

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**EFICACIA DEL MANEJO INTEGRADO PARA EL CONTROL DE  
MARCHITEZ VASCULAR (*Fusarium oxysporum* F.SP. *Lycopersici*) EN  
TOMATE BAJO CONDICIONES DE CAÑETE- LIMA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**GIANCARLO JHONATAN CAMPOS CASTILLÓN**

**HUACHO-PERÚ**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFICACIA DEL MANEJO INTEGRADO PARA EL CONTROL DE  
MARCHITEZ VASCULAR (*Fusarium oxysporum* F.SP. *Lycopersici*) EN  
TOMATE BAJO CONDICIONES DE CAÑETE- LIMA**

**Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador**

---

**Dr. Luis Olivas, Dionicio Belisario**

**Presidente**

---

**Dr. Palomares Anselmo Edison Goethe**

**Secretario**

---

**Mg. Sc. Manrique Flores, Saúl Robert**

**Vocal**

---

**Dra. Utia Pinedo, María del Rosario**

**Asesora**

**HUACHO-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta tesis de investigación a mi esposa y  
a mi hijo que se sienten orgullosos de mí y al mismo  
tiempo a mi señora madre por su apoyo  
incondicional*

*Campos Castellón, Giancarlo J.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios, a mis padres, a mi esposa y a mis profesores, por su conocimiento y enseñanza que impartieron durante mi formación profesional.*

*Campos Castellón, Giancarlo J.*

	i
<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ix</b>
<b>CAPÍTULO I: Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Formulación del problema	2
1.3.1. Problema General	2
1.3.2. Problemas Específicos	3
1.4. Objetivos de la investigación	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	4
1.6. Delimitaciones del estudio	4
1.7. Viabilidad del estudio	5
<b>CAPÍTULO II: Marco teórico</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes de la investigación	6
2.2 Bases teóricas	8
2.2.1. Origen del tomate	8
2.2.2 Taxonomía	8
2.2.3 Descripción botánica	8
2.2.4 Fenología del cultivo	9
2.2.5 Requerimiento de suelo	10
2.2.6 Requerimiento de clima	10
2.2.7 Aspectos generales de la marchitez vascular ( <i>Fusarium oxysporum f.sp. l.</i> )	11
2.2.8 Síntomas de la marchitez vascular ( <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i> )	12
2.2.9 Ciclo de vida de <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i>	14
2.2.10 Infección de la marchitez vascular ( <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i> )	15

2.2.11 Control de la marchitez vascular ( <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i> )	15
2.2.12 Manejo integrado de plagas de la marchitez vascular	16
2.3 Formulación de hipótesis	21
2.3.1. Hipótesis general	21
2.3.2. Hipótesis específicas	21
<b>CAPÍTULO III: Materiales y Métodos</b>	<b>22</b>
3.1 Diseño metodológico	22
3.1.1 Tipo de investigación	22
3.1.2 Nivel de investigación	22
3.1.3 Diseño de la investigación	22
3.1.4 Enfoque de la investigación	22
3.2 Población y muestra	23
3.3 Operacionalización de variables e indicadores	25
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.4.1 Técnicas a emplear	26
3.4.2 Descripción de los materiales usados en la investigación	29
3.5 Técnicas para el procesamiento de la información	29
<b>CAPÍTULO IV: Resultados</b>	<b>30</b>
4.1 Severidad de los síntomas de <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i>	30
4.2 Incidencia de la enfermedad de marchitez vascular (%)	31
4.3 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular	31
4.4 Eficiencia del control de <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i>	33
4.5 Altura de la planta de tomate	35
4.6 Rendimiento por planta de volante	36
<b>CAPÍTULO V: Discusión</b>	<b>37</b>
5.1 Discusiones	37
<b>CAPÍTULO VI: Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>37</b>
6.1 Conclusiones	42
6.2 Recomendaciones	43
<b>Referencias Bibliográficas</b>	<b>44</b>
ANEXO 1. Matriz de consistencia	47
ANEXO 2. Severidad de los síntomas de <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i>	48
ANEXO 3. Incidencia de la enfermedad de marchitez vascular (%)	48
ANEXO 4. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular	49

ANEXO 5. Eficiencia del control de <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i>	49
ANEXO 6. Altura de planta del tomate	50
ANEXO 7. Rendimiento del tomate (g/planta)	50
ANEXO 8. Imágenes durante la fase de Laboratorio	51

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la eficiencia de control de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* mediante la integración de combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y *Trichoderma harzianum* en tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima. **Metodología:** Se usó el diseño de bloques completamente al azar con seis tratamientos y cuatro bloques. Los tratamientos fueron: Metalaxil + *T. harzianum* (T1), Estiércol vacuno + *T. harzianum* (T2), Solarización + *T. harzianum* (T3), Estiércol vacuno + Metalaxil + *T. harzianum* (T4), Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* (T5) y testigo sin control (T6). Las evaluaciones se hicieron a los 30 días después de la aplicación de los tratamientos y las variables evaluadas fueron: severidad, incidencia, área bajo la curva del progreso de la enfermedad, eficiencia del control, altura de planta y rendimiento del tomate. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. **Resultados:** La aplicación de Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* (T5) fue eficiente en el control de *F. oxysporum* sp. *Lycopersici*, además, presenta menor grado de severidad (0.3), porcentaje de incidencia (5%) y ABCPE (112.5%-día), asimismo, el T4 y T5 presentaron mayor eficiencia de control (82.5 y 93.8%) de la enfermedad de la marchitez vascular. Los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 (81.2, 81.3, 82.7, 85.2cm y 85.5cm). Asimismo, T5 y T4 obtuvieron mayor rendimiento con 1233 y 1193 g planta<sup>-1</sup>. **Conclusión:** Los tratamientos con Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* (T5) y Estiércol vacuno + Metalaxil + *T. harzianum* (T4) obtuvieron con 93.8% y 82.5% con mayor eficiencia de control de *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima.

**Palabras claves:** Estiércol vacuno, marchitez vascular, Metalaxil, solarización, *Trichoderma harzianum*.



## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the control efficiency of *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici by integrating different combinations of cattle manure, soil solarization, Metalaxil and *Trichoderma harzianum* in tomato, under environmental conditions of Cañete-Lima.

**Methods:** A completely randomized block design with six treatments and four blocks was used. The treatments were: Metalaxil + *T. harzianum* (T1), Bovine manure + *T. harzianum* (T2), Solarization + *T. harzianum* (T3), Bovine manure + Metalaxil + *T. harzianum* (T4), Bovine manure + Solarization + Metalaxil + *T. harzianum* (T5) and control without control (T6). The evaluations were made 30 days after the application of the treatments and the variables evaluated were: severity, incidence, area under the curve of disease progress, control efficiency, plant height and tomato yield. For the comparison of means, the Tukey test was used at 5% probability.

**Results:** T5: Beef manure + Solarization + Metalaxil + *T. harzianum* has a lower degree of severity (0.3), incidence percentage (5%) and ABCPE (112.5% -day), also, T4 and T5 showed greater efficiency of control (82.5 and 93.8%) of vascular wilt disease. The treatments T1, T2, T3, T4 and T5 (81.2, 81.3, 82.7, 85.2cm and 85.5cm). Treatment 5 and 4 obtained greater yield with 1233 and 1193 g plant<sup>-1</sup>.

**Conclusion:** The treatments with Manure + Solarization + Metalaxil + *T. harzianum* (T5) and Manure + Metalaxil + *T. harzianum* (T4) obtained with 93.8% and 82.5% with greater control efficiency of *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici, in tomato cultivation cv. Brigade, under environmental conditions of Cañete-Lima.

**Keywords:** Beef manure, vascular wilt, Metalaxil, solarization, *Trichoderma harzianum*.

## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza muy consumida a nivel nacional y mundial, por lo que es un cultivo importante en términos económicos y sociales, debido a su producción y comercialización, sin embargo, presenta un buen número de enfermedades, entre ellas, la marchitez vascular, causada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Este fitopatógeno, es habitante del suelo siendo difícil su control. Debido a que en el suelo puede permanecer por tiempo indefinido, si, en este caso, el productor solo siembra tomate intensivamente. Existen algunos manejos para su control, entre ellos, está las propiedades del suelo, ya que estas propiedades fisicoquímicas y biológicas influye en la incidencia de la enfermedad, sin embargo, no se logra controlar a este fitopatógeno al 100%, por lo que el manejo integrado de la enfermedad, es una buena opción (Vásquez y Castaño, 2017).

