de las raíces.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Cuantitativo: El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández, Fernández, & Batista, 2014).

En este trabajo de investigación predomina el enfoque cuantitativo, ya que fue necesario realizar la recolección de datos para cada una de las variables a evaluar, de acuerdo a sus respectivos tratamientos aplicados en el ensayo de campo, los mismo que fueron sometidos a procesos estadísticos para determinar los tratamientos más factibles.

3.1.2. Tipo de Investigación

Bibliográfica

Se recolectó la información necesaria de diferentes fuentes, como: libros, artículos científicos, trabajos investigativos e informes. Dicha información ayudó a enriquecer conocimientos para desarrollar la investigación.

Campo

La investigación se desarrolló en el cantón Mira de la provincia del Carchi, en la finca San Miguel, en condiciones controladas, bajo invernadero.

Experimental

Se implantó un ensayo experimental con diseño de bloques completamente al azar (DBCA), y para diferenciar estadísticamente los tratamientos utilizados en el ensayo, se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER

Hipótesis Alternativa: La aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo mejora la productividad del tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*) bajo invernadero.

Hipótesis Nula: La aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo no mejora la productividad del tomate riñón (*Solanum Lycopersicum*) bajo invernadero

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2. Definición de variables

Hipótesis	Variables	Descripción	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumento	Informante
La aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo mejora la productividad del tomate riñón (<i>Solanum Lycopersicum</i>) bajo invernadero.	V.I	Aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo.	Micorrizas (Fungifert)	Se aplicó el biofertilizante a una dosis de 50 g/planta, en los tratamientos seleccionados	Aplicación (Espolvoreo)	Palas	Investigador
			Microorganismos Solubilizadores de fósforo (Fosfotic)	Se aplicó este biofertilizante a una dosis de 5ml/ litro agua	Aplicación (Drench)	Bomba de mochila	Investigador
	V.D	Efecto de las micorrizas y los microorganismos solubilizadores de fósforo en la productividad del cultivo de tomate riñón.	Altura de planta	Se midió las 10 plantas muestra con la ayuda de un flexómetro, desde la base del tallo hasta la yema apical del eje derecho de la planta. dichas medidas fueron tomadas a los	Medición	Libro de campo/ flexómetro	Investigador

				15, 30, 45 y 60 ddt y fueron reportadas en cm.			
			Grosor del tallo	Se midió las plantas muestra, con un calibrador, dichas medidas fueron tomadas a los 15, 30, 45 y 60 ddt, fueron expresadas en cm.	Medición	Libro de campo/ calibrador	Investigador
			Producción de frutos por cosecha	Se cosechó los frutos de cada parcela a partir de los 90ddt, se realizó la clasificación por categorías y el respectivo pesaje para determinar los kilogramos por cada cosecha.	Pesaje	Libro de campo/ balanza	Investigador
				Se realizó una sumatoria de los kilogramos obtenidos de cada	Clasificación y pesaje	Libro de campo/ balanza	Investigador

			Producción de frutos por categoría	categoría (primera, segunda y tercera)			
			Producción total	Se realizo una suma de los kilogramos obtenidos a lo largo de las diez cosechas realizadas, para determinar la producción total.	Pesaje	Balanza	Investigador
			Relación costo beneficio	Se tomo en cuenta los kilogramos obtenidos, el total de cajas de tomate riñón de 18 kg, el precio de venta y los costos de producción, para de esta manera determinar si los tratamientos aplicados son factibles económicamente	Análisis económico	Herramienta informática Excel	Investigador

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Localización del ensayo experimental

El ensayo fue implantado el 14 de septiembre del 2019 en la finca San Miguel, ubicada en el caserío San Miguel de Piquer, Parroquia Juan Montalvo, Cantón Mira, Provincia del Carchi cuyas características se detallan en la tabla 3.

Tabla 3: Características del sector

CARACTERISTICAS	
Temperatura	18°C
Latitud	0.550809
Longitud	-78.041.253
Precipitación	636 mm
Altitud	1800 a 2600 msnm

Fuente: Mira.ec (2013).

3.4.2. Tratamientos

El ensayo contó con 8 tratamientos, su composición se detalla a continuación en la tabla 4.

Tabla 4. Tratamientos del ensayo experimental

Tratamientos	Descripción
(T1)	Micorrizas aplicadas en el trasplante
(T2)	Fosfotíc aplicado en el trasplante
(T3)	Micorrizas aplicadas a los 20 ddt
(T4)	Micorrizas + Fosfotíc aplicados a los 20 ddt
(T5)	Micorrizas aplicadas a los 15 ddt + Fosfotíc aplicado a los 30 ddt
(T6)	Fosfotíc aplicado al trasplante + Micorrizas aplicadas a los 45 ddt
(T7)	Testigo Químico: 10-30-10 aplicado a los 15 ddt + 8-20-20 aplicado a los 60 ddt
(T8)	Testigo Absoluto

3.4.3. Descripción del ensayo experimental

En la presente investigación se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), conformado por ocho tratamientos y tres repeticiones, dando un total de veinticuatro unidades experimentales, cada unidad experimental consta de 21 plantas de las cuales serán evaluadas 10 plantas para altura de planta y grosor del tallo.

Tabla 5. Descripción de las características del ensayo experimental

Diseño de bloques completos al azar (DBCA)	Dimensiones
Número de tratamientos	8
Número de repeticiones	3
Tamaño unidad experimental	6m ²
Área total del experimento	34.1m ²
Número total de plantas por parcela	21
Número de unidades experimentales	24
Número total de plantas estudiadas	240
Distancia entre plantas	30cm
Distancia entre camas	70cm

3.4.4. Diseño del ensayo experimental

En el siguiente grafico se puede apreciar el diseño y distribución de los tratamientos aplicados en el ensayo.

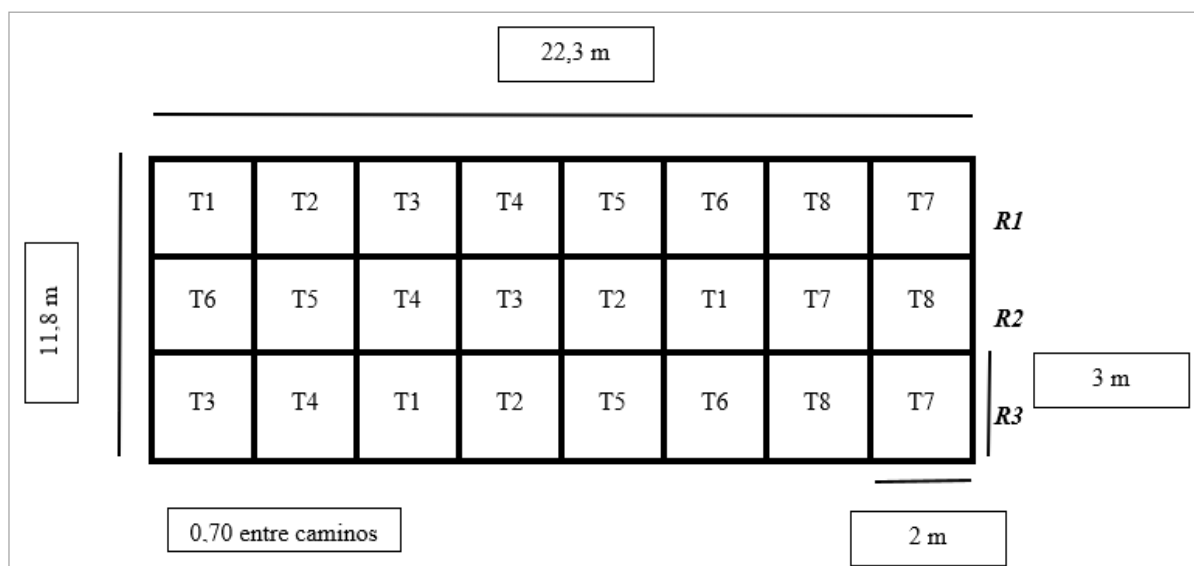


Figura 1: Diseño del ensayo experimental y distribución de los tratamientos.

3.4.5. Materiales

Materiales y equipos de campo

- Plántulas de tomate riñón variedad Sheila Victory
- Micorrizas (Fungifert)
- Fosfotíc (microorganismos solubilizadores de fósforo)
- Abonos químicos (10-30-10 y 8-20-20)
- Fungicidas
- Insecticidas
- Libreta de campo
- Esfero o lápiz
- Libreta de campo
- Esfero o lápiz
- Balanza
- Flexómetro
- Calibrador
- Piola
- Estacas
- Rótulos
- Marcadores
- Bomba de mochila
- Cajas de cartón

Materiales de oficina

- Computadora
- Flash memory
- Calculadora
- Cámara fotográfica

4.4.6. Procedimiento

Preparación del terreno

Se realizó una arada al suelo, posteriormente se empleó maquinaria agrícola (motocultor) para elaboración de camas.

Instalación del ensayo

Se estableció el ensayo en invernadero, utilizando $41.3m^2$, se trazaron 24 parcelas experimentales de 3×2 ($6m^2$), se colocaron estacas y piola para delimitar cada tratamiento y los caminos entre estos, la distribución los tratamientos y repeticiones fueron al azar.

Trasplante

Se utilizó plántulas de tomate riñón variedad Sheila Victory, se colocó las plántulas a una distancia de 0,30 cm entre plántulas, se aplicó un insecticida ovicida el cada hoyo de la cama para control de plagas del suelo, además.

Inoculación del biofertilizante (Micorriza Fungifert)

Con la ayuda de una balanza gramera, se pesó el biofertilizante y fue aplicado a una dosis de 50 gramos por planta, posteriormente se procedió a realizar la formación de la cama con la utilización de palas, con las cuales se colocó tierra a una altura de 20 cm, de esta manera tapando el biofertilizante para que realice la simbiosis con el suelo y las raíces de la planta.

Inoculación del biofertilizante (Fosfotic)

Se aplicó un complejo de bacterias solubilizadoras de fósforo (Fosfotic) por vía de aplicación a drench, con la ayuda de una bomba de mochila en dosis de 5 ml por litro de agua a los respectivos tratamientos en los días establecidos.

Toma de altura de planta

La altura de planta fue tomada a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante, empleando un flexómetro, se tomó la altura desde la base del tallo hasta la hoja principal del eje derecho de cada planta.

Toma de grosor de tallo

Con la ayuda de un pie de rey o calibrador se tomó el grosor de tallo a los 15, 30, 45 y 60 ddt, en cada uno de los 8 tratamientos estudiados.

Deshierba

Esta labor se la realizó manualmente sin el empleo de herramientas agrícolas para evitar costes a la raíz, se la realizó a los 20 días después del trasplante, con la finalidad de controlar las arvenses existentes en el cultivo.

Deschuponado

El primer deschuponado se lo realizó manualmente a los 20 días después del trasplante, los deschuponados se los fue realizando cada 20 días por todo el ciclo del cultivo, con la ayuda de tijeras de poda, conforme la planta va siendo madura, esta labor se la efectúa con la finalidad de mantener solo dos ejes productores de frutos.

Formación de la cama

Esta labor se la realizó después de la deshierba, con la ayuda de una pala, de esta manera se formó la cama, conforme la planta fue creciendo, la cama también se la fue agrandando hasta llegar a tener una cama de 50 cm de ancho.

Tutoraje

El tutorado de la planta se la realizó a los 30 días después del trasplante, esta labor emplea piola, con la cual se realizó un nudo en el cuello de la planta y sujeta en los alambres de tutoreo, de esta manera la planta queda firme y se realiza un guiado de cada eje, enredando circularmente la piola contra el eje.

Poda primaria

Se realizó esta labor con la ayuda de tijeras de poda, a los 90 días después del trasplante, de esta manera se corta las primeras 4 a 5 hojas bajas, con la finalidad de evitar el contagio de enfermedades que pueden ser transmitidas del suelo hasta la planta por medio del contacto de la hoja con el suelo.

Poda profunda

Esta labor se la realizó después de la segunda cosecha de fruto, de esta manera se corta las hojas de planta para brindar mayor luminosidad para el fruto y evitar el contagio de enfermedades entre planta, después de la poda, la hoja cortada fue retirada del suelo para evitar que se descomponga en la cama y cause alguna enfermedad para la planta.

Control fitosanitario

Se realizaron controles periódicamente, de acuerdo a las necesidades que surgieron en el cultivo. Las plagas que principalmente se controlaron fueron: Gusano enrollador de la hoja (*Platynota stultana*), Palomilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick), Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

En cuanto a enfermedades, las principales controladas fueron: Lancha (*Phytophthora infestans*), Oídio (*Leveillula taurica*), Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*).

Cosechas

Dicha labor se la efectuó a partir de los 90 días después del trasplante, y continuamente se realizó 10 cosechas durante los días lunes y jueves de cada semana, ya que son los días de mercado para la venta de tomate riñón, las cosechas se realizó manualmente arrancando el fruto maduro. Los frutos obtenidos se los clasificó en categorías de primera, segunda y tercera, con los datos obtenidos se realizó el análisis de rendimiento del ensayo experimental.

Venta

La venta hacia el mercado se la realizó los días lunes y jueves, ya que son días de feria en la ciudad de Ibarra, se procede a pesar las cajas de tomate riñón de 18 kg cada una, previamente clasificando el fruto en categorías de primera, segunda y tercera, con el total de cajas obtenidas y vendidas, se realizó el análisis económico de relación costo beneficio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis de resultados

4.1.1.1. Altura de planta (cm).

Se realizó el ANAVAR correspondiente a la altura de planta, a partir de las mediciones tomadas respectivamente a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante. A los 15 días se identificó diferencias estadísticas entre tratamientos, reflejando para esta variable un coeficiente de variación de 2,28% y un promedio de 22,48 cm (Tabla 6)

Tabla 6: Altura de planta (cm) a los 15 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	19,63	7	2,8	10,71	0,0001**
Repeticiones	0,36	2	0,18	0,7	0,5154ns
Error	3,67	14	0,26		
Total	23,66	23			
Promedio	22,48				
CV%2,28					

Al aplicar la prueba de Tukey al 5% entre tratamientos (figura 2), se evidencio que el T6 (Fosfotic al trasplante + Micorrizas a los 45 ddt) obtuvo la mayor altura con 24,07 cm, seguido del T4 (Micorrizas + Fosfotic a los 20 ddt), con 23,76 cm, sin embargo, la menor altura la presentó el T2 (Fosfotic en el trasplante) con 21,16 cm.

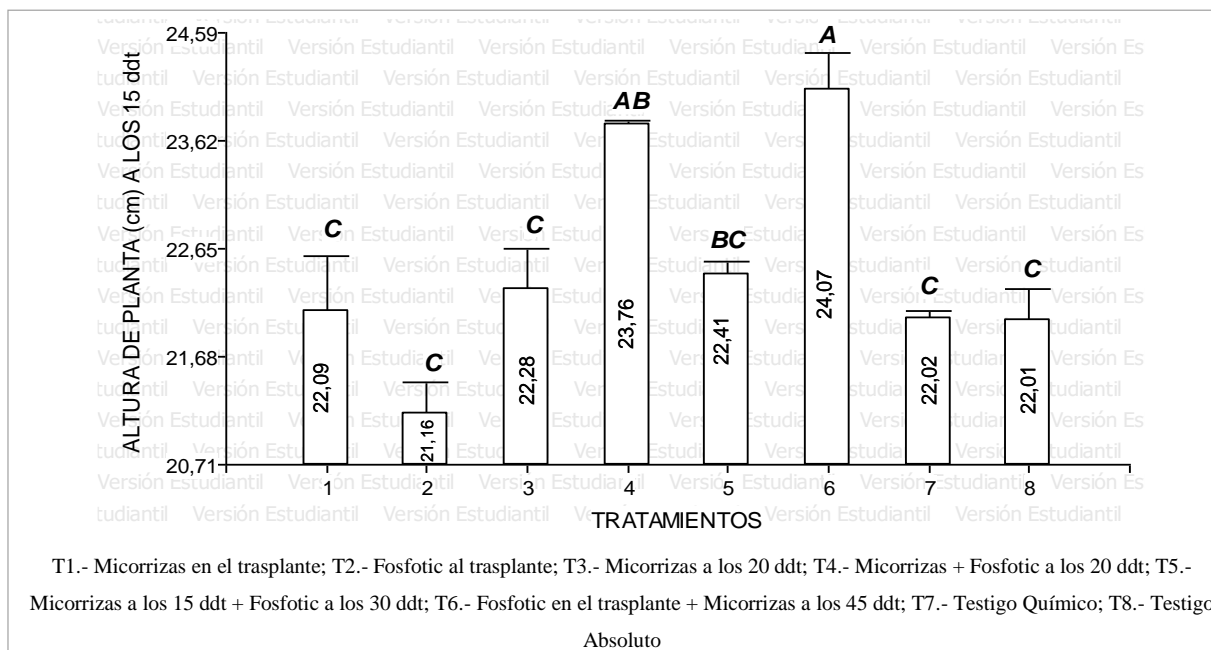


Figura 2: Prueba de Tukey para altura de planta (cm) a los 15 ddt

La altura de planta a los 30 días después del trasplante, arrojo resultados donde se encuentra diferencias significativas entre tratamientos al 1%, además de un promedio de 49,98 cm y un coeficiente de variación de 1,69 % (tabla 7).

Tabla 7: altura de planta (cm) a los 30 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	32,31	7	4,62	6,46	0,0016**
Repeticiones	0,79	2	0,4	0,56	0,5862ns
Error	10,01	14	0,71		
Total	43,11	23			
Promedio	49,98				
CV% 1,69					

En la toma de altura de planta a los 30 ddt, se encontraron 5 rangos (A, AB, ABC, BC, C). La mayor altura la obtuvo el T1 (Micorrizas en el trasplante) con 52,07 cm, seguido del T5 (Micorrizas a los 15 ddt + Fosfotíc a los 30 ddt), mientras que el T4 (Micorrizas + Fosfotíc a los 20 ddt), se encuentra como el tercer mejor tratamiento para altura de planta, por su parte el testigo absoluto T8 ocupa la menor altura con 48,29 cm.

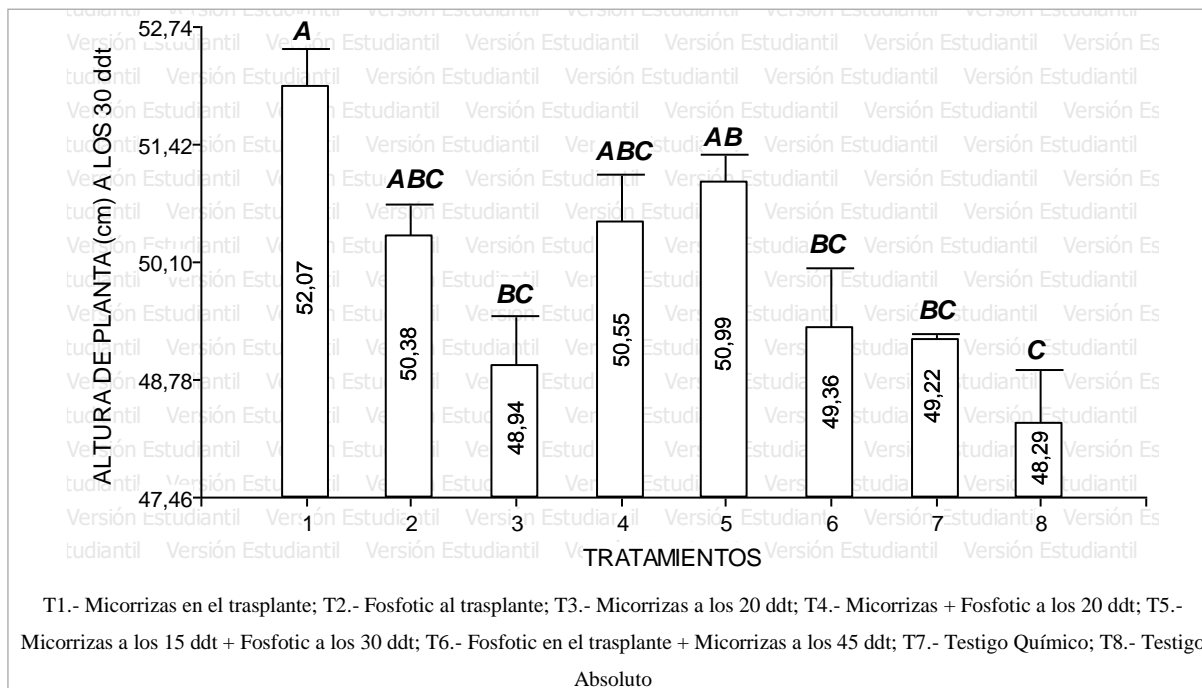


Figura 3: Prueba de Tukey para altura de planta (cm) a los 30 ddt

El análisis de varianza para la altura tomada a los 45 días (tabla 8), evidencio diferencias significativas entre los tratamientos, un coeficiente de variación de 1,24 %, y un promedio de altura de planta de 79,49 cm

Tabla 8: Altura de planta (cm) a los 45 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	74,95	7	10,71	11	0,0001**
Repeticiones	0,74	2	0,37	0,38	0,6916ns
Error	13,63	14	0,97		
Total	89,32	23			
Promedio	79,49				
CV% 1,24					

En la toma de altura a los 45 ddt se obtuvo cinco rangos (A, AB, ABC, BC, C). La mejor altura la presento el T5 (Micorrizas a los 15 ddt + Fosfotíc a los 30 ddt) con 81,96 cm, seguido de los tratamientos T4 (Micorrizas + Fosfotíc a los 20 ddt) y T1 (Micorrizas en el trasplante). En la tercera toma de datos se puede evidenciar que el testigo químico T7 se encuentra entre las cuatro mejores alturas obtenidas.

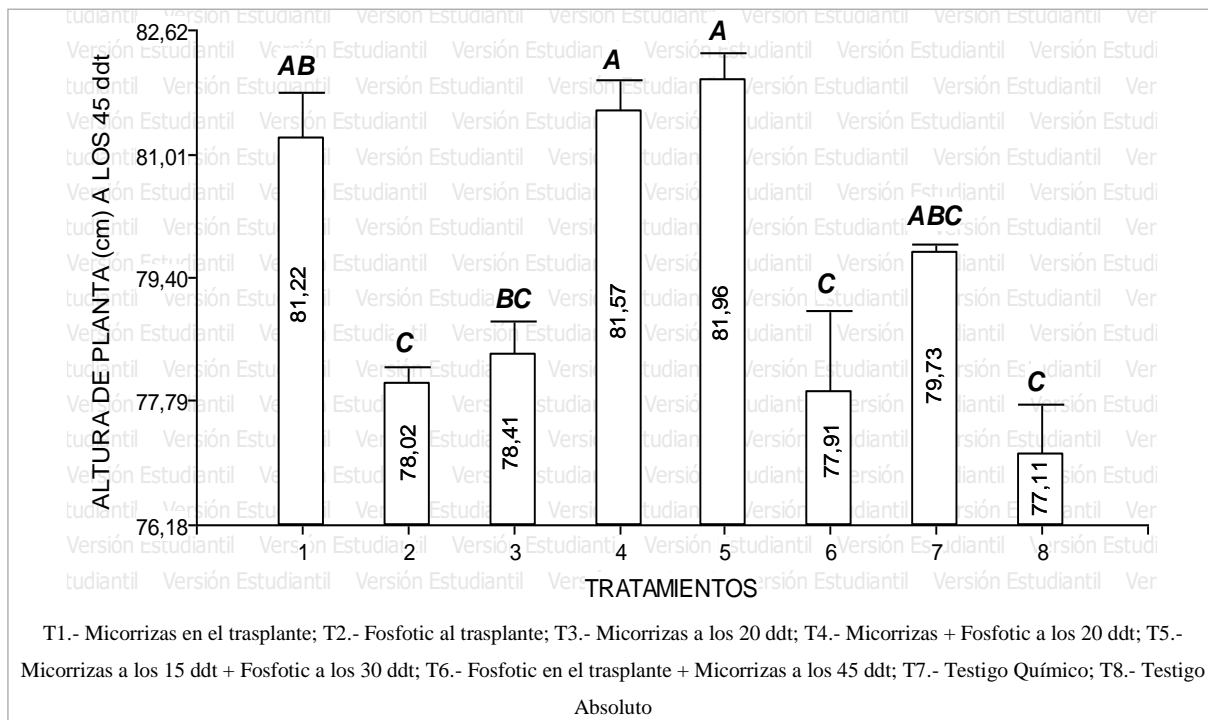


Figura 4: Prueba e Tukey para altura de planta (cm), a los 45 ddt

El ANAVAR realizado para la altura de planta a los 60 ddt, refleja un coeficiente de variación de 0,76 %, un promedio de 123,29 cm de altura de planta y se evidenció diferencias significativas entre tratamientos y repeticiones (tabla 9).

Tabla 9: Altura de planta a los 60 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	231,41	7	33,06	37,35	0,0001**
Repeticiones	1,7	2	0,85	0,96	0,4065*
Error	12,39	14	0,89		
Total	245,5	23			
Promedio	123,29				
CV%0,76					

Dentro de la toma de altura de planta a los 60 ddt, se observa que los tratamientos son significativamente diferentes, se obtuvo 6 rangos, y se muestra que el T5 (Micorrizas a los 15 ddt + Fosfotíc a los 30 ddt), T4 (Micorrizas + Fosfotíc a los 20 ddt) y T1 (Micorrizas en el trasplante), se mantienen como las tres mejores alturas, a continuación, se muestra los respectivos rangos y promedios en la figura siguiente.