La marchitez vascular (*Fusarium oxysporum*) reduce la producción y comercialización de este producto en todos los países. El control de este fitopatógeno es mediante un control químico, es decir, los agricultores realizan un excesivo uso de fungicidas químicos, sin embargo, el uso excesivo de los fungicidas, provoca algunos factores contra la producción, entre ellos está el aumento de los costos de producción, la salud de los agricultores y de los consumidores y el peligro que ocasiona en el medio ambiente. Siendo una de las estrategias alternativas el uso de agentes de biocontrol, sumado a ellos otros tipos de prácticas que permiten un mejor manejo en el control de la marchitez vascular en tomate (Monda, 2002).

El manejo integrado de plagas; es una combinación del control químico, físico, cultural y biológico que permiten reducir las enfermedades provocadas por hongos, que permite el aumento de la productividad del cultivo y son amigables con el medio ambiente (Waiganjo et al., 2006). Es por ellos, que se planteó realizar el estudio de diferentes combinaciones de control (químico, físico, cultural y biológico) como parte del manejo integrado sobre el control de la marchitez vascular en el cultivo de tomate en Cañete-Lima.

# CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 Descripción del Problema

El tomate es un cultivo de suma importancia en términos económicos ya que permite al agricultor obtener mayor rentabilidad cuando se obtienen frutos de buena calidad y un alto rendimiento, sin embargo, el ataque de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* provoca reducción en la productividad del cultivo, debido a que este hongo permanece en el suelo o en los residuos de cosecha como clamidiosporas, infectando así al tomate cuando es instalada nuevamente (Mijatović et al., 2007 citado por AGRONOMIE, 2017). Además, el hongo es un parásito de muchas especies de malezas entre otros hospedadores, donde coloniza las cortezas de las raíces y es muy difícil de controlar (Dishon, 2012).

Los fungicidas químicos se utilizan comúnmente para el control de enfermedades. Sin embargo, la continúa aplicación y las altas dosis provocan daños en la salud del productor de tomate, además, los depósitos son arrojados a las acequias, provocando un daño al medio ambiente.

Asimismo, la alta frecuencia de aplicación trae consigo resistencia al fitopatógeno por estos fungicidas, sumando a ello, que los residuos vegetales o cuando se dejan las malezas por los contornos es decir no se realiza un efectiva limpieza este hongo permanece viables por mucho tiempo, no obstante, los fungicidas son específicos y son más efectivos con los patógeno que atacan la parte aérea de las plantas y son menos efectivos por los hongos que atacan por el suelo, por lo que se ha desarrollado métodos alternativos para el manejo de la marchitez vascular (Recycled Organics Unit, 2006 citado por Dishon, 2012).

## 1.3 Formulación del problema

### 1.3.1 Problema general

¿Cuál es el efecto del control de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* mediante la integración de combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y *Trichoderma harzianum* en el cultivo de tomate cv. Brigade, en Cañete-Lima?

### **1.3.2 Problemas específicos**

¿Cuál de las combinaciones de control reduce la severidad e incidencia y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete?

¿Cuál de las combinaciones de control presenta mayor eficiencia de control sobre *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* en tomate en condiciones de Cañete?

¿Qué efecto tendrá el manejo integrado de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* en el crecimiento y productividad del tomate bajo condiciones ambientales de Cañete?

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de control de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* mediante combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y *Trichoderma harzianum* en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Evaluar la incidencia y severidad, el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular utilizando las combinaciones de control en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete.

Evaluar las diferentes combinaciones de control de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* en tomate bajo condiciones ambientales de Cañete.

Determinar el efecto del control del *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* mediante la integración de diferentes combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo,

Metalaxil y *Trichoderma. harzianum* para mejorar la productividad en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones de Cañete-Lima.

### **1.5 Justificación de la investigación**

El marchitamiento vascular en tomate, se considera una de las enfermedades con mayor importancia en este cultivo, tanto a nivel nacional y mundial, ya sea en campo abierto o bajo condiciones de invernadero (Amini1 y Sidovich, 2010). El fruto de tomate posee componentes dietéticos de alto valor nutricional en la población tanto rural como en la urbana a nivel mundial. Sin embargo, su producción tiene muchas limitaciones, entre ellas el ataque de plagas y enfermedades, siendo el marchitamiento vascular provocado por *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (Sacc.) una de las enfermedades importantes del tomate, el cual provoca en la planta de tomate; marchitamiento, hojas amarillentas, pérdida de peso del fruto y un bajo rendimiento. Por lo que la estrategia con mayor rentabilidad, además que es amigable con el medio ambiente es el manejo integrado de enfermedades, que combina el control físico, químico, cultural y biológico, sin embargo, se debe conocer su eficacia, eficiencia y durabilidad en los campos de cultivo de tomate (Bawa, 2016).

Según Dishon (2012) a lo largo de los años, los agricultores han realizado el uso del control químico para reducir el ataque de *Fusarium*, el cual posee efectos perjudiciales sobre el medio ambiente y en los seres humanos. Por lo tanto, ha encontrado una estrategia que mitiga todo lo mencionado siendo el manejo integrado de enfermedades que combina el uso de enmiendas orgánicas al suelo, fungicidas, solarización y aplicación de biopesticidas que se da por separado o en combinación permite aumentar la eficiencia del control del marchitamiento vascular en tomate.

Es por ello, que se investigó sobre los diferentes controles por separado o en combinación para el manejo integrado del marchitamiento vascular provocado por *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* en tomate cv. Brigade.

### **1.6 Delimitaciones del estudio**

La investigación se realizó en el anexo Almenares, ubicado en el distrito de Nuevo Imperial provincia de Cañete, Departamento de Lima. Geográficamente se encuentra ubicada a una

latitud de 13° 6'51.74"S y a una longitud de 76°19'41.36"O y a una altura de 93 msnm. El estudio transcurrió desde enero hasta abril del 2019.

### **1.7 Viabilidad del estudio**

La presente investigación es de tipo experimental, la cual se realizó en una zona de productores de tomate que sufren de pérdidas en la producción, debido a la presencia del *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, por falta de conocimiento para su control. Estos agricultores estuvieron desde la instalación hasta la cosecha del cultivo de tomate. Los recursos económicos utilizados fueron de los agricultores tomateros. Asimismo, se dispuso de recursos teóricos, obtenidas de investigaciones científicas a nivel nacional e internacional sobre el manejo integrado de la marchitez vascular del tomate cv. Brigade.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

Dishon (2012) mediante su investigación sobre el uso de enmiendas orgánicas y fungicidas, individuales o en combinación para el manejo del marchitamiento por el hongo *Fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici*, demostró que el uso de fungicidas; Milraz, Ridomil y Ortiva registraron una mayor inhibición en el crecimiento de hifas de hongos en medios tratados con Ridomil (diámetro medio  $26.24 \pm 4.14$  mm). Las hifas en los medios incorporados con Ortiva tenían un diámetro mayor ( $37.22 \pm 5.12$  mm) que Milraz ( $32.18 \pm 4.77$ ) pero no significativamente diferentes. Por lo tanto, este hallazgo indicó que, Ridomil inhibió altamente el crecimiento de *Fusarium* en comparación con Milraz y Ortiva. Una comparación en diferentes tasas de Nemem Kernel Cake Powder (NKCP) mostró que se registró una menor incidencia de enfermedad ( $42.5 \pm 19.8\%$ ) y severidad ( $34.3 \pm 15.2\%$ ) en plantas en macetas modificadas con 10 g de NKCP. El diámetro del tallo y la altura de las plantas de las plantas infectadas con marchitamiento por *Fusarium* tratadas con 9 g y 109 de extracto de Neem fueron mayores que el resto del tratamiento. Los hallazgos de este experimento mostraron que, la tasa más efectiva de polvo de torta de Neem fue de 10 g/maceta, las plantas cultivadas en macetas tratadas con "Fungicidas + polvo de torta de Neem + materia orgánica" tuvieron menores incidencias de enfermedad (media 40.5%) que las cultivadas en macetas tratadas con otras combinaciones de fungicidas, polvo de torta de Neem y materia orgánica. A partir de los resultados del estudio, el uso del enfoque integrado fue más efectivo que los métodos únicos en el manejo del marchitamiento por *Fusarium* en tomate. Por lo tanto, se recomienda a los agricultores que usen una combinación de métodos para controlar efectivamente la enfermedad y mejorar el rendimiento del cultivo.

Mwangi et al. (2011) en su estudio sobre la capacidad de un aislado de *Trichoderma harzianum* y hongos micorrízicos arbusculares para mejorar el crecimiento y control de un patógeno del marchitamiento causado por *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*. En plántulas de tomate. Demostraron que las plantas aumentaron significativamente la altura y

el peso seco de la raíz, mejorando todos los parámetros de crecimiento (alturas; peso seco de brote y raíz) investigados en comparación con el control. La severidad de la enfermedad fue generalmente menor en las plantas de tomate cultivadas con el aislado P52 *Trichoderma harzianum* se pueden usar para mejorar el crecimiento de las plántulas de tomate.