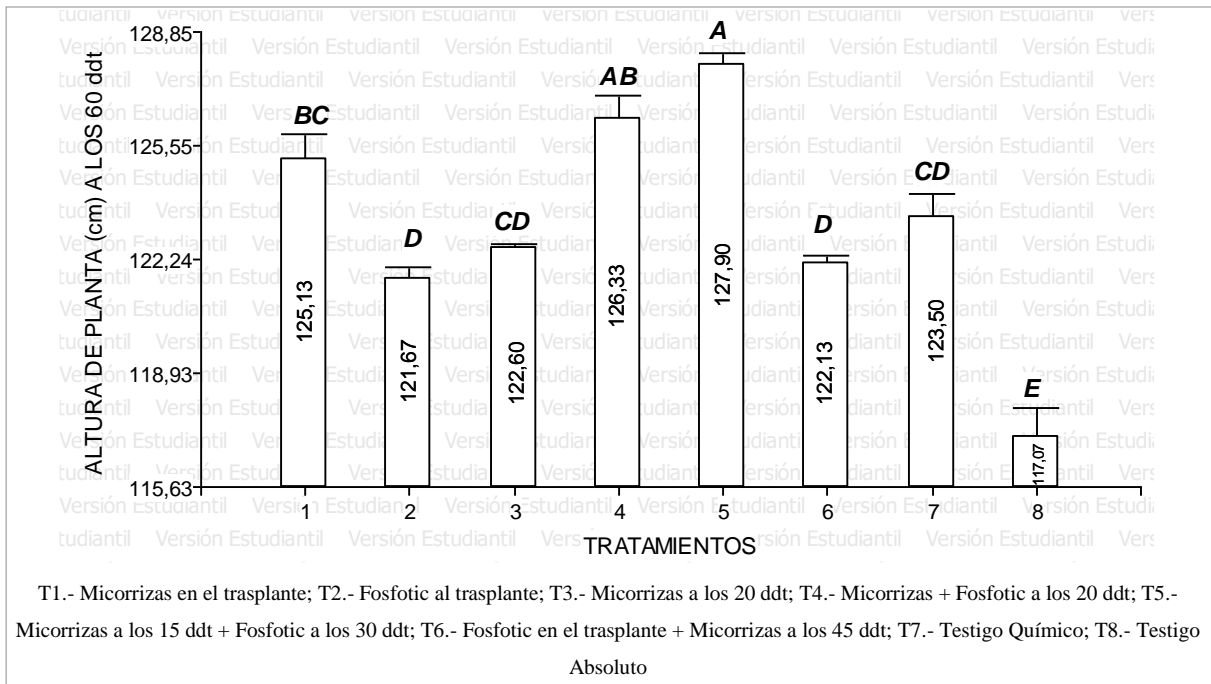


Figura 5: Prueba de Tukey para altura de planta (cm) a los 60 ddt

4.1.1.2. Grosor de tallo (cm).

Se realizó el ANAVAR para determinar el grosor de tallo, para las cuatro tomas de datos, respectivamente a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante. La interpretación de grosor de tallo a los 15 días (tabla 10), muestra para esta variable un promedio de 0,77 cm de grosor de tallo y un coeficiente de variación de 1,35 %.

Tabla 10: Grosor de tallo a los 15 ddt

F.V.	SC	G1	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,001	7	0,0001	1,349	0,2993ns
Repeticiones	0,0006	2	0,0003	2,8758	0,0899ns
Error	0,0015	14	0,0001		
Total	0,0032	23			
Promedio	0,77				
CV%1,35					

En la primera toma de grosor de tallo realizada a los 15 ddt, no se observa diferencias significativas entre los tratamientos, por cuanto existe un solo rango para todos los tratamientos (A), Se muestra una interpretación grafica en la figura 6.

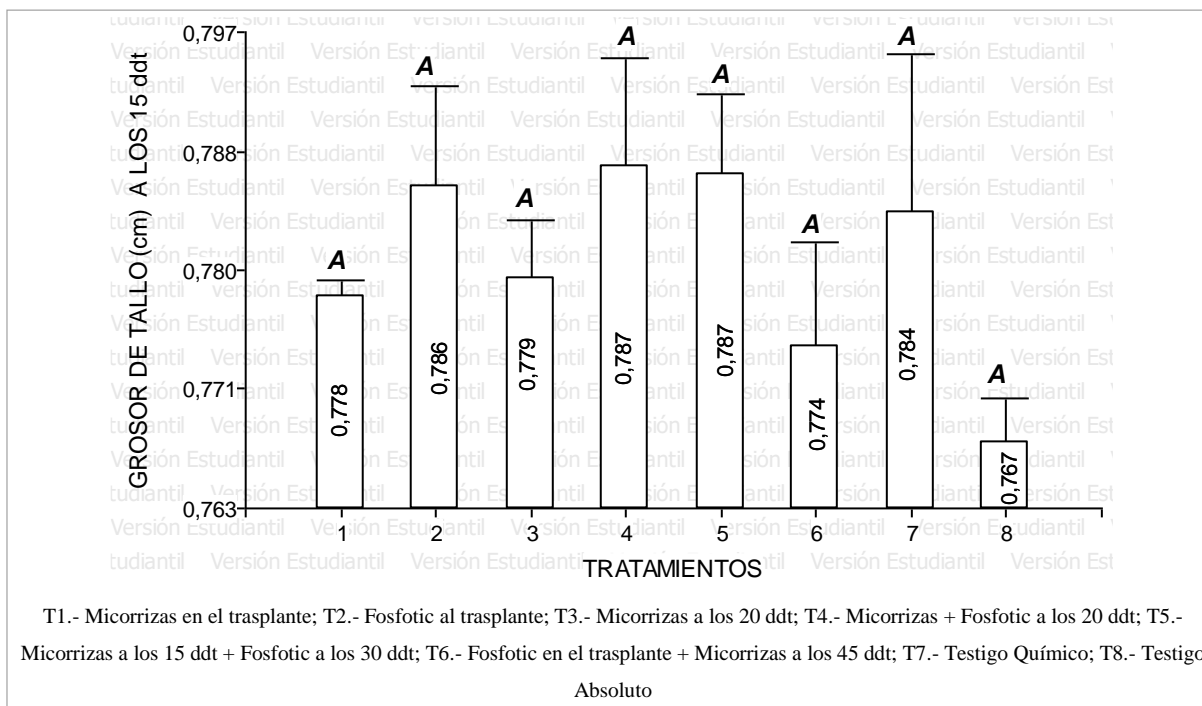


Figura 6: Grosor de tallo (cm) a los 15 ddt

El análisis de varianza realizado para el grosor de tallo a los 30 ddt (tabla 11), reflejó que no existe diferencias significativas, además de un promedio de 1,27 cm y un coeficiente de variación de 0,95 %

Tabla 11: Grosor de tallo a los 30 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,0018	7	0,0003	1,774	0,1711ns
Repeticiones	0,0004	2	0,0002	1,2026	0,3296ns
Error	0,0021	14	0,0001		
Total	0,0043	23			
Promedio	1,27				
CV%0,95					

La toma de grosor de tallo a los 30 ddt, muestran que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos, se obtuvo un solo rango (A) para los 8 tratamientos aplicados, sin embargo, el T7 (Testigo Químico), presenta un promedio de 1.290 cm, seguido del T5 (micorrizas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt). A continuación, se muestran los promedios de cada tratamiento en el siguiente grafico (Figura 7).

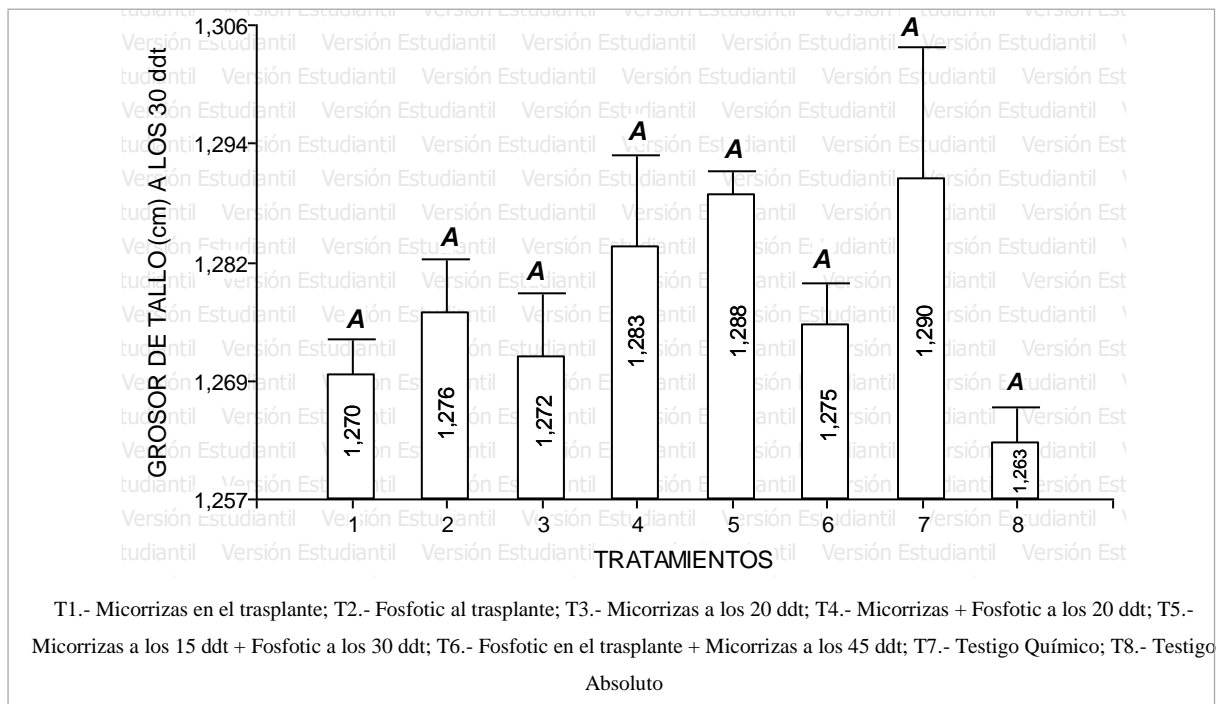


Figura 7: Grosor de tallo (cm) a los 30 ddt

En el ANAVAR de grosor de tallo para los 45 ddt, se observó que existe diferencias estadísticas al 1% entre tratamientos y un coeficiente de variación de 1,06 % (tabla 12).

Tabla 12: Grosor del tallo a los 45 ddt

F.V.	SC	G1	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,0142	7	0,002	6,4921	0,0015**
Repeticiones	0,0012	2	0,0006	1,9335	0,1814ns
Error	0,0044	14	0,0003		
Total	0,0198	23			
Promedio	1,67				
CV% 1,06					

El análisis de varianza de grosor de tallo a los 45 ddt, muestra que el T4 (Micorrizas + Fosfotíc a los 20 ddt) y el T7 (Testigo Químico) con un promedio de 1,71 cm de grosor, son los dos mejores tratamientos, mientras que el menor grosor de tallo lo presenta el T2 (Fosfotíc en el trasplante), con un promedio de 1,65 cm, en la interpretación grafica (figura 8), se muestran los rangos y promedios obtenidos.

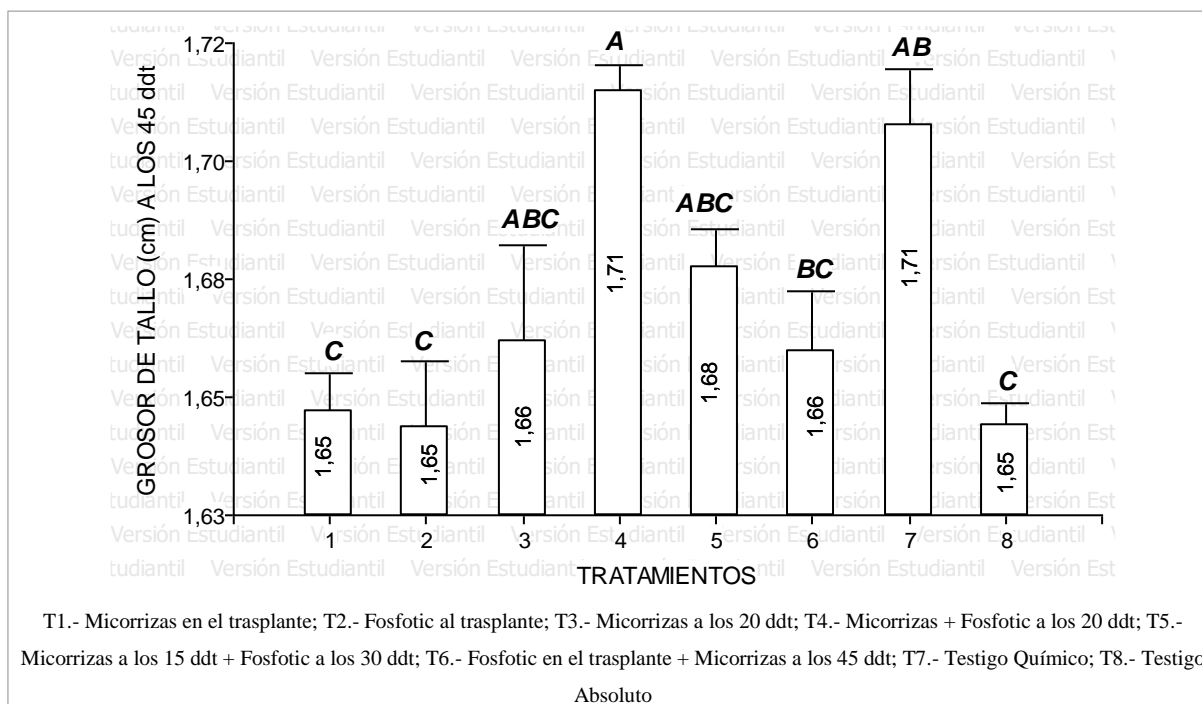


Figura 8: Prueba de Tukey para grosor de tallo(cm) a los 45 ddt

El análisis de varianza para la variable de grosor de tallo a los 60 días (tabla 13), evidenció que existe diferencias estadísticas entre tratamientos, reflejando además para esta variable un coeficiente de variación de 2,01 % y un promedio de grosor de 2.05 cm.

Tabla 13: Grosor de tallo a los 60 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,059	7	0,0084	4,983	0,0052**
Repeticiones	0,001	2	0,0005	0,3047	0,7421ns
Error	0,0237	14	0,0017		
Total	0,0837	23			
Promedio	2,05				
CV%2,01					

La toma de datos para grosor de tallo realizada a los 60 ddt, determino que el T4 (Micorrizas + Fosfotíc a los 20 ddt) con 2.13 cm y el T7 (Testigo Químico) con 2.12 cm, reflejan ser los mejores tratamientos, mostrando así que se han venido manteniendo como los mejores tratamientos para grosor del tallo, ya que los datos sobre grosor tomada a los 60 ddt fue la toma final.

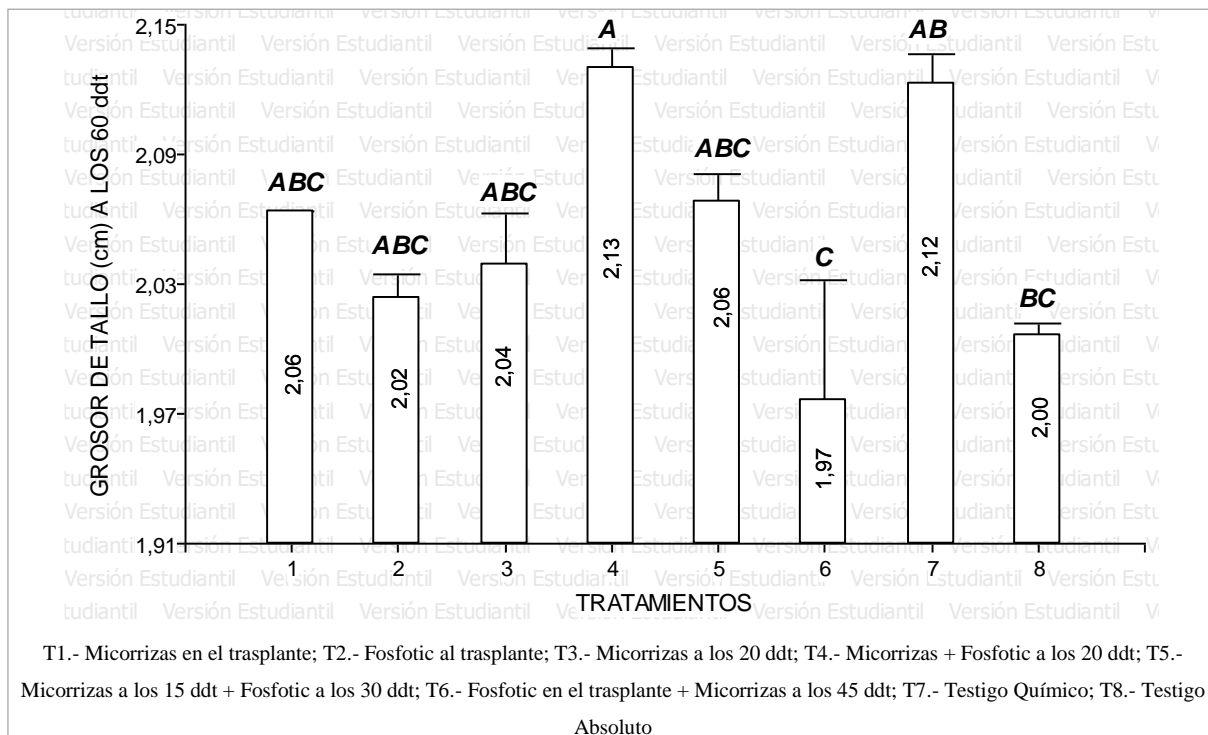


Figura 9: Prueba de Tukey para grosor de tallo (cm) a los 60 ddt

4.1.1.3. Producción de frutos por cosechas (kg).

Para determinar los kilogramos de frutos obtenidos a los 90 ddt, se realizó el correspondiente análisis de varianza (tabla 14), por consiguiente, se observó un coeficiente de variación de 84,82 % y un promedio de producción para esta variable de 4,09 kg.

Tabla 14: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 90 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	90,65	7	12,95	1,07	0,3917ns
Repeticiones	4	2	2	0,17	0,8479ns
Error	748,6	62	12,07		
Total	843,24	71			
Promedio	4,09				
CV %	84,82				

Al aplicar la prueba de Tukey se obtuvo solo rango de A en los tratamientos. A continuación, se presenta una interpretación gráfica, donde se puede apreciar los promedios de kilogramos obtenidos en esta cosecha.

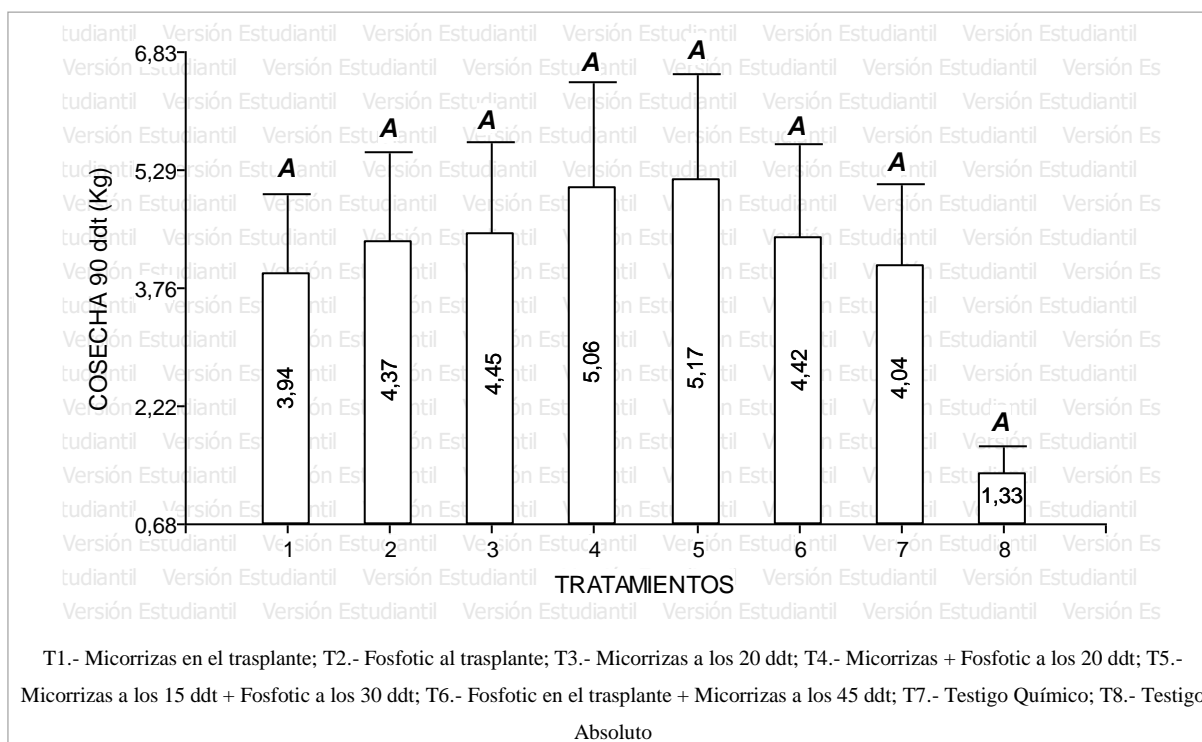


Figura 10: Kilogramos cosechados a los 90 ddt

Realizado el ANAVAR (tabla 15) para producción de frutos de la cosecha realizada a los 93 ddt, se concluye que no se observa diferencias estadísticas entre tratamientos, y se obtiene un coeficiente de variación de 84,25 %.

Tabla 15: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 93 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	90,4	7	12,91	1,11	0,3665ns
Repeticiones	0,09	2	0,04	3,70	0,9963ns
Error	719,43	62	11,6		
Total	809,92	71			
Promedio	4,04				
CV %	84,25				

Para la cosecha realizada a los 93 ddt, se reflejan resultados donde el T5 (micorrizas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt) es el mejor tratamiento con un promedio de 5,55 kg, seguido del T4(micorrizas + fosfotíc a los 20 ddt), con un promedio de 4,73 kg, mientras que se puede notar que el tratamiento químico T7, es el tercer mejor tratamiento del ensayo, y con menor resultado se mantiene el T8 (testigo absoluto)

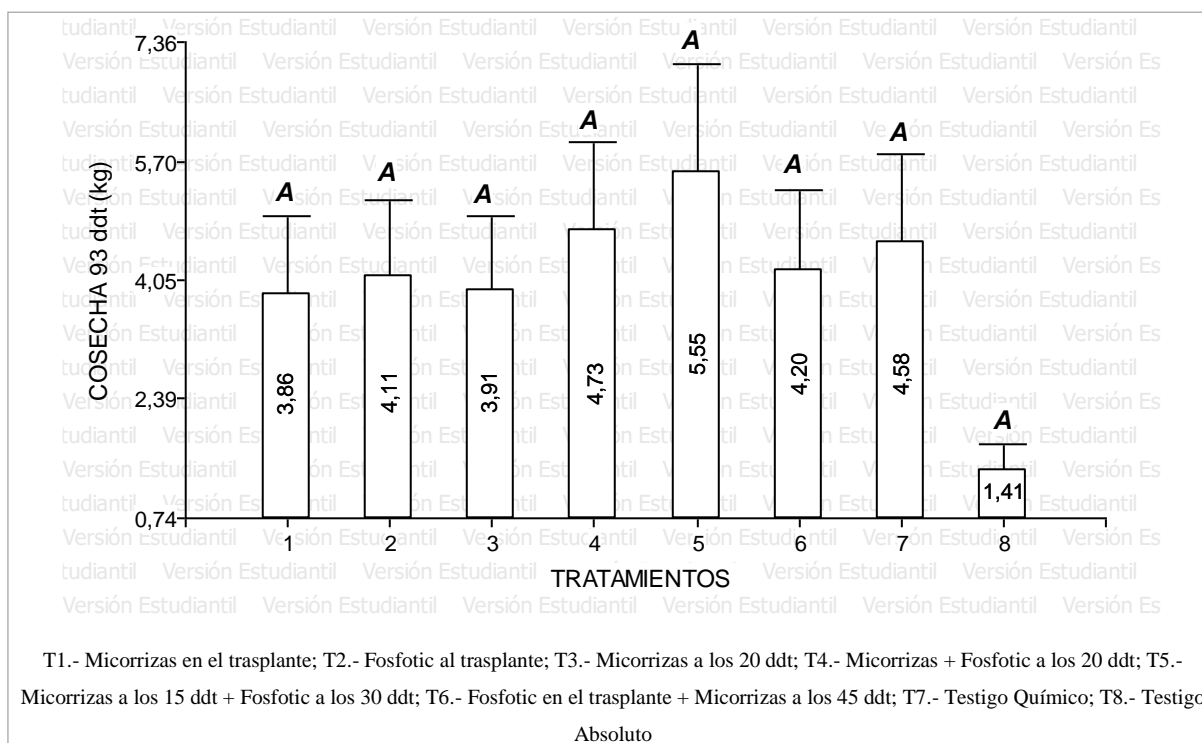


Figura 11: Kilogramos cosechados a los 93 ddt

El ANAVAR para producción de frutos de la cosecha realizada a los 97 ddt, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos, la interpretación grafica (figura 12), muestra los promedios obtenidos en cada tratamiento.

Tabla 16: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 97 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	90,61	7	12,94	1,15	0,3453ns
Repeticiones	1,15	2	0,57	0,05	0,9505ns
Error	698,7	62	11,27		
Total	790,46	71			
Promedio	4,03				
CV %	83,29				

En cuanto a la cosecha realizada a los 97 ddt, se observa que el T8 (Testigo absoluto) mantiene el promedio más bajo de entre todos los tratamientos, con un promedio de 1,23 Kg de, por otro lado, el T4(micorrizas + fosfotico a los 20 ddt), el T5(micorrizas a los 15 ddt + fosfotico a los 30 ddt) y el T7(Testigo químico), siguen siendo los tres mejores tratamientos del ensayo.

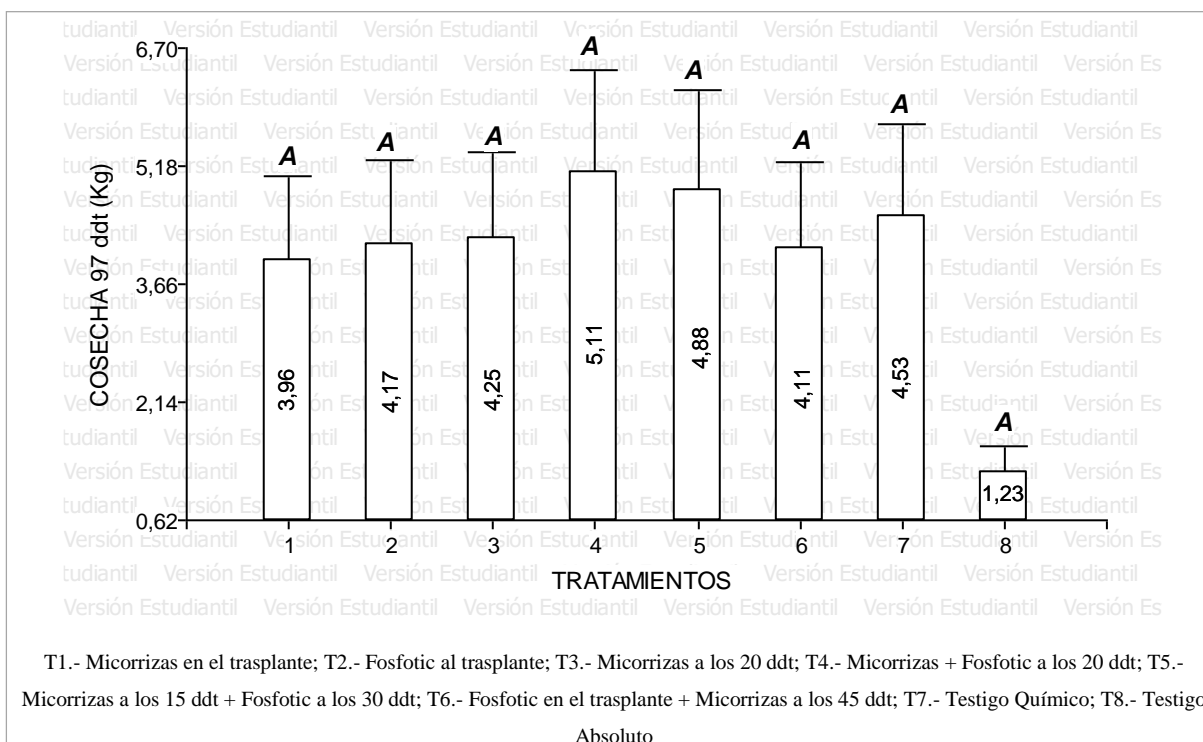


Figura 12: Kilogramos cosechados a los 97 ddt

El ANAVAR para la cosecha realizada a los 100 ddt, muestra que no existe diferencias estadísticas entre tratamientos y se evidencio un promedio de cosechas entre los tratamientos de 4,95 kg.