Alwathnani y Perveen (2012) quienes investigando sobre el control biológico de *Fusarium oxysporum* f.sp. El lycopersici que causa la enfermedad del marchitamiento del tomate *in vitro* y en condiciones de maceta, usando *Aspergillus niger*, *Penicillium citrinum*, *Penicillium sp.* y *Trichoderma harzianum*, mencionan que estos hongos inhibieron el crecimiento de la colonia radial del patógeno de prueba. La germinación máxima de semillas se observó en semillas tratadas con *T. harzianum* mostraron un 80% de germinación de semillas. En condiciones de maceta, se observaron que la altura de las plantas, el peso fresco y seco de las plantas aumentaron significativamente en todos los tratamientos, excepto en el suelo modificado con *P. autumnale*. El control máximo de la enfermedad del marchitamiento se observó con plantas tratadas con *T. harzianum* (44,4%). Los resultados mostraron que la reducción de la severidad de la enfermedad se asoció con un aumento del crecimiento vegetal, incluida la altura de la planta, así como los pesos frescos y secos de la planta. Por lo tanto, las estrategias dirigidas a la sustitución de pesticidas químicos por agentes biológicos pueden ser una opción razonablemente buena. Los agentes potenciales para la actividad de biocontrol son los hongos y bacterias competentes en rizosfera, que además de su actividad antagonista son capaces de inducir respuestas de crecimiento ya sea controlando patógenos menores o produciendo factores estimulantes del crecimiento.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Origen del tomate**

Nos menciona que el origen del tomate del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina de América, que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Posiblemente desde allí fue llevado a Centroamérica y México. Que ya desde el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos. Que durante el siglo XVI, para entonces ya habían sido traídos por los conquistadores a Europa 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 (Escalona et al., 2009).



### **2.2.2 Taxonomía**

Según el MDRyT (2017) el cultivo de tomate tiene la siguiente taxonomía:

Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Magnoliopsida  
Sub clase: Asteridae  
Orden: Solanales  
Familia: Solanaceae  
Género: Solanum  
Especie: lycopersicum  
Nombre científico: *Solanum lycopersicum* L.  
Nombre común: Tomate

### **2.2.3 Descripción Botánica**

#### **a. Tipo de planta**

El tomate es una planta que puede ser perenne o anual de porte arbustivo; se desarrolla de forma rastrera semi erecta o erecta (MDRyT, 2017).

#### **b. Raíz**

La raíz del tomate alcanza una profundidad de 2 m, esto incluye la raíz pivotante con raíces secundarias. Bajo ciertas condiciones, al dañarse la raíz pivotante la planta resulta un sistema radical fasciculado, donde dominan raíces adventicias y se concentran en los primeros 30 cm del perfil del suelo (MDRyT, 2017).

#### **c. Tallo**

El tallo, angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas, simples y glandulares. Eje con grosor que oscila entre 2-4 cm, en su base se desarrollan las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical (MDRyT, 2017).

#### **d. Hojas**

Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo (MDRyT, 2017).

#### **e. Flores**

La flor consta de 5 o más pétalos de color amarillo. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular, las flores se agrupan en inflorescencias denominadas “racimos”. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (MDRyT, 2017).

### **2.2.4 Fenología del cultivo**

Jaramillo et al. (2006) menciona que el tiempo de duración del tomate está determinada por la variedad y por los factores climáticos de la zona donde se cultiva. Asimismo indica que, la fase de desarrollo vegetativo de la planta, comprende cuatro subetapas: inicia desde la siembra en semillero, la germinación; posteriormente la formación de 3 a 4 hojas verdaderas y finalmente el trasplante a campo, que tiene una duración aproximada de 30 a 35 días. Posteriormente se produce la fase reproductiva que incluye las etapas de floración (inicia a los 25-28 días después del trasplante), de formación del fruto y de llenado de fruto, hasta la madurez para su cosecha, la cual se inicia en el primer racimo entre los 85 a 90 DDT.

### **2.2.5 Requerimiento de suelo**

Los suelos indicados del tomate son: suelos sueltos, aireados y con buen drenaje interno y que tengan capacidad de retener humedad, de texturas francas a franco arcillosas; materia orgánica altos, por encima del 5%, y buen contenido de nutrientes (Jaramillo et al., 2006).

Los suelos aptos para cultivar tomate son los de media a alta fertilidad, profundos y bien drenados, franco-arenosos. El pH del suelo tiene que estar en rango de 5.9-6.5, para tener el mejor aprovechamiento de los fertilizantes (Chemonics International Inc, 2008).

### **2.2.6 Requerimiento de clima**

El tomate es un cultivo adaptable, crece con temperaturas óptimas de 15°C a 25°C. Las temperaturas muy bajas retrasan la formación de color y maduración, con temperaturas superiores a 30°C inhiben la formación de frutos, desarrollo de licopeno y el sabor (Bawa, 2016). La humedad relativa esta 60% y 80%. Si es muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades fungosas y dificultan la fecundación debido a que el polen se compacta abortando parte de las flores. El agrietamiento de fruto se produce cuando hay estrés hídrico y exceso de humedad, La luminosidad es importante para el crecimiento vegetativo, requiere al menos 6 horas diarias de luz directa para florecer. La intensidad de radiación, muy alta puede producir golpes de sol, partiduras, coloración irregular, entre otros (INIA, 2017).

### **2.2.7 Aspectos generales de la marchitez vascular (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*)**

El hongo *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* es un patógeno de plantas transmitido por el suelo, de la clase Sordariomycetes, causa el marchitamiento de las plantas es específico del tomate. Es de importancia mundial al menos 32 países informaron sobre la enfermedad, que es particularmente grave en países con clima cálido (Wong, 2003).

#### **2.2.7.1 Taxonomía de marchitez vascular (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*)**

El *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* según Lal et al. (2017) tiene la siguiente taxonomía:

Reino: Fungi

Phyllum: Ascomycota

Subphyllum: Pezizomycota

Clase: Sordariomycetes

Subclase Hypocromycetidae

Orden: Hypocreales

Familia: Nectriaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *oxysporum*

Nombre científico: *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*

#### **2.2.7.2 Morfología de marchitez vascular (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*)**

Wong (2003) menciona que el micelio del hongo *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (Sacc.), presenta un color blanco y se torna a un color rosa, y púrpura, y además, el micelio es escaso o bien puede ser abundante. Asimismo, el *Fusarium* llega a producir tres tipos de esporas: microconidia, macroconidia y clamidiosporas. Con respecto a la microcodinia, esta se origina de fialidos simples, son abundantes, su forma es elipsoidales oval, rectos a curvos, mide entre 5-12 x 2.2-3.5 mm.

En cuanto a la macroconidia, estas son escasas o también pueden ser abundantes, se forman de conidióforos ramificados y presentan paredes delgadas, tienen entre 3 a 5 septados, su forma es subuso fusoide y puntiagudos en ambos extremos, y presentan una base pediátrica. Los tres septados tienen una medida de 27- 46 x 3-5 m y son más comunes, en cambio los conidios de cinco septados miden de 35-60 x 3-5 m. Por otro lado las clamidiosporas, presentan una pared entre una forma lisa y rugosa, mayrmentes son solitarios formándose en pares o en forma de cadena (Wong, 2003).

#### **2.2.8 Síntomas de la marchitez vascular (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*)**

Wong (2003) señala que los síntomas de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, en las plantas de tomate, se observa un color amarillo en las hojas y al prolongarse la enfermedad llega a una caída de hojas. Este síntoma, aparece en el brote o es un lado de la planta. Una vez que la plantan se enferman se tornan de un color amarillo, se marchitan y por último muere, e incluso antes de que la planta llegue su madurez.

Asimismo, el avance de la enfermedad, llega a atrofiar la planta y con escasas de fruta. Al respecto el investigador menciona que al cortar el tallo principal, se observan líneas de color marrón oscuro que se extienden a lo largo del tallo. La clorosis se llega a extender a lo largo

del tallo y se observa claramente una cicatriz en el pecíolo. Asimismo, el pardeamiento que se observa en el sistema vascular es característico de esta enfermedad y permite que se pueda utilizar para su identificación de aquel agente causal (Wong, 2003).

Según INIA (2017) señala que el síntoma más común de esta enfermedad en el tomate, se observa que después de la floración, una marchitez inicial y un amarillamiento en las hojas. A medida que la planta llega a su madurez, presenta marchitez en diferentes áreas de la planta (Figura 1). Esta enfermedad presenta clorosis en casi todo el follaje tornando de color amarillo y seguido de la marchitez. Se observan también en las hojas una coloración marrón-rojo en la base de la planta, debido al daño en el tejido vascular del tallo que se ve observa al hacer un corte longitudinal (Figura 1).