Tabla 17: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 100 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	98,87	7	14,12	1	0,4413ns
Repeticiones	1,34	2	0,67	0,05	0,9538ns
Error	877,44	62	14,15		
Total	977,65	71			
Promedio	4,95				
CV %	76,01				

Los resultados obtenidos en la cosecha realizada a los 100 ddt, muestran un rango de A para todos los tratamientos del ensayo, los tratamientos con biofertilizantes T5(micorrizas a los 15 ddt + fosfotico a los 30 ddt), y el T4(micorrizas + fosfotico a los 20 ddt), se mantienen como los tratamientos más efectivos, y entre ellos se encuentra también el T7(testigo químico).

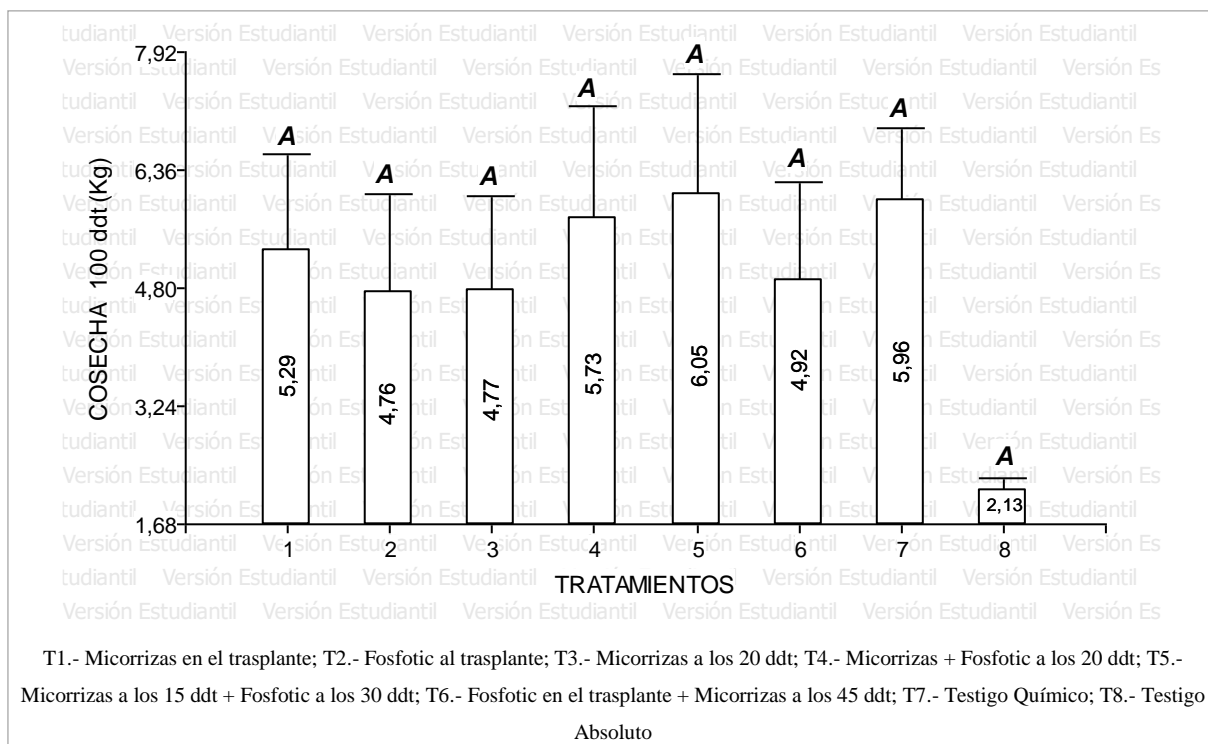


Figura 13: Kilogramos cosechados a los 100 ddt

El ANAVAR realizó para cosecha a los 104 ddt, concluye que no existe diferencias entre los tratamientos, por ende, se procede a realizar su interpretación grafica (figura 14).

Tabla 18: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 104 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	107,78	7	15,4	1,26	0,2848ns
Repeticiones	0,61	2	0,3	0,02	0,9755ns
Error	757,49	62	12,22		
Total	865,88	71			
Promedio	4,20				
CV %	83,15				

El T1 (micorrizas en el trasplante), se ubica como el segundo mejor tratamiento con un promedio de 4,65 Kg, este cambio se lo nota la quinta cosecha realizada, sin embargo, el T5 (micorrizas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt), el T7 (testigo químico) y T4(micorrizas + fosfotíc a los 20 ddt) siguen manteniéndose como las mejores alternativas, como se puede apreciar en la figura.

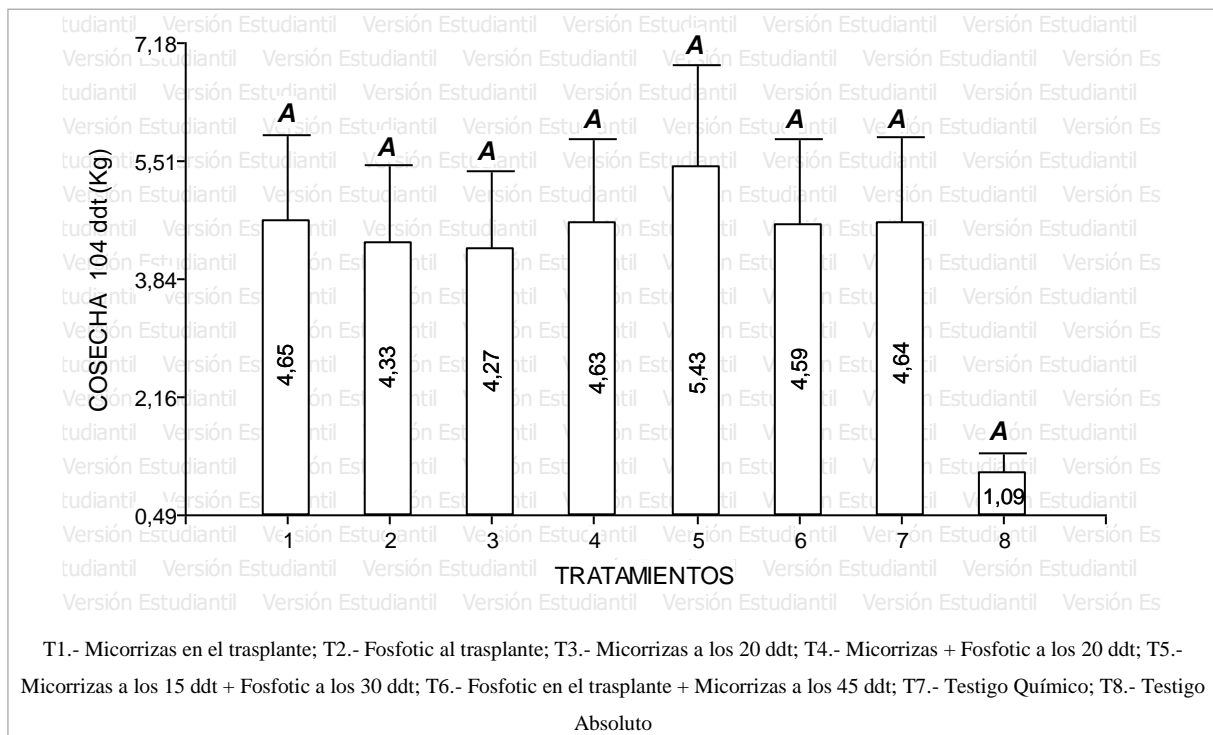


Figura 14: Kilogramos cosechados a los 104 ddt

El ANAVAR para la cosecha a los 107 ddt, última que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos, para lo cual se procede a su interpretación grafica (figura 15).

Tabla 19: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 107 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	76,88	7	10,98	1,13	0,3551ns
Repeticiones	0,84	2	0,42	0,04	0,9576ns
Error	601,51	62	9,7		
Total	679,23	71			
Promedio	3,68				
CV% 84,66					

Al realizar la prueba de Tukey para los frutos cosechados a los 107 ddt, no se obtienen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ya que se mantienen en un rango A.

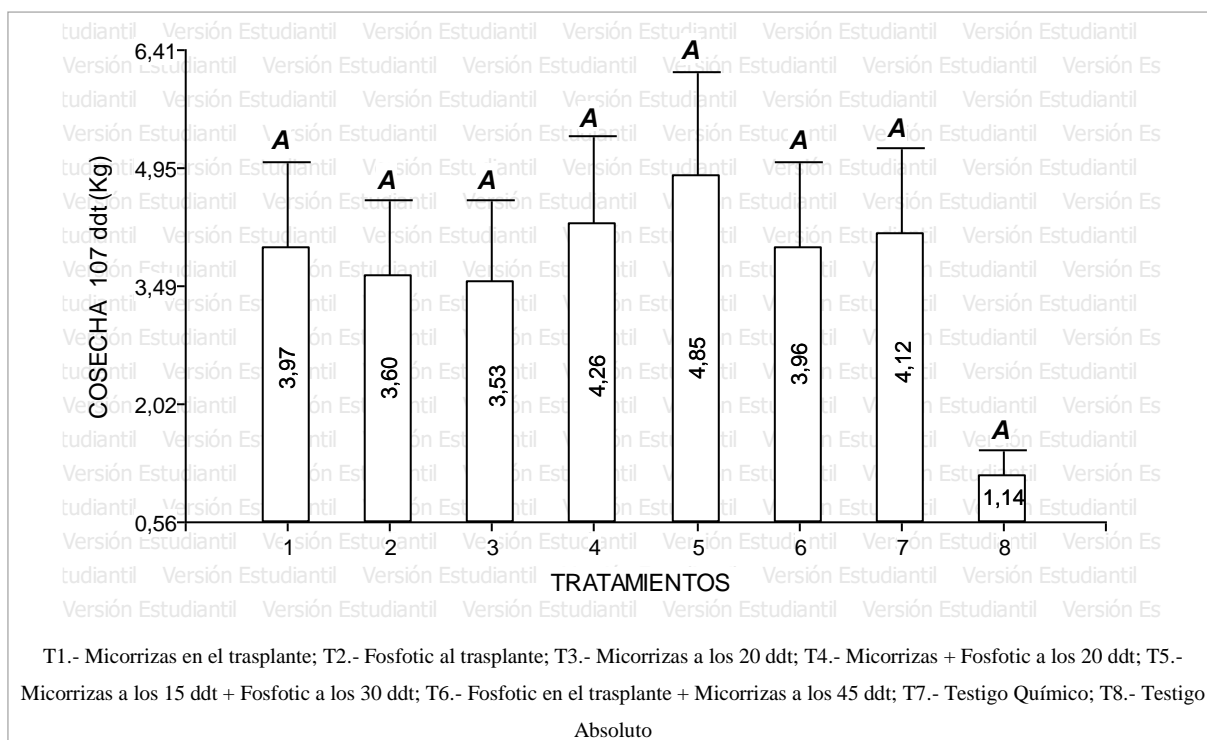


Figura 15: Kilogramos cosechados a los 107 ddt

Tabla 20: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 111 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	61,76	7	8,82	1,13	0,3568ns
Repeticiones	0,58	2	0,29	0,04	0,9635ns
Error	484,46	62	7,81		
Total	546,8	71			
Promedio	3,34				
CV %	83,74				

La cosecha realizada a los 111 ddt muestran que el T8 (testigo absoluto), se encuentra con un promedio de cosecha de 1,04 kg, que es un valor muy bajo en consideración de los demás tratamientos aplicados. En la figura 16, se detallan los promedios para cada tratamiento.