Figura 1. *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici* Fuente: INIA (2016).



*Figura 2. Síntomas Marchitez generalizada producida por Fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici. Fuente: INIA (2017).*

### **2.2.9 Ciclo de vida de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici***

Wong (2003) señala que la enfermedad ocasionado por Fusarium, se presenta mayormente en climas cálidos y en suelos arenosos y ácidos. El patógeno puede durar muchos años hasta por 10 años en los suelos infectados, las condiciones óptimas para que la enfermedad se desarrolle esta requiere de una temperatura en el suelo de alrededor de 28°C, además, las condiciones del suelo deben ser cálidas o frías con temperatura de 17 a 20°C. Asimismo, las condiciones del suelo para el desarrollo de Fusarium debe tener lo siguiente, ala humedad del suelo, el pH del suelo debe ser bajo, días cortos y baja intensidad de luz.

INIA (2017) sostiene que las condiciones del hongo para su desarrollo, de sebe a la capacidad de crecer en diferentes medios, donde se produce un micelio blanco. En el envés de la hoja se nota un color rosado, púrpura, rojo o anaranjada. Además, produce varios tipos de esporas asexuales “macroconidias, microconidias y clamidiosporas”. Los investigadores han identificado que el Fusarium es un habitante común del suelo, que puede sobrevivir casi indefinidamente a la forma de clamidiosporas. También se encuentra como micelio en el suelo y en restos de plantas hospederas colonizando las raíces.

### **2.2.10 Infección de la marchitez vascular (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*)**

El *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* es un patógeno que se transmite por el suelo y llega a resistir varios años en el suelo sin huésped alguno. Teniendo en cuenta que la infección se lleva a cabo en campos con residuos de cosechas de campañas anteriores que suelen estar infectados por este patógeno y al trasplantar plantas sanas de tomate llegan a infectarse (AGRONOMIE, 2017).

### **2.2.11 Control de la marchitez vascular (*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*)**

La medida de control del Fusarium, es principalmente mediante el uso de cultivares resistentes. El control de la forma especial *lycopersici* usando plantas de tomate con resistencia tanto poligénica como monogénica. Asimismo, la pasteurización del suelo infestado con fumigantes, eleva el pH del suelo a 6.5 y 7.0, y el nitrógeno como nitrato en lugar de nitrógeno amoniacal, ya que esto ayuda a reducir la incidencia de plantas marchitas y aumenta considerablemente los rendimientos comercializables y totales (Wong, 2003).

### **2.2.12 Manejo integrado de la marchitez vascular**

Se puede decir que en un manejo integrado de plagas se puede aplicar diferentes tipos de controles, tales como el químico, físico, cultural y biológico, aplicando estos tipos de control podremos reducir las enfermedades y así lograr una buena productividad agrícola. Según Recycled Organics Unit, 2006 citado por Dishon, (2012) menciona que las prácticas que pueden ayudar a producir tomate sanos fuera de químicos éstas deberían de incluirse la rotación de cultivos, adiciones de materia orgánica o el uso de implementos de labranza. Además, se han confirmado por diferentes investigaciones sobre la supresión de plagas y enfermedades mediante la aplicación de productos de compost en todo el mundo, demostrando que el compost proporciona un control biológico natural de las enfermedades transmitidas por el suelo como es el caso del Fusarium.

Dishon (2012) señala que las incidencias del marchitamiento por Fusarium son comunes en la mayoría de las variedades, por lo que la mayoría de los agricultores utilizan diversos métodos para controlar dicha enfermedad. Entre los principales controles es el control químico el cual es preferido por la mayoría de los agricultores, ya que estos químicos están fácilmente disponibles en las tiendas locales. Su investigación reveló que los aislamientos de Fusarium de diferentes regiones, presentaban diferentes capacidades de infección en los tres cultivares de tomate evaluados, siendo Cal J más susceptible que Onyx y Rio Grande para los cinco aislamientos analizados. Asimismo, las pruebas de invernadero en el manejo de Fusarium establecieron que el manejo integrado de la enfermedad usando fungicidas, materia orgánica y polvo de torta de neem fueron las más efectivas que los métodos individuales contra el marchitamiento por Fusarium.

#### **2.2.12.1 Control cultural**

Podemos indicar que para el control cultural implica prácticas y técnicas agrícolas que ayudarán a reducir la influencia de plagas y enfermedades y a aumentar la calidad y cantidad del rendimiento. Según Ajilogba y Babalola (2013) demostraron que la implementación de los métodos culturales para el control de Fusarium, suelen ser efectivas porque una mejor estructura del suelo permite reducir la incidencia del patógeno del suelo por tanto, este control se tomar en cuenta para el control de la enfermedad.

#### **a. Control sanitario**

Según Ajilogba y Babalola (2013) indican que el tomate, una vez cosechado se debe eliminar e incluso quemarlas, así como también las malezas. Por tanto, se debe reducir lo mínimo los residuos en campo. Asimismo, las herramientas que se utilizan en el campo deben estar desinfectadas. Por último, la ropa y el calzado se deben desinfectar mientras se labora en el campo lo que ayuda a prevenir la desimanación del patógeno de una parcela infectada a una parcela limpia.

#### **b. El Barbecho**

Ajilogba y Babalola (2013) mencionan con respecto al período de barbecho, da referencia al tiempo en descanso de la parcela. Este descanso permite reducir los agentes causales del suelo. Por otro lado, la exposición del suelo a altas temperaturas y el secado excesivo y la labranza por arado, logra destruir los organismos expuestos a enfermedades transmitidas por el suelo, como los nematodos el cual es transmisor de esta enfermedad.

#### **c. Escogiendo los mejores tiempos de siembra y cosecha**

Cuando no se presente las mejores condiciones para la enfermedad, entonces los cultivos se pueden plantar y cosechar, logrando el rendimiento total. Ajilogba y Babalola (2013) mencionan que el fin de lograr el rendimiento, se debe seleccionar semilla de alta calidad y certificadas ya que su certificación incluye un producto fuera de enfermedad. Además, se debe seleccionar una estación donde las condiciones para el desarrollo de Fusarium deben ser mínimas y permita ser controlado.

#### **d. Espaciamento de las plantas**



Ajilogba y Babalola (2013) señala que las plantas de tomate deben estar espaciadas, ya que el mayor distanciamiento permite una mayor circulación del aire y así reducir los microclimas en la parcela y dar condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad, de esta manera se debe incluir en el manejo.

#### **2.2.12.2 Control físico**

##### **a. Solarización de suelos**

Señala que dentro del control físico esta la solarización del suelo y la desinfección del suelo. Ajilogba y Babalola (2013) menciona que se hace extendiendo una lámina de plástico transparente sobre el suelo durante varias semanas. Esto ayuda a atrapar la energía solar que, a su vez, inhibe las enfermedades transmitidas por el suelo, los nematodos, los insectos y muchas semillas de malezas. Esto suele hacerse durante el verano cuando la temperatura del aire es alta y hay una radiación intensa.

#### **2.2.12.3 Control químico**

Ajilogba y Babalola (2013) indica que el control químico, se basa en el uso de productos químicos agrícolas para el control de enfermedades en las plantas (hongos, virus, bacterias y nematicidas). Algunos de estos químicos incluyen prochloraz, propiconazol, tiabendazol, carbendazim, benomil, tiofante, fuberidazol y todos los bencimidazoles. En 2007, informaron que el benomilo era parcialmente eficaz contra *Fusarium oxysporum f.sp pubense* utilizando el método de tratamiento de inmersión de la raíz.

#### **2.2.12.4 Control Biológico**

Ajilogba y Babalola (2013) indican que el control biológico se basa en el uso de agentes vivos que actúan como antagonistas de los patógenos, este antagonismo incluye dos formas el directo que consta del parasitismo y la depredación, mientras que el indirecto puede incluir la competencia. Asimismo, la acción del antagonista permite que el organismo produce metabolitos secundarios con efecto de antibiosis y de lisis.

#### **a. Parasitismo**

Ajilogba y Babalola (2013) mencionan que el parasitismo microbiano del antagonista implica que el patógeno es eliminado, mediante el micoparasitismo, donde el agente biológico elimina al patógeno huésped mediante la secreción de enzimas degradadoras de la pared celular del patógeno. Formándose aberturas en las hifas del huésped, causando la muerte al absorber sus nutrientes.

#### **b. Competencia**

Según Ajilogba y Babalola (2013) existe competencia entre los agentes biológicos por los nutrientes en la rizosfera. Una cantidad limitada de hierro en la rizosfera, conduce a la producción de sideróforos de los organismos para secuestrar el hierro del medio ambiente. El hierro se pone a disposición del organismo que produce los sideróforos priva al otro organismo. Conduce a la supresión de la enfermedad de varios patógenos fúngicos.

#### **c. Antibiosis**

La antibiosis es un mecanismo de acción del agente biológico, en donde estos agentes secretan toxinas o metabolitos secundario que inhiben el crecimiento del patógeno e incluso llega matar, mientras que el organismo antagonista no se ve afectado (Pal y Gardener, 2006). Algunos antagonistas producen solo un metabolito específico, mientras que otros agentes biológicos producen múltiples metabolitos secundarios, por lo que pueden ser más efectivos contra un mayor número de patógenos.

#### **d. Solubilización de fosfato**

La solubilización de fosfato en el suelo o en la rizosfera, implica el proceso de liberación de fósforo soluble del fosfato de calcio insoluble [Ca (PO<sub>4</sub>)]. Este proceso es realizado a través de las enzimas producidas por los agentes biológicos. Por tanto, la aplicación de estos agente permiten solubilizar el fosforo y llega a que la planta aumente su crecimiento y además, protege a las plantas de la infección por patógenos (Ajilogba y Babalola, 2013).

## 2.3 Formulación de hipótesis

### 2.3.1 Hipótesis general

Ho: No existe diferencias en las combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y *T. harzianum* en la eficiencia de control de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* en tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima.

Ha: Existe diferencias en las combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y *T. harzianum* en la eficiencia de control de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* en tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima.

### 2.4.2 Hipótesis específica

Ho: No existe las combinaciones de control que reduzca la incidencia, severidad y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular en el cultivo de tomate bajo condiciones ambientales de Cañete.

Ha: Existe al menos una combinación de control que reduzca la incidencia, severidad y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular en el cultivo de tomate bajo condiciones ambientales de Cañete.

Ho: No existe combinaciones de control que presente mayor eficiencia de control sobre *F. oxysporum f.sp. lycopersici* en el cultivo de tomate cv. Brigade en Cañete.

Ha: Existe combinaciones de control que presente mayor eficiencia de control sobre *F. oxysporum f.sp. lycopersici* en el cultivo de tomate cv. Brigade bajo condiciones ambientales de Cañete.

Ho: No existe efecto en las combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y *T. harzianum* para mejorar la productividad de tomate cv. Brigade, en Cañete-Lima.

Ha: Existe efecto en las combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y *T. harzianum* para una mejor productividad de tomate cv. Brigade, en Cañete-Lima.

## **CAPÍTULO III.METODOLOGÍA**

### **3.1 Diseño Metodológico**

#### **3.1.1 Ubicación**

La investigación se realizó en el anexo Almenares, ubicado en el distrito de Nuevo Imperial provincia de Cañete, Departamento de Lima. Geográficamente se encuentra ubicada a una latitud de 13° 6'51.74"S y a una longitud de 76°19'41.36"O y a una altura de 93 msnm.

#### **3.1.2 Materiales e insumos**

Materiales de campo e insumos usados en la investigación:

- Cal
- Wincha de 50m
- Letreros de madera
- Cuaderno de campo
- Semillas de tomate cv. Brigade
- Bandejas almacigueras
- Insecticidas químicos
- Urea
- Fosfato di amónico
- Cloruro de potasio
- Nitrato de calcio
- Estiércol vacuno
- Plástico negro
- Tricho-D
- Metalaxil
- Tijera
- Lampa
- Fumigadora
- Calculadora.
- USB.

### 3.1.3 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el diseño de bloques completamente al azar, con 6 tratamientos y 4 bloques. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidades.

Tabla 1

*Esquema del análisis de varianza*

Fuente de variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F.
Bloques	3	SCbloque	SCbloque/3	CMblo/CME
Tratamientos	5	SCtratam	SCtratam/5	CMtrata/CME
Error	15	SC error	SC error/15	CMerror/CME
Total	23	SC total	SC total/23	CMtotal/CME

Coefficiente de Variación (C.V.%)

### 3.1.4 Tratamientos

Tabla 3

*Tratamientos a estudiar*

N°	Manejo Integrado	Dosis
T1	Metalaxil + <i>Trichoderma harzianum</i> .	0.25kg/ha de Ridomil + 0.2 kg/ha de Tricho-D
T2	Estiércol vacuno + <i>Trichoderma harzianum</i> .	20ton/ha de estiércol vacuno + 0.2 kg/ha de Tricho-D
T3	Solarización del suelo + <i>Trichoderma harzianum</i> .	Solarización del suelo + 0.2 kg/ha de Tricho-D
T4	Estiércol vacuno + Metalaxil + <i>Trichoderma harzianum</i> .	20ton/ha de estiércol vacuno + 0.25kg/ha de Ridomil + 0.2 kg/ha de Tricho-D
T5	Estiércol vacuno + Solarización del suelo + Metalaxil + <i>Trichoderma harzianum</i> .	20ton/ha de estiércol vacuno + Solarización del suelo + 0.25kg/ha de Ridomil + 0.2 kg/ha de Tricho-D
T6	Testigo sin control	Solo agua

### 3.1.5 Características del área experimental

#### Área del experimento

#### Características del campo experimental

- **Área experimental:** 442 m<sup>2</sup>
- **Ancho campo experimental:** 26 m
- **Longitud campo experimental:** 17 m
- **Nº de bloques:** 4

#### Características de la unidad experimental

- **Ancho Unidad Experimental:** 4 m
- **Longitud Unidad Experimental:** 3 m
- **Área Unidad Experimental:** 12 m<sup>2</sup>
- **Distancia entre surcos:** 1 m
- **Distancia entre planta:** 0.3 m

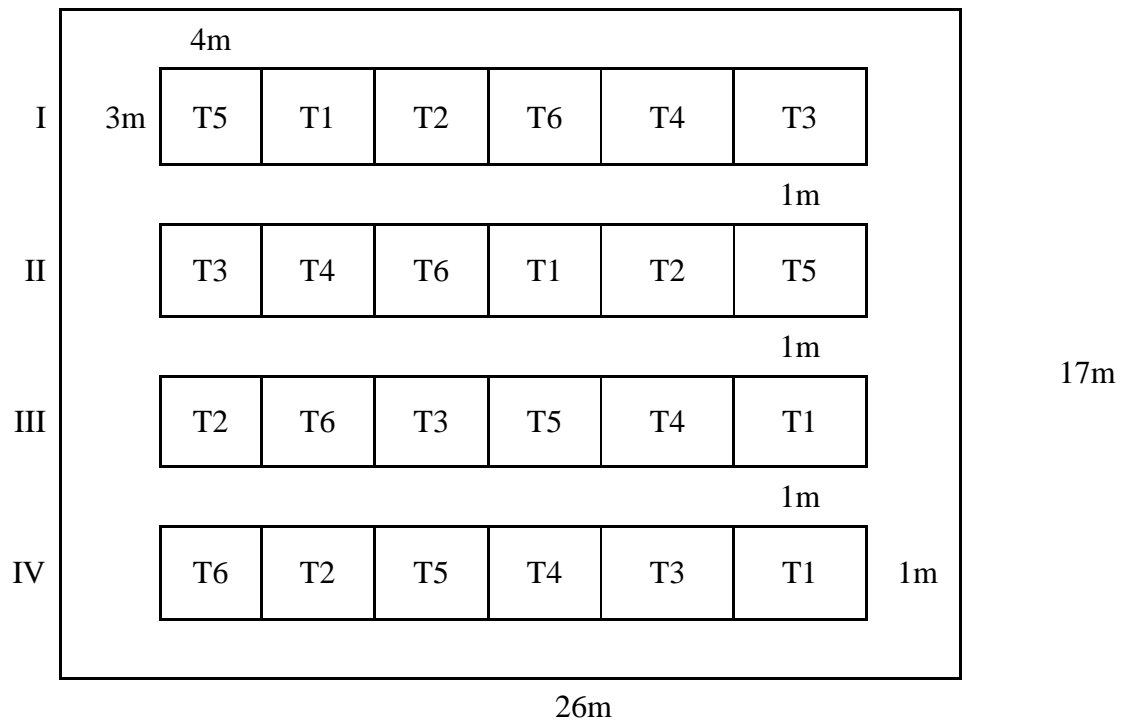


Figura 3. Distribución de los tratamientos en el campo experimental

### 3.1.6 Variables a evaluar

Evaluación del desarrollo de la enfermedad *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*

#### **Grado de severidad del *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici***

La severidad de la enfermedad de la marchitez vascular se realizó utilizando la escala 0 a 4 mencionado por Weitang *et al.* (2004) citado por Lal *et al.* (2017), donde el grado 0 representa ninguna infección y el grado 4 representa una planta completamente infectada. El grado 2 representa una infección moderada y el grado 3 que representan una infección extensa. A continuación, se muestra la descripción de los grados de infección:

0: No hay infección.