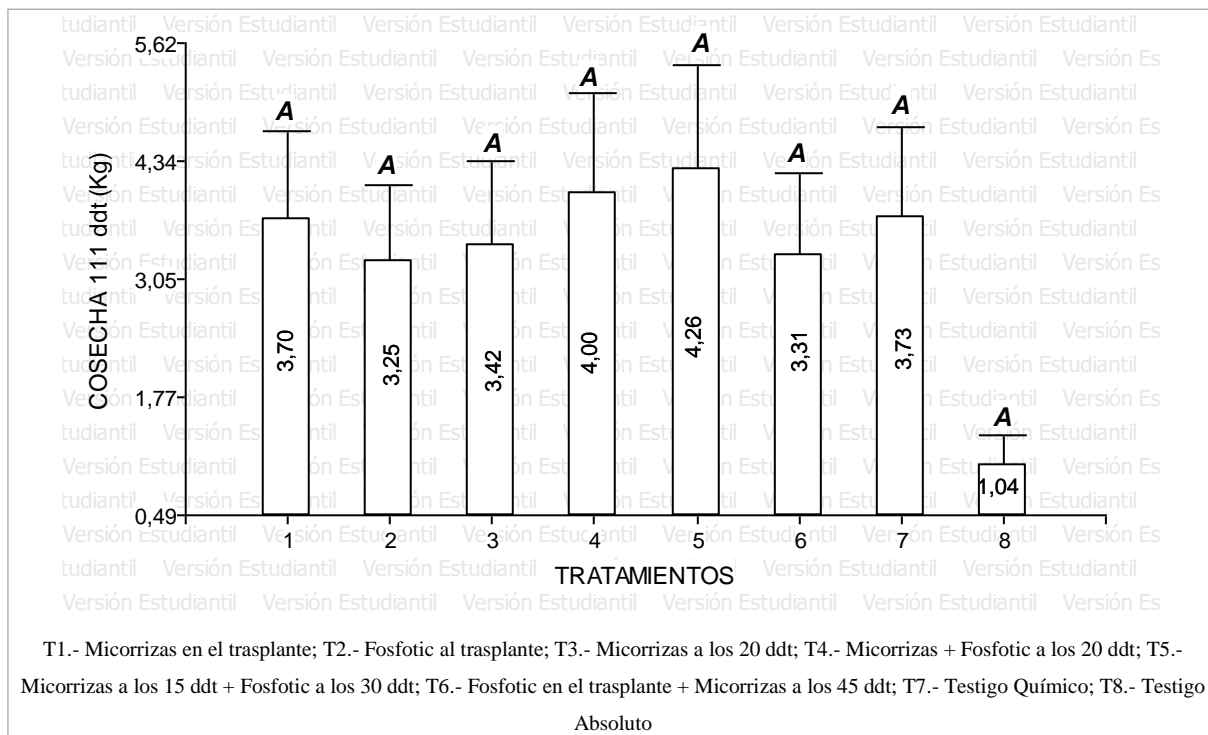


Figura 16: Kilogramos cosechados a los 111 ddt

El ANAVAR para la cosecha realizada a los 114 ddt, muestra que no existe diferencias estadísticas entre los tratamientos; y un coeficiente de variación de 71,37 %.

Tabla 21: Producción de frutos de la cosecha realizada a 114 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	20,93	7	2,99	0,65	0,7135ns
Repeticiones	3,70	2	1,90	4,00	0,9996ns
Error	285,48	62	4,6		
Total	306,41	71			
Promedio	3,00				
CV %	71,37				

Se obtuvo rangos de A para todos los tratamientos del ensayo, Los tratamientos que han venido sobresaliendo en cada cosecha siguen siendo el T5(micorrizas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt), T7 (testigo químico), T4 (micorrizas + fosfotíc a los 20 ddt).

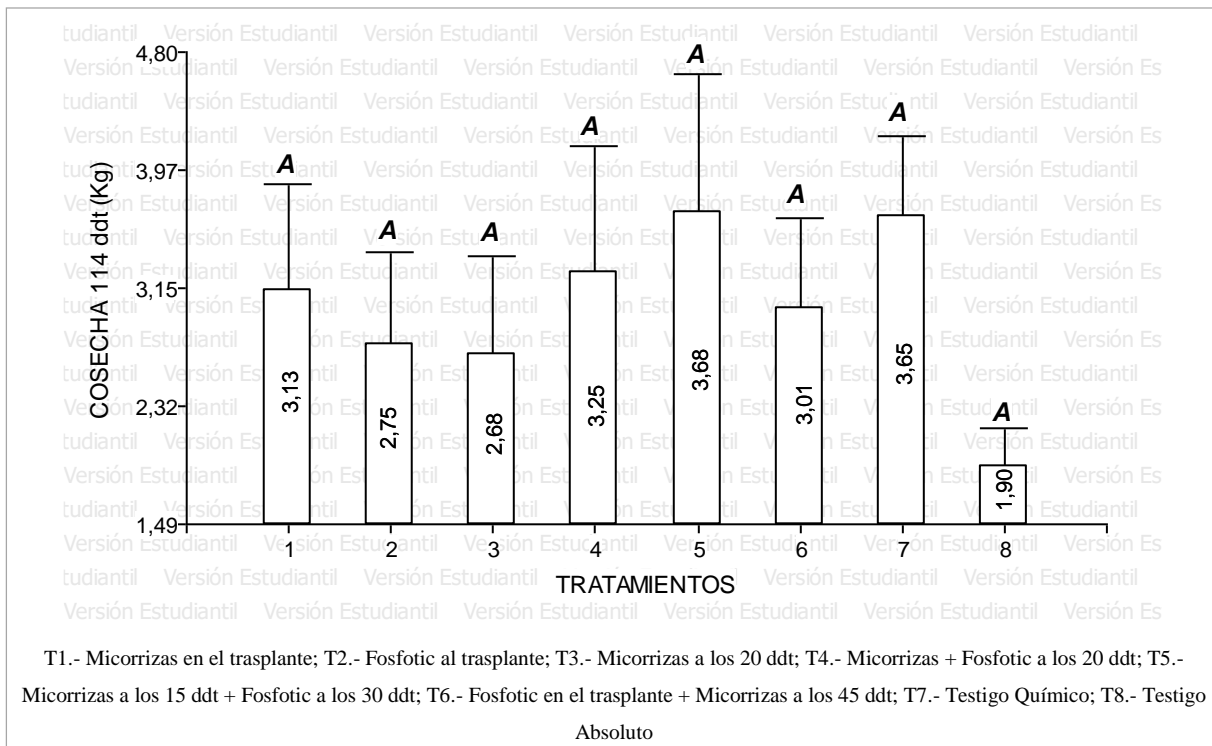


Figura 17: Kilogramos cosechados a los 114 ddt.

El ANAVAR realizado para la cosecha a los 118 ddt, muestra que existe diferencias significativas entre los tratamientos, obteniendo para esta variable un coeficiente de variación de 50,39%.

Tabla 22: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 118 ddt

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	30,42	7	4,35	2,72	0,0158*
Repeticiones	0,87	2	0,44	0,27	0,7617ns
Error	98,97	62	1,6		
Total	130,26	71			
Promedio	2,51				
CV %	50,39				

En cuanto a la cosecha realizada a los 118 ddt, se obtuvo tres rangos (A, AB, B), Los tratamientos con mayores rendimientos son el T5(micorrizas a los 15 ddt + fofotíc a los 30 ddt), con un promedio de 3,28 Kg, seguido por el T4 (micorrizas + fosfotíc a los 20 ddt), 3,24 Kg.

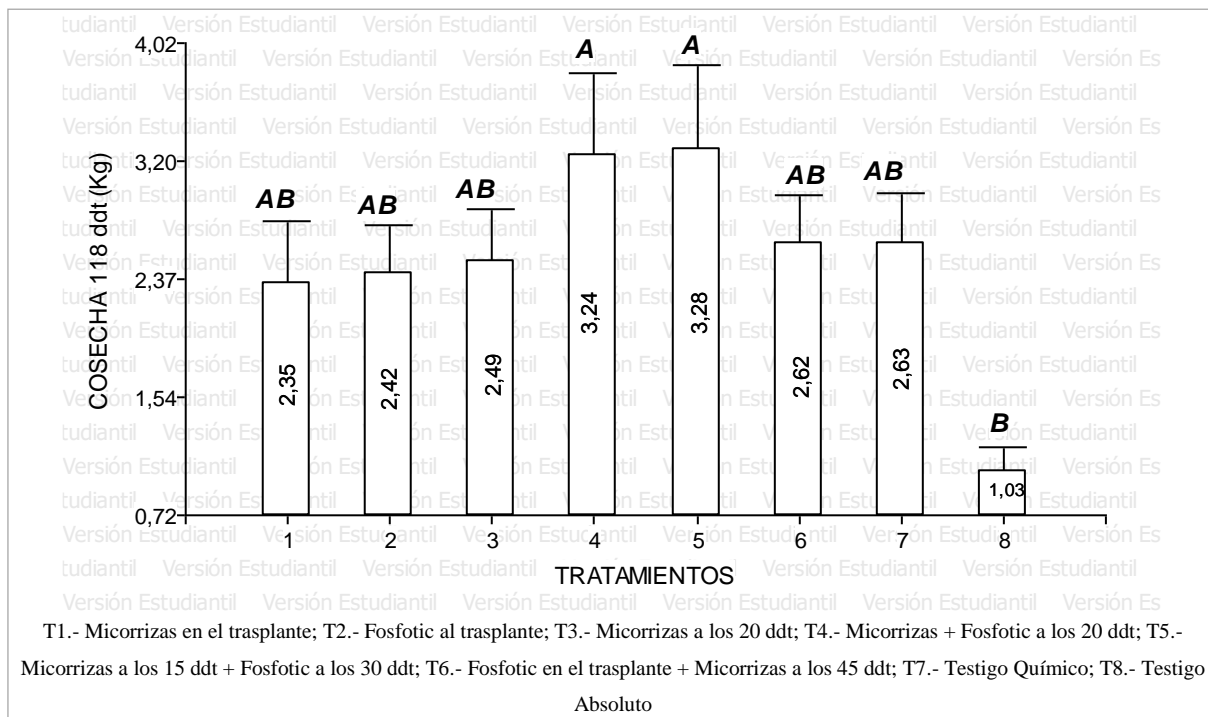


Figura 18: Prueba de Tukey para kilogramos cosechados a los 118 ddt.

El ANAVAR realizado para la cosecha final (121 ddt), concluye que no existe diferencias significativas entre los tratamientos, por consiguiente, se procede a su interpretación grafica (figura 19).

Tabla 23: Producción de frutos de la cosecha realizada a los 121 días ddt

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	14,71	7	2,1	1,33	0,2505ns
Repeticiones	0,32	2	0,16	0,1	0,9048ns
Error	97,78	62	1,58		
Total	112,8	71			
Promedio	1,48				
CV %	85				

El resultado más óptimo lo obtuvo el T5(micorrizas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt), con 2,03 Kg, seguidamente del T4(Micorrizas + fosfotíc a los 20 ddt), mientras que el menos efectivo fue el T8 (testigo absoluto), que, a lo largo de todas las cosechas realizadas, siempre se mantuvo como el tratamiento menos efectivo.

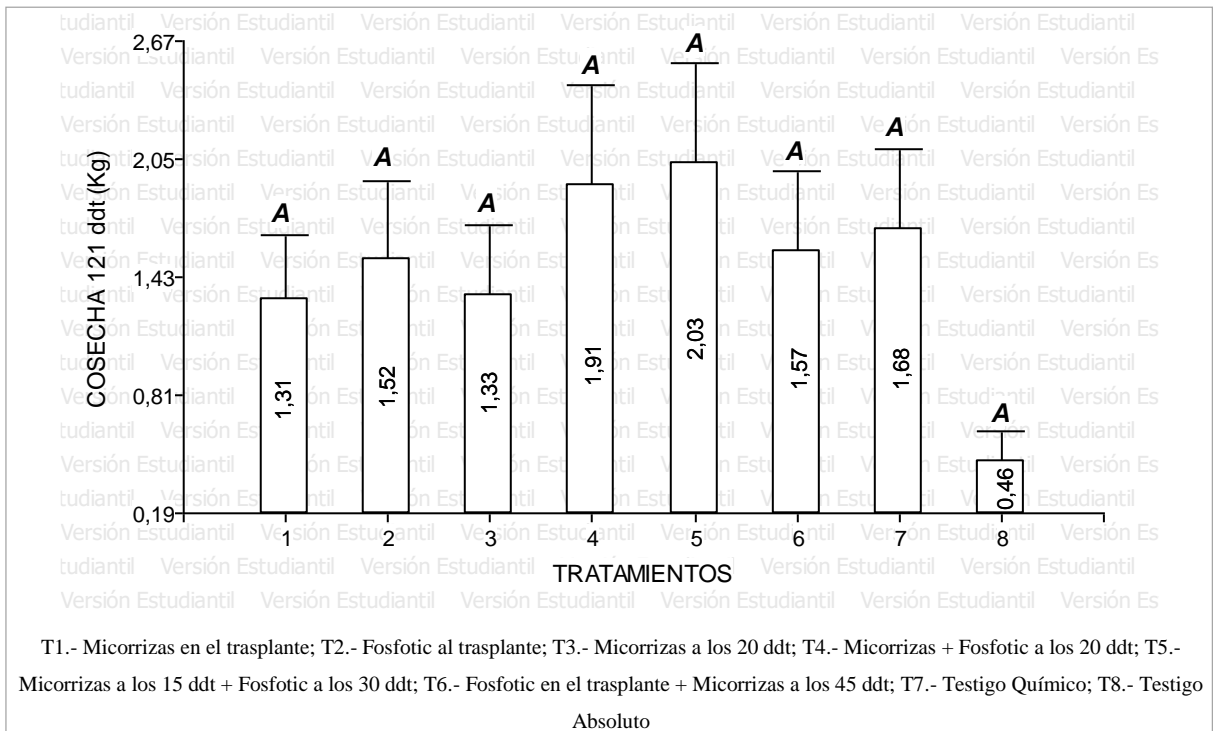


Figura 19: Kilogramos cosechados a los 121 ddt

4.1.1.4. Producción de frutos por categoría.

Para el análisis de rendimiento por categorías se realizó una suma de los Kg obtenidos a lo largo del cultivo, se determinó clasificar en categorías de primera, segunda y tercera, obteniendo como resultados que el tratamiento que obtuvo un mayor rendimiento de categoría primera fue el T5 (micorrizas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt) con 239,98 Kg, seguido del T4 (micorrizas + fosfotíc a los 20 ddt) con 215,40 Kg, al igual que para la categoría segunda son estos dos tratamientos los que mejores rendimientos obtuvieron, mientras que los rendimientos más bajos para categoría primera y segunda los obtuvo el T8 (testigo absoluto). A continuación, se presentan gráficamente los rendimientos detalladamente por categoría, primera, segunda y tercera de cada tratamiento en la figura 20.