1: Infección leve, donde el 25% de las hojas se marchitan y una o dos hojas se vuelven amarillas (Lal *et al.*, 2017).

2: Infección moderada, dos o tres hojas se volvieron amarillas, el 50% de las hojas se marchitaron (Lal *et al.*, 2017).

3: Infección extensa, todas las hojas de las plantas se volvieron amarillas, el 75% de las hojas se marchitaron y el crecimiento se inhibió (Lal *et al.*, 2017).

4: Infección completa, las hojas de la planta se vuelven amarillas, el 100% de las hojas se marchitan y las plantas mueren (Lal *et al.*, 2017).

#### **Porcentaje de incidencia del *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici***

El porcentaje de incidencia de la enfermedad se determinó usando la fórmula proporcionadas por Lal *et al.* (2017).

$$\% \text{ Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas infectadas}}{\text{Número total de plantas}} \times 100$$

#### **Obtención del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)**

Con los datos del porcentaje de incidencia se procede a obtener el ABCPE, esta evaluación describe el avance de la enfermedad y la incidencia en un solo valor (Campbell y Madden, 1990 citado por Chang, 2018).

## **Eficiencia de control del manejo integrado sobre *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici***

Para determinar este parámetro se usa la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{Ta - To}{Ta} 100$$

Dónde:

EC = Eficiencia control

Ta = Testigo sin aplicación

To = Tratamiento aplicado

## **Características agronómicas evaluadas**

### **Altura de planta**

En cada unidad experimental se midió las plantas de tomate desde la base del tallo hasta el brote apical de la planta de tomate, usando una regla graduada de 2m.

### **Rendimiento**

Las frutas comestibles se cosecharon dos veces por semana de cada planta por tratamiento, luego se realizó el pesado del total de frutos cosechados por planta con una balanza analítica.

### **3.1.7 Conducción del experimento**

#### **Aislamiento del *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici***

Aislamiento del hongo se realizó mediante la metodología de Wong (2003) el cual inicia con el corte basal del tallo de plantas enfermas con los síntomas de *F. oxysporum f.sp. lycopersici*, este corte se realizó a lo largo del tallo. Asimismo, se recorta todas las hojas y las raíces dejando solo el tallo principal. Luego se realizó la limpieza del tallo sumergiéndola en solución de lejía al 10% durante 5 minutos, y con una pinza se realizó cortes delgados (de 4 mm de grosor) teniendo trozos cortados. Lo siguiente fue colocar 5 trozos en las placas de agar papa dextrosa (PDA) para dejar reproducir las esporas y colocarlo en la plantas de tomate (Véase en el anexo 8).



## **Fase de campo**

La instalación del tomate y los tratamientos se realizaron en el predio El Valle ubicado en el anexo Almenares, en el distrito de Nuevo Imperial provincia de Cañete, Departamento de Lima. Luego se procedió de acuerdo a la metodología de Lal et al. (2017), como se muestra a continuación.

### **Inoculación e instalación de los tratamientos experimentales**

El primer paso fue realizar el bloqueo de las parcelas experimentales, instalando 24 unidades experimentales, luego se realizó el almacigo del tomate cv. Brigdane, pasado 30 días se obtuvo plántulas de tomate en las bandejas almacigueras, se realizó después el trasplante, no obstante, el control físico se realizó primero es decir se instaló la solarización usando plástico negro cubriendo los surcos en los tratamientos donde se usa la solarización.

A los 25 días después del trasplante, los tratamientos se inocularon con suspensión de esporas de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* a una concentración de conidios de aproximadamente  $10^6$  conidios/ml. Las suspensiones de esporas homogeneizadas se inocularon en la base de la planta a 1 ml/planta. Luego se realizó la aplicación de los tratamientos y la instalación del testigo sin control el cual solo se inocularon con la suspensión de esporas del *Fusarium* sirviendo como control (Lal et al., 2017).

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1 Población**

El experimento se realizó en un área experimental de 442 m<sup>2</sup> ubicado en el distrito de San Vicente, provincia de Cañete y departamento de Lima.

### **3.2.2 Muestra**

La muestra fue de 10 plantas de tomate cv. Brigade de los surcos centrales de cada unidad experimental de 12 m<sup>2</sup> de los 6 tratamientos y 4 repeticiones.

### **3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El registro de la información de evaluaciones biométricas en campo, se realizó con una cartilla, donde se registraron todas las medidas de las variables dependientes.

### **3.4 Técnicas para el procedimiento de la investigación**

Las variables evaluadas fueron procesadas y analizadas usando el software estadístico SAS versión 9.3 y el software Microsoft Excel.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Severidad de los síntomas de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*

En la tabla 4, se muestra los resultados del análisis de varianza con respecto al grado de severidad de los síntomas de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, donde se observa que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0,01$ ), mientras que para bloques no hubo diferencia significativa. El coeficiente de variabilidad fue de 28,4% valor que indica que los datos son confiables.

Tabla 4

*Análisis de varianza para la severidad de los síntomas de Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*

Fuente de Variación	G.L	S.C.	C.M.	F-Cal	P-Valor
Bloque	3	0,50	0,17	0,71ns	0,5586
Tratamiento	5	22,50	4,50	19,29**	<,0001
Error	15	3,50	0,23		
Total	23	26,50			
C.V. (%)		28,64			

ns = No significativo, , \*\* = Altamente significativo

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidades, muestran que el tratamiento T6 (Testigo sin control) tiene mayor grado de severidad de los síntomas de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, con 3,3 de severidad, estadísticamente superior a los demás tratamientos, seguido de los tratamientos T1, T2, T3 y T4 con grado de 1.5, 1.0, 0.8 y 0.8 de severidad respectivamente y el tratamiento que presentó la más severidad fue el T5 (Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum*) con una media de 0,3 de severidad (Véase en la Tabla 5).

Tabla 5

*Comparación de medias para el grado de severidad de los síntomas de Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*

Tratamientos	Medias (Grado)
T6: Testigo sin control	3,3 A
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	1,5 B
T2: Estiércol vacuno + <i>T. harzianum</i>	1,0 B C
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	0,8 B C
T4: Estiércol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	0,8 B C
T5: Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	0,3 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ )

#### 4.2 Incidencia de la enfermedad de marchitez vascular (%)

En la tabla 6, se muestra los resultados del análisis de varianza con respecto al porcentaje de incidencia de marchitez vascular, donde se observa que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0,01$ ). El coeficiente de variabilidad fue de 17,5% valor que indica que los datos son confiables.

Tabla 6

*Análisis de varianza para la incidencia de la enfermedad de marchitez vascular (%)*

Fuente de Variación	G.L	S.C.	C.M.	F-Cal	P-Valor
Bloque	3	66,67	22,22	0,63 ns	0,6098
Tratamientos	5	10733,33	2146,67	60,38**	<,0001
Error	15	533,33	35,56		
Total	23	11333,33			
C.V. (%)		17,5			

ns = No significativo \*\* = Altamente significativo

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidades, muestran que el tratamiento T6 (Testigo sin control) tiene mayor porcentaje de incidencia de la enfermedad de marchitez vascular con 67.5% estadísticamente superior a los demás tratamientos, seguido de los tratamientos T2, T3, T1 y T4 con medias de 20,1, 17,5, 12,5 y 7,5% de incidencia de la enfermedad respectivamente y el tratamiento que presento la media más baja de incidencia fue el T5 (Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum*) con una media de 5% de incidencia (Véase en la Tabla 7).

Tabla 7

*Comparación de medias para la incidencia de la enfermedad de marchitez vascular (%)*

Tratamientos	Medias ( %)
T6: Testigo sin control	67,5 A
T2: Estiércol vacuno + <i>T. harzianum</i>	20,1 B
T3: Solarizacion + <i>T. harzianum</i>	17,5 B C
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	12,5 B C
T4: Estiércol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	7,5 B C
T5: Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	5,0 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ )

### **4.3 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular**

En la tabla 8, se muestra los resultados del análisis de varianza con respecto al área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular, donde se observa que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0,01$ ). El coeficiente de variabilidad fue de 7.54% valor que indica que los datos son confiables.

Tabla 8

*Análisis de varianza para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular*

Fuente de Variación	G.L	S.C.	C.M.	F-Cal	P-Valor
Bloque	3	5833.,33	1944,44	1,89 ns	0,1743
Tratamiento	5	1733750	346750	337,38 **	<,0001
Error	15	15416,67	1027,78		
Total	23	1755000			
C.V. (%)		7,54			

ns = No significativo, \*\* = Altamente significativo

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidades, muestran que el tratamiento T6 (Testigo sin control) tiene mayor área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular más alta con 925%-días fue superior a los demás tratamientos, seguido por el tratamiento T2 (Estiércol vacuno + *T. harzianum*) con 525,5%-día, seguido por los tratamientos; T3 con 425,3%-día y T1 con 412,7%-día respectivamente y por último los tratamientos que presentaron la media más baja de ABCPE fue para el T4 (Estiércol vacuno + Metalaxil + *T. harzianum*) y T5 (Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum*) con medias de 150,2 y 112,5%-día, considerados como los tratamientos que mejor responden al manejo integrado (Véase en la Tabla 9).

Tabla 9

*Comparación de medias para el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular*

Tratamientos	Medias (%-día)
T6: Testigo sin control	925,0 A
T2: Estiércol vacuno + <i>T. harzianum</i>	525,5 B
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	425,3 C
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	412,7 C
T4: Estiércol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	150,2 D
T5: Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	112,5 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<0.05).

#### 4.4 Eficiencia del control de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*

En la tabla 10, se muestra los resultados del análisis de varianza con respecto a la eficiencia del control de marchitez vascular, donde se observa que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0,01$ ), el coeficiente de variabilidad fue de 20,63% valor que indica que los datos son confiables.

Tabla 10

*Análisis de varianza para la eficiencia del control de Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici en tomate*

Fuente de Variación	G.L	S.C.	C.M.	F-Cal	P-Valor
Bloque	3	520,83	173,61	1,12 ns	0,0735
Tratamientos	5	21095,83	4219,17	27,17**	<,0001
Error	15	2329,17	155,28		
Total	23	23945,83			
C.V. (%)		20,63			

ns = No significativo, \*\* = Altamente significativo

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidades, muestran que el tratamiento T5 (Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum*) junto al T4 (Estiércol vacuno + Metalaxil + *T. harzianum*) tienen el mayor porcentaje de eficiencia del control de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* con 93,8 y 82,5% de eficiencia respectivamente y estadísticamente superior a los demás tratamientos, seguido de los tratamientos T1 (Metalaxil + *T. harzianum*) y T3 (Solarización + *T. harzianum*) con un porcentaje de eficiencia de 63,8% y 63,1% respectivamente y el T2 (Estiércol vacuno + *T. harzianum*) con 58,7% quien presentó la medida más baja de eficiencia de control, siendo el último tratamiento el testigo sin control quien presentó el menor control de 0% (Véase en la Tabla 11).

Tabla 11

*Comparación de medias para el porcentaje de eficiencia del control de Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*

Tratamientos	Medias (%)
T5: Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	93,8 A
T4: Estiércol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	82,5 AB
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	63,8 B
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	63,1 B
T2: Estiércol vacuno + <i>T. harzianum</i>	58,7 B
T6: Testigo sin control	0 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### 4.5 Altura de la planta de tomate

En la tabla 12, se muestra los resultados del análisis de varianza con respecto a la altura de la planta de tomate, donde se observa que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0,01$ ). El coeficiente de variabilidad fue de 4,06% valor que indica que los datos son confiables.

Tabla 12

*Análisis de varianza para altura de tomate*

Fuente de Variación	G.L	S.C.	C.M.	F-Cal	P-Valor
Bloque	3	45,67	15,22	1,56 ns	0,2403
Tratamientos	5	4853,33	970,67	99,5**	<,0001
Error	15	146,33	9,76		
Total	23	5045,33			
C.V. (%)		4,06			

ns = No significativo, \*\* = Altamente significativo



Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidades, muestran que el tratamiento T5 (Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum*) tiene mayor altura de la planta de tomate con 85,5 cm estadísticamente similar con los demás tratamientos (T4, T1, T3 y T2 con 85,2cm, 82,7cm, 81,3cm y 81,2cm) excepto el testigo sin control quien reportó el tamaño más bajo por planta con 45,3 cm (Véase en la Tabla 13).

Tabla 13

*Comparación de medias para la altura de tomate*

Tratamientos	Medias (cm)
T5: Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	85,5 A
T4: Estiércol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	85,2 A
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	82,7 A
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	81,3 A
T2: Estiércol vacuno + <i>T. harzianum</i>	81,2 A
T6: Testigo sin control	45,3 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

#### 4.6 Rendimiento por planta de tomate

En la tabla 14, se muestra los resultados del análisis de varianza con respecto al rendimiento por planta de tomate, donde se observa que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $P < 0,01$ ). El coeficiente de variabilidad fue de 6,45% valor que indica que los datos son confiables.

Tabla 14

*Análisis de varianza para el rendimiento de tomate por planta*

Fuente de Variación	G.L	S.C.	C.M.	F-Cal	P-Valor
Bloque	3	9349,5	3116,5	0,83 ns	0,4973
Tratamiento	5	1363648,5	272729,7	72,74 **	<,0001
Error	15	56242,5	3749,5		
Total	23	1429240,5			
C.V. (%)		6,45			

ns = No significativo, \*\* = Altamente significativo

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidades, muestran que el tratamiento T5 (Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum*) junto al T4 (Estiércol vacuno + Metalaxil + *T. harzianum*) tienen el mayor rendimiento por planta de tomate con 1233 g y 1193 g planta, respectivamente y son estadísticamente superiores a los demás tratamientos, seguido de los tratamientos T3 (Solarización + *T. harzianum*) y T1 (Metalaxil + *T. harzianum*) con un rendimiento de 1018 y 950 g planta respectivamente. El T2 (Estiércol vacuno + *T. harzianum*) continua con un rendimiento de 740 g planta y por último el testigo sin control presento la medida más baja de rendimiento con 559 g planta (Vea la Tabla 15).

Tabla 15

*Comparación de medias para el rendimiento de tomate por planta*

Tratamientos	Medias (g planta)
T5: Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	1233 A
T4: Estiércol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	1193 A
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	1018 B
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	950 B
T2: Estiércol vacuno + <i>T. harzianum</i>	740 C
T6: Testigo sin control	559 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

## CAPÍTULO V. DISCUSIONES

Los resultados de la presente investigación señalan que los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 obtuvieron menor grado de severidad y menos porcentaje de incidencia, quiere decir que las combinaciones del manejo integrado permitieron reducir el crecimiento y desarrollo del Fusarium, debido al efecto supresor que tienen los productos biológicos que inhiben el crecimiento del micelio del hongo fusarium, además efecto del estiércol vacuno debido a su contenido celulósico y al nivel de energía disponible que permite el crecimiento de microbios supresores, además, apoya en el crecimiento de agentes de biocontrol como *Trichoderma harzianum* tal como lo explica Srivastava et al. (2010) lo que logra una baja incidencia y severidad del Fusarium.

Con respecto al área bajo la curva del progreso de la enfermedad el tratamiento T4 y T5 presentaron las medias más bajas, es decir el tratamiento con Estiércol vacuno + Metalaxil + *T. harzianum* (T4) y Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* (T5) presentaron los valores más bajos de severidad e incidencia y por consiguiente menor área bajo la curva del progreso de la enfermedad, lo cual indica que estas combinación de controles permitieron reducir el crecimiento micelial del Fusarium ya que la combinación de microorganismos eficientes sumado a ello el uso del estiércol, la solarización y el fungicida lograron suprimir a la enfermedad ya que estos controles aumenta la población de microorganismos del suelo y estos inhiben el crecimiento del micelio como lo menciona Mwangi et al. (2011).

En cuanto a la variable eficiencia de control confirma que los tratamiento T4 y T5 presentaron los porcentajes más altos de eficiencia de control de la marchitez vascular del tomate con 93,8 y 82,5%, los cuales detienen la actividad parasítica logrando así una mayor eficiencia de control confirmando su alto control sobre el Fusarium, como lo indica Srivastava et al. (2010) que los tratamientos combinados aumentaron el rendimiento en un 20% con la adición de estiércol vacuno que reduce aún más la enfermedad y mejora el rendimiento debido a su contenido celulósico y al nivel de energía disponible y, por lo tanto, apoya el crecimiento de microbios supresores y aumenta la actividad del *T. harzianum* el cual suprime la enfermedad y proporciona una mayor absorción de nutrientes a la planta.

No obstante, los demás tratamientos presentaron valores altos superaron el 50% de eficiencia de control de la marchitez vascular, por lo tanto, el uso combinado de controles permite reducir el problema del *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* en tomate cv. Brigade. Cabe resaltar que el uso de estiércol de vaca ayuda en el crecimiento y el sustento de estos bioagentes al proporcionarles los nutrientes necesarios para su crecimiento a fin de alcanzar una determinada población y competir con el patógeno por nutrientes e indirectamente ayudando en el control de la enfermedad (Srivastava et al., 2010).