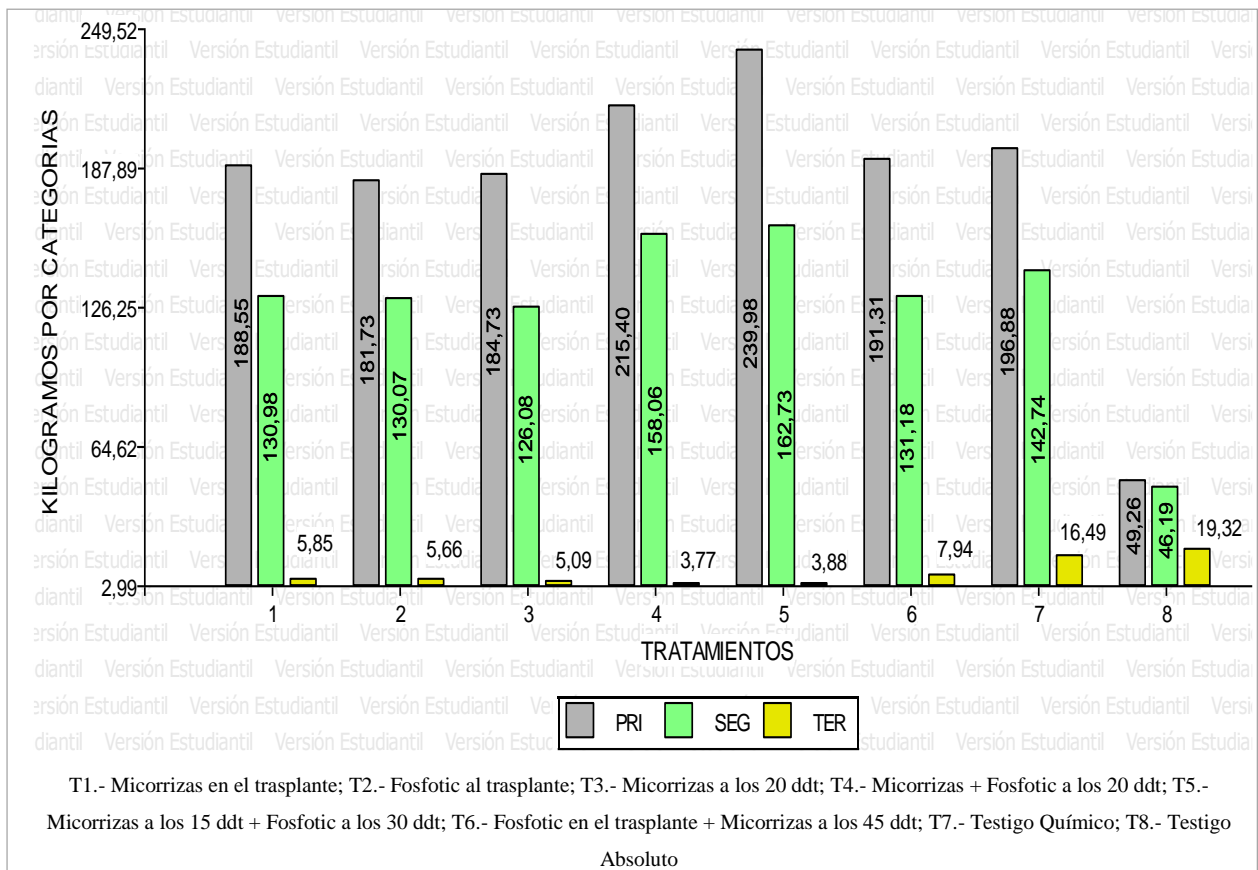


Figura 20: Rendimiento por categorías

4.1.1.5. Producción total.

Para determinar la producción total (Kg), se realizó una suma de todos los Kg obtenidos en cada cosecha y por cada tratamiento, determinando así, que: El tratamiento que generó una mayor producción fue el T5 (micorrizas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt), con un total de 406,49 kg, seguido del T4 (micorrizas + fosfotíc a los 20 ddt) con 377,23 kg, mientras que la producción más baja la obtuvo el T8 (Testigo absoluto) con 114,77 kg. La figura 17 muestra gráficamente los kg totales obtenidos por cada tratamiento.

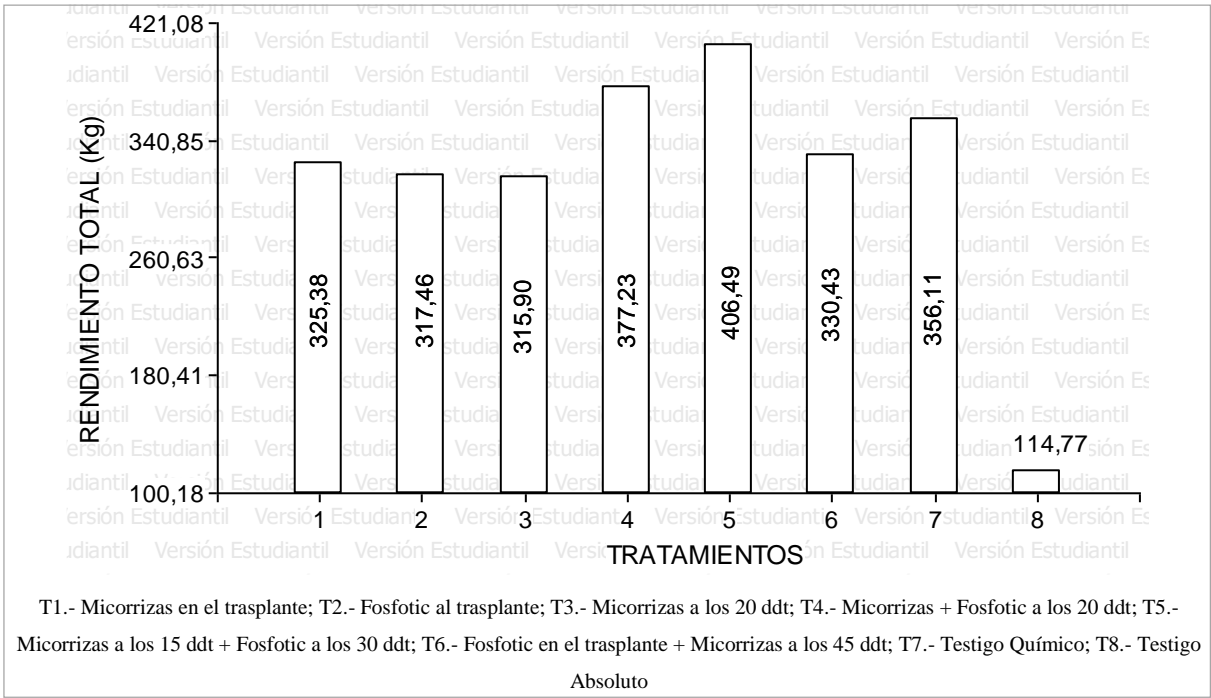


Figura 21: Producción total del cultivo

4.1.1.6. Relación costo beneficio

Determinando el costo de producción de cada tratamiento aplicado, tomando en cuenta el total de cajas de 18 Kg obtenidas en 2000 m² de invernadero y el precio de venta, el mismo que se fijó de acuerdo los precios de venta de las 10 cosechas realizadas, obteniendo así un promedio de precio de venta de 5,75 dólares americanos, se presenta la relación costo beneficio en la tabla 24.

Tabla 24: Relación costo – beneficio de cada tratamiento

Tratamientos	Costo producción 2000 m²	Producción (Kg) 2000 m²	Cajas(18Kg) 2000 m²	Precio venta	Precio Total de venta	Utilidad neta	Costo beneficio
T1	4493,4	36153	2008	5,75	11546	7052,6	1,57
T2	4311,4	35273	1959	5,75	11264,25	6952,85	1,61
T3	4493,4	35100	1950	5,75	11212,5	6719,1	1,50
T4	4511,4	41914	2328	5,75	13386	8874,6	1,97
T5	4511,4	45176	2509	5,75	14426,75	9915,35	2,20
T6	4511,4	36714	2039	5,75	11724,25	7212,85	1,60
T7	4530,9	39567	2198	5,75	12638,5	8107,6	1,79
T8	4293,4	12752	708	5,75	4071	-222,4	-0,05

4.2. DISCUSIÓN

La altura de planta fue tomada a partir de los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante. A los 15 días después del trasplante se observó diferencia estadística significativa, pues el T6 (Fosfotic en el trasplante + Micorrizas a los 45 ddt), obtuvo la mayor altura, esto se debe a la actuación de los microorganismos solubilizadores de fósforo (Fosfotic), ya que el Fosfotic es un biofertilizante compuesto por un complejo de bacterias, con capacidad de solubilizar fósforo retenido en el suelo y convertirlo en fósforo disponible y asimilable para la planta, y de esta manera promueve el desarrollo de las raíces. La mayor altura de planta a los 30 días después del trasplante, la obtuvo el T1 (Micorrizas al trasplante), esto se debe a que, la micorrización consecuentemente, mejora el vigor, la sobrevivencia y el crecimiento de las plantas (FAGRO, 2018). Sin embargo, el T5 (Micorrizas a los 15 ddt + Fosfotic a los 30) y T4 (Micorrizas + Fosfotic a los 20 ddt), mostraron alturas considerables que oscilaron entre los 50 cm, y a partir de la toma de altura a los 45 y 60 días después del trasplante, el T5 (Micorrizas a los 15 ddt + Fosfotic a los 30) y T4 (Micorrizas + Fosfotic a los 20 ddt), han venido siendo los tratamientos que mayor altura han tenido, esto se debe a que los biofertilizantes fueron aplicados en etapas tempranas, por tanto, realizan la simbiosis con el suelo, por ende se da mejores resultados, a pesar de que el tratamiento 1 consta de la aplicación de micorrizas en el trasplante y el T2 fue la aplicación de fosfotic en el trasplante, estos no obtuvieron promedios de altura considerables, ya que estos biofertilizantes fueron aplicados solos, es decir no existió combinación entre ellos. Adavi & Tadayoun, (2014) afirman que las micorrizas reciben energía y recursos carbónicos de las plantas y éstas a su vez proporcionan la facilidad de absorción de muchos nutrientes inorgánicos tales como: el Fósforo, Zinc, Molibdeno, Cobre y Hierro. Mientras que, por otro lado, las bacterias solubilizadoras de fósforo (PSB, Phosphorus Solubilizing Bacteria), benefician el crecimiento de la planta porque incrementan el fósforo disponible en el suelo y de esta forma favorecen el crecimiento vegetal (Vassilev et al., 2006).

En cuanto a grosor de tallo, de igual manera se tomó datos a los 15, 30, 45 y 60 días después del trasplante, donde a los 15 días después del trasplante, se observó que los promedios de cada tratamiento, no son significativamente diferentes, pero los tratamientos que más destacaron fueron: el T5 (Micorrizas a los 15 ddt + fosfotic a los 30 ddt) y el T4 (Micorrizas + fosfotic a los 20 ddt), estos dos tratamientos como biofertilizantes, y el testigo químico T7, estos tres tratamientos obtuvieron un promedio igual de 0,78 cm, que de la misma forma a los 30 días después del trasplante, se mantuvieron como los tres mejores tratamientos. Los valores

obtenidos a los 45 días, muestran que el T4(micorrizas + fosfotíc) obtuvo un promedio de 1,71 cm, al igual que el T7(Testigo químico), siendo estos dos los tratamientos que muestran mayor eficiencia, ya que en la toma final (60 ddt), se da el mismo caso con estos dos tratamientos, pues el T4, obtuvo un promedio de 2,13 cm, mientras que el T7(Testigo químico), con un promedio de 2,12, es decir que el tratamiento 4, que es a base de biofertilizantes, mantiene una igualdad en eficacia para grosor de tallo, con el testigo químico, que viene siendo dosis convencionales que aplica el agricultor de la zona, concordando así con lo manifestado por Orna, 2009, quien afirma que en cuanto a grosor del tallo no encuentro diferencias significativas entre los tratamientos, pero todos fueron superiores al testigo.

La producción total del cultivo se determinó mediante 10 cosechas realizadas, y posteriormente realizando una sumatoria, donde se evidenció que el tratamiento que obtuvo una producción superior fue el T5 (Micorrizas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt) con 406,49 kg, seguida del T4 (Micorrizas + fosfotíc a los 20 ddt) con 377,23 kg, sin embargo, Orna, 2009, manifiesta que la mayor cantidad de frutos fue obtenida con un tratamiento, donde aplicó micorrizas en el semillero y al momento del trasplante, esto se puede ocasionar porque la inoculación del biofertilizante se realizó desde el semillero, es decir que la planta al momento de ser trasplantada va micorrizada y al momento del trasplante se le agrega otra dosis, mientras que en esta investigación el T1(Micorrizas al trasplante) obtuvo una producción de 325,38 kg, que no viene a ser una producción sobresaliente.

Por su parte la producción generada en el T5 fue gracias a la actividad simbiótica de los hongos micorrízicos con la raíz, ya que las hifas extra radicales son más eficientes que las raíces en cuanto a la absorción de nutrientes, debido a su estructura extremadamente largas, abundantes y finas, pueden explorar volúmenes de suelo intangibles para las estructuras radicales de las plantas. Por otro lado, los resultados del T7 (testigo químico), que viene a ser prácticamente, insumos químicos que utiliza el agricultor de la zona, obtuvo una producción de 356,11 kg, colocándolo como el tercer mejor tratamiento, de esta manera se concuerda con lo manifestado por Mora et al. (2018), quienes concluyen que si se reduce la fertilización mineral sin combinar con las alternativas de biofertilización con Fosfotíc y Safer micorrizas implica una reducción en la producción. Además, Narváez. (2016), indica que es factible la implementación de alternativas con microorganismos solubilizadores de fósforo, micorrizas y compost, ya que permiten a la planta absorber el P no soluble presente en el suelo. De esta manera se puede argumentar que la combinación de los biofertilizantes (microorganismos solubilizadores de fósforo y

micorrizas), potencializan la eficiencia de solubilización y disponibilidad de nutrientes para la planta, por consecuente Restrepo, Pineda y Ríos(2017), manifiestan que los microorganismos con potencial biofertilizante han demostrado poseer diversos mecanismos de acción para solubilizar nutrientes del suelo y por ende complementar los requerimientos de las plantas, por ende, con el cumplimiento de los requerimientos de las plantas se obtiene mejores rendimientos productivos

Por su parte la producción por categoría primera fue superior el T5 (Micorrizas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt) con un promedio de 239,98 Kg, seguido del T4 (Micorrizas + fosfotíc a los 20 ddt) con 215,40 Kg, y de igual manera, ambos tratamientos mencionados obtuvieron mayor producción en categoría segunda, esto confirma, que los biofertilizantes generan una mayor capacidad de absorción de fósforo, y a la vez de los demás nutrientes, lo que se expresa en un mejor crecimiento vegetal y por ende una mejor fructificación, concordando así con lo manifestado por FERTILIZAR (2004) que afirma que el ritmo de absorción de P, es similar al de N, coincidiendo con las mayores necesidades con la floración y el engrose de los frutos. Por tal motivo en categoría tercera, los rangos más altos lo obtuvo el testigo absoluto T8, con un total de 19,32 kg.

En cuanto al beneficio económico de cada tratamiento investigado, el T5 (Micorrizas aplicadas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt), generó mayor rentabilidad, seguido del T4 (Micorrizas + Fosfotíc a los 20 ddt), dichos resultados, entre el precio de venta, y el rendimiento del cultivo. El mercado de tomate riñón es muy insconstante, eso se debe a varios factores, por lo cual el precio por caja de tomate varía constantemente. Al analizar la relación costo beneficio por cada tratamiento aplicado, se puede deducir que si el precio por caja de tomate se encuentra a \$5,75 en el mercado, el T5 (Micorrizas aplicadas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt), muestra que por \$1, invertido, se genera un costo beneficio de \$1,20. Esto estrechamente se da por que este tratamiento alcanzó una mayor productividad de tomate riñón.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La aplicación de micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo, pueden constituir opciones viables en el cultivo de tomate riñón, variedad Sheila Victory, ya que promueven un mejor desarrollo vegetal, solubilización y aprovechamiento de minerales.
- La mejor etapa para la aplicación de los biofertilizantes para obtener mejores beneficios en el cultivo de tomate riñón es a los 15 a 20 y 30 y días después del trasplante, ya que en esta etapa la planta empieza con su crecimiento vegetal, floración y formación del fruto.
- La alternativa de biofertilización a base de micorrizas aplicadas a los 15 ddt + fosfotíc a los 30 ddt (T5), registro un mayor rendimiento productivo con 406,49 kg, no obstante, el T8 (Testigo absoluto), obtuvo el menor rendimiento con 114, 77 kg.
- El testigo químico T7, se consideró como el segundo mejor tratamiento en cuanto a grosor del tallo de la planta, obteniendo resultados similares con el T4 (micorrizas + fosfotíc aplicados a los 20 ddt).
- La productividad que generó el T7 (Testigo químico), hizo que este tratamiento se ubicara como el tercer mejor tratamiento del ensayo en comparación con los tratamientos donde se aplicó los biofertilizantes.

5.2. RECOMENDACIONES

- Continuar con estudios e investigaciones sobre la interacción de las micorrizas y los microorganismos solubilizadores de fósforo en muchos más cultivos que sean representativos de la zona y la provincia.
- Incluir en futuras investigaciones tratamientos donde se aplique los biofertilizantes por separado para la determinación del efecto de la aplicación de cada uno.
- Dar a conocer a los agricultores el potencial de los biofertilizantes (micorrizas y microorganismos solubilizadores de fósforo) para mejorar la nutrición de los cultivos, el rendimiento, la calidad del fruto y por tanto la rentabilidad.
- Incentivar a los agricultores a optar por estas alternativas de biofertilización ya que con su uso mejoran no solo su producción, sino también la calidad de sus suelos, además que son amigables con el medio ambiente y con la salud del consumidor final.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEFA. (s.f.). *AEFA*. Obtenido de <https://aeфа-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/biofertilizantes#:~:text=Los%20biofertilizantes%20son%20productos%20a,de%20ser%20mejoradores%20de%20suelo.>

Aveiga. (2011). *Tesis: Evaluacion del efecto de dos tipos de fertilizacion en los rendimeintos del cultivo de papa (Solanum Tuberosum) en Pichincha-Ecuador*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Aveiga, A. M. (2011). *Tesis: Evaluacion del efecto de dos tipos de fertilizacion en los rendimeintos del cultivo de papa (Solanum Tuberosum) en Pichincha-Ecuador*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Benavides, M. (2010). *Desventaja de los injertos*. Guaranda: Andina.

BIOAMECSA. (s.f.). Obtenido de <http://bioamecsa.com/fungifert/>

Biologia. (2005). Recuperado el 09 de 05 de 2019, de <http://www.biologia.edu.ar/fungi/micorrizas.htm>

Blanco, F. y Salas, E. . (1997). *Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigacionrealizada en Costa Rica*. Obtenido de <http://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Micorrizas%20y%20nutricion%20mineral.pdf>

Camargo, S. et al. (2012). *Micorrizas: una gran unión debajo del suelo*. Recuperado el 09 de 05 de 2019, de <http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/art72.pdf>

Chavez, A. (2009). *Evaluacion del efecto de la aplicacion de micorrizas en la produccion de tomate riñon (Solanum Lycopersicum) bajao invernadero*. Riobamba. Recuperado el 13 de 05 de 2019

Collins. (2009). *Lombriz de tierra: Una fuente de concentrado para la ganadería* . Bogotá: Boletín agropecuario.

Corpoica. (s.f). *Las micorrizas: una una opcion sostenible de manejo de suelos y nutricion de plantas*. Bogota: Produmedios.

Deacon, J. (1983). *Introduccion a la Micologia Moderna*. Mexico DF: Limusa.

Ecoclimatico. (2008). Recuperado el 12 de Marzo de 2019, de <http://www.ecoclimatico.com/archives/date/2008/12/page/8>

EcuRed . (2013). Recuperado el 09 de 05 de 2019, de <http://www.ecured.cu/Biofertilizantes>

- EL COMERCIO. (12 de Marzo de 2011). Ocho variedades de tomate riñón están en los mercados locales.
- FAGRO. (25 de Octubre de 2018). *El blog de Fagro*. Obtenido de <https://blogdefagro.com/2018/10/25/las-micorrizas-y-sus-beneficios-en-la-plantas/>
- Falcon, R. (2014). *Comportamiento agronómico y valor nutricional de las hortalizas de tomate (Lycopersicum esculentum) con dos tipos de fertilizantes orgánicos en el centro experimental "La Playita" UTC- La Maná. Tesis de Ingeniero Agronomo , Universidad Técnica de Cotopaxi*. La Maná.
- FAO. (2010). Recuperado el 11 de Marzo de 2019, de FaoStat: [http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2010/es/?page=8&ipp=10&tx_dynalist_pi1\[par\]=YT0xOntzOjE6IkwiO3M6MToiMiI7fQ==](http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2010/es/?page=8&ipp=10&tx_dynalist_pi1[par]=YT0xOntzOjE6IkwiO3M6MToiMiI7fQ==)
- Fertilizar. (2004). Recuperado el 09 de 05 de 2019, de <http://www.fertilizar.org/articulos>
- Flaño, A. (2013). *Situación del tomate para consumo fresco*. Recuperado el 14 de 05 de 2019, de <http://www.odepa.odepaweb.cl/publicaciones/doc/11729.pdf>.
- Hernández, R., Fernández, C. & Batista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ta ed.). México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Hidalgo, P. (2013). *Cultivos tropicales de ciclo corto*. La Paz: Bolivariana.
- Ibañez. (2011). *Un Universo Libre Bajo Nuestros Pies: Un Lugar para la Ciencia y la Tecnología*.
- Ibañez, J. (2011). *Un Universo Libre Bajo Nuestros Pies: Un Lugar para la Ciencia y la Tecnología*.
- Impofos. (1999). Manual Internaciona de Ferlidad de Suelos. En *Manual Internaciona de Ferlidad de Suelos* (págs. 4-5). Quito: Limusa.
- INEC. (2013). Recuperado el 11 de Marzo de 2019, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas/>
- Infoagro. (2003). Recuperado el 05 de 20 de 2019, de http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp
- INFOAGRO. (2003). Recuperado el 20 de 05 de 2019, de http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_iii_.asp
- Infoagro. (2013). *Infoagro.com*. Recuperado el 18 de 11 de 2019, de https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate__parte_i_.asp
- INTAGRI. (s.f.). Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/biofertilizantes-en-agricultura>

- Jacobsen y Sherwood. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador: informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto*. Quito: Catholic Relief Services (CRS).
- Jacobsen, E., & Sherwood, S. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador: informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto*. Quito: Catholic Relief Services (CRS).
- Jiménez, J. (2013). *Efecto de fertilización orgánica en el rendimiento de tomate riñón (Lycopersicum esculentum Mil) en la parroquia Amaluza- Espindola I. Tesis de grado Ingeniero en Administración y Producción Agropecuaria , Universidad Nacional de Loja*. Loja.
- Luis, D. (15 de 09 de 2017). *IENVA*. Recuperado el 20 de 05 de 2019, de <http://www.ienva.org/web/index.php/es/nutrition-news/956-el-tomate-una-despensa-de-minerales-y-vitaminas>
- Orna, A. (2009). *Evaluación del efecto de la aplicación de micorrizas en la producción de tomate riñón (Solanum Lycopersicum) bajo invernadero*. Riobamba.
- Oviedo, M., & Iglesias, M. (2005). *Utilización de bacterias solubilizadoras de fósforo*. Argentina: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORESTE.
- Pindo, D. (2013). *Determinación del efecto y rentabilidad de tres tipos de abonos orgánicos en el cultivo de tomate de mesa (Solanum Lycopersicum) variedad Elpida bajo condiciones de invernadero en el cantón Chilla provincia de EL Oro . Tesis de Ingeniero en Administración*. Loja.
- Restrepo S., Pineda, E. y Ríos, L. (2017). *Mecanismos de acción de hongos y bacterias empleados como biofertilizantes en suelos agrícolas una revisión sistemática*.
- Salvatore, A. (2012). *Producción de cultivos y costos*. Cali: Grupo Editorial Norma.
- Sinagap. (2013). Recuperado el 11 de Marzo de 2019, de <https://www.agricultura.gob.ec/sinagap/>
- Smart. (2015). *Momento y Frecuencia de la Aplicación de Fertilizantes*. Recuperado el 13 de 05 de 2019, de <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/timing-fertilizer-application>
- Smart. (2017). Recuperado el 09 de 05 de 2019, de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/tomato-fertilizer>
- Tandon, L. & Roy, R. (2004). *Integrated Nutrient Management – A glossary of terms. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*. Obtenido de http://www.fao.org/ag/agl/agll/ipns/index_es.jsp?term=p070
- Turipanda. (2004). Recuperado el 09 de 05 de 2019, de http://www.org.com/?not_found=www.turipanda.org.com

Anexo 2: Certificado del abstract por parte de idiomas



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Dennis Fabricio Pérez Méndez

Fecha de recepción del abstract: 29 de marzo de 2021

Fecha de entrega del informe: 1 de abril de 2021

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:

**EDISON BOANERGES
PENAFIEL ARCOS**

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN

Anexo 3: Costos de producción para invernadero de 2000 m²

COSTO DE PRODUCCION 2000 m²				
CULTIVO: Tomate riño, variedad Sheila Victory		SISTEMA: Protegido semi tecnificado		
PROVINCIA: Carchi		CANTON: Mira, Juan Montalvo - San Miguel		
RESPONSABLE: Pérez Méndez Dennis Fabricio				
CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1.-COSTOS DIRECTOS				
Mano de obra:				
Preparación de suelo	2	Jornal	13	26
Desinfección de suelo	1	Jornal	13	13
Trasplante	4	Jornal	13	52
Deshierbas	9	Jornal	13	117
Deschuponados	9	Jornal	13	117
Tutorado	6	Jornal	13	78
Podas	6	Jornal	13	78
Cosechas	50	Jornal	13	650
				1131
Plántulas:				
Variedad Sheila Victory	5000	Plántulas	0,12	600
Fertilizantes:				
10-30-10	250	Kg	0,49	122,5
8-20-20	250	Kg	0,46	115
Micorrizas	250	Kg	0,8	200
Fosfotíc	1	L	18	18
nitrate de potasio	50	Kg	40	40
nitrate de calcio	50	Kg	42	42
sulfate de magnesio	50	Kg	26	26
sulfate de potasio	50	Kg	44	44
				607,5
Fitosanitarios:				
Fitoraz	1500	G	12,3	36,9
Kasumin	500	mL	9,9	9,9
Previcur	500	mL	22,5	22,5
Radiant	500	mL	10,8	21,6
Tryclan	200	G	24	24
Belt	500	mL	15,8	31,6
Phyton	2	L	24,8	49,6
Lorsban	1	L	14,3	14,3
				210,4
Postcosecha:				
Cajas de cartón	2000	Cartón	1,1	2200
				4748,9

Anexo 4: Implantación del ensayo experimental



Anexo 5: Aplicación del biofertilizante (Fungifert Micorrizas) y formación de camas



Anexo 6: Deschuponado y poda primaria



Anexo 7: Cosechas