Estos resultados fueron similares a lo obtenido por Dishon (2012) quien en su investigación sobre el manejo integrado del marchitamiento por fusarium de tomates utilizando fungicidas, extractores orgánicos y extracto de neem, demostró que las plantas cultivadas en macetas tratadas con Fungicidas + extracto de Neem + materia orgánica, encontró una menor incidencia de enfermedad (40,5%) que todos los otros tratamientos, en comparación con el testigo quien solo se inoculó el Fusarium, siendo quien registró el mayor porcentaje de incidencia con 71,3%. Con respecto a la severidad de la enfermedad, las tratadas con Fungicidas + extracto de neem + materia orgánica, tuvieron la menor severidad de la enfermedad (27.2%) en comparación con los otros tratamientos.

Sin embargo, las plantas tratadas con Fusarium es decir el testigo presentó mayor severidad de la enfermedad con 57,5% de severidad. Asimismo, estos resultados fueron similares a lo obtenido por Srivastava et al. (2010) quienes en su investigación sobre la evaluación de hongos micorrícicos arbusculares, *Pseudomonas fluorescentes* y *Trichoderma harzianum*, más el uso de compost de estiércol vacuno contra *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* en tomate, demostraron que la combinación de *Pseudomonas fluorescentes*, *T. harzianum* y hongos micorrícicos arbusculares más el compost de estiércol vacuno proporcionó un control significativamente mejor que el testigo, lo que redujo la incidencia y la severidad de la enfermedad en un 74% y 67% en macetas y campo, respectivamente. La adición de compost de estiércol de vaca redujo aún más la enfermedad.

Los resultados de la presente investigación señalan que todos los tratamientos obtuvieron medias estadísticamente homogéneas en el tamaño de la planta con 85,2 y 81,2 cm excepto el testigo sin control quien reportó el tamaño más bajo con 45,3cm, sin embargo, el tratamiento con Estiércol vacuno + Metalaxil + *T. harzianum* (T4) y Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* (T5) presentaron las medias más altas. Asimismo, el tratamiento 5: Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* presento el mayor rendimiento por planta 1233 g planta, junto al Estiércol vacuno + Metalaxil + *T. harzianum* con 1193 g planta, superaron a todos los demás tratamientos, esto debido a que el uso de bioagentes el uso de estiércol y fungicidas no solo suprimió la incidencia de la enfermedad, sino que también ayudó a mantener y promover el crecimiento del cultivo a través de sus diferentes propiedades de absorción de nutrientes (Ajillogba y Babalola, 2013).

Asimismo, las combinaciones de controles en el manejo integrado controlan de manera más efectiva el marchitamiento por *Fusarium*, reduciendo el ataque y permite aumentar el crecimiento de la planta de tomate por lo que todos los tratamientos experimentales presentaron valores similares entre sí, sin embargo, a más combinación de los controles permitieron mayor control y estos controles como el biológico influyeron para que las plantas tengan un crecimiento, asimismo estas plantas aumentaron el número de frutos cosechado y mayor peso traduciendo a un alto rendimiento por planta. Debido que la gestión integrada de la supresión de la enfermedad mediante el uso de varios bioagentes efectivos que habitan en la rizosfera (Srivastava et al., 2010).

Resultados semejantes se observaron por Dishon (2012) quien indica que las plantas tratadas con una tasa más alta de 10 g de extracto de neem por maceta tuvieron la altura media más alta de la planta con 52.70 cm. En cambio, las plantas testigo sin control tuvieron la altura media más baja (31.25 cm). En cuanto al rendimiento de las plantas de tomate como resultado de la integración de medidas en el manejo del marchitamiento por *Fusarium*. Se observaron que las plantas tratadas con "Fungicidas + extracto de neem + materia orgánica, tuvieron un rendimiento más alto que todas las demás plantas tratadas. Esto podría atribuirse a los efectos interactivos de la materia orgánica, proporcionada por extracto de neem y el abono orgánico, y el fungicida. El fungicida utilizado (Ridomil) contiene "metalaxil 40 g/kg + mancozeb 640 g/kg y es a la vez un fungicida de contacto y sistémico.

De acuerdo con Noriaki et al. (2006) citado por Dishon (2012) menciona que la materia orgánica libera ácido acético y/o ácido butírico que suprime la supervivencia de *Fusarium oxysporum f.sp. Iycopersici*. Estos métodos son principalmente preventivos y un buen conocimiento de la naturaleza, el comportamiento y las condiciones ambientales del crecimiento del agente de la enfermedad es muy importante para controlar el desarrollo de la enfermedad. Algunos de los métodos utilizados en el control cultural del marchitamiento del tomate por *Fusarium* (Ajilogba y Babalola, 2013).

El estiércol de ganado fue superior a la rotación del ajo. Esto puede deberse a que el estiércol de ganado proporciona más nutrientes, lo que mejora el peso de la sandía en una sola fruta. Además, la influencia en el rendimiento y la supresión de la marchitez por *Fusarium* de sandía puede estar relacionada con múltiples factores, en particular con la alteración de las propiedades químicas y biológicas del suelo, por lo que se obtuvo mayor rendimiento y la menor incidencia de enfermedad en el tratamiento combinado (Yang et al., 2016).

Esta colonización por *T. harzianum* frecuentemente mejora el desarrollo del crecimiento de las raíces, la productividad de los cultivos y la resistencia a los estreses abióticos mediante el aumento de la absorción de minerales. Teniendo en cuenta la inmensa importancia de los tomates y la amenaza causada por el marchitamiento por *Fusarium* y la resistencia a los fungicidas de uso común; Los métodos de biocontrol pueden ser una opción para el control de la enfermedad y la mejora del crecimiento. El interés en la capacidad de los microorganismos benéficos para controlar las enfermedades ha crecido, particularmente con respecto a que son amigables con el medio ambiente.

Se recomienda la inoculación doble de plántulas de tomate con *T. harzianum* y hongos micorrícicos arbusculares, ya que mejora significativamente el crecimiento. Un aumento en la concentración del inóculo fúngico usado podría conducir a un mejor control de la enfermedad (Mwangi et al., 2011). La combinación de los bioagentes en el suelo enmendado con compost de estiércol de vaca fue más eficiente en el control de la enfermedad. Por sí solo, el contenido de materia orgánica es necesario, pero no es suficiente solo para suprimir la enfermedad. La materia orgánica provista por los compost de estiércol de vaca es de alta calidad debido a su contenido celulósico y al nivel de energía disponible y, por lo tanto, apoya el crecimiento de microbios supresores.

Nuestros resultados demostraron claramente la posibilidad de utilizar compost de estiércol de vaca para un mejor manejo de la marchitez en el tomate. Esto también podría deberse al bajo contenido de carbono del suelo en situación tropical y, por lo tanto, el uso de compost de estiércol de vaca podría apoyar el crecimiento de agentes de biocontrol como *T. harzianum* (Srivastava et al., 2010).

En condiciones de campo, se encontró que la combinación de cualquiera de los dos bioagentes es efectiva para controlar la enfermedad. El tratamiento de semillas con la combinación de *T. harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* y la inoculación adicional de propágulos infecciosos de *G. intraradices* para criar plántulas junto con la inmersión de la raíz en la mezcla de *T. harzianum* y *Pseudomonas fluorescens* en el momento del trasplante mostraron consistentemente el mejor desempeño en la mejora del crecimiento de la planta junto con un aumento en el rendimiento del tomate y la supresión de la enfermedad. La presencia de carbono y nitrógeno en el compost de estiércol de vaca ayuda a los bioagentes inoculados a crecer, persistir y mantenerse por más tiempo (Srivastava et al., 2010).

Cada estrategia utilizada en el control del marchitamiento del tomate *Fusarium* es única. Las estrategias de manejo integrado de enfermedades han sido defendidas de tal manera que no sean dañinas para el medio ambiente, microbios útiles, plantas, animales y vidas humanas. Además de considerar el hecho de que estas estrategias funcionan de diferentes maneras, los esfuerzos también deben centrarse en examinar y desarrollar la eficacia, la eficiencia y la durabilidad de estas estrategias en los campos y no solo en el invernadero. Las diferentes formulaciones de productos microbianos que darán el resultado más eficiente también deben considerarse muy importantes en el control biológico, mientras que la educación de los agricultores sobre el uso apropiado de los métodos culturales y su integración en otras estrategias también debe ser un área de interés (Ajilogba y Babalola, 2013).

## CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Los tratamientos con Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* (T5) y Estiércol vacuno + Metalaxil + *T. harzianum* (T4) obtuvieron 93.8% y 82.5% con eficiencia en control de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones de Cañete-Lima.

En la evaluación de la severidad, el T5: Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* presento menor grado de severidad (0.3), porcentaje de incidencia (5%) y ABCPE (112.5%-día) de la enfermedad de la marchitez vascular mediante las diferentes combinaciones de control en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones de Cañete.

Los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 presentaron medias similares entre sí con respecto al crecimiento y tuvieron mayor el efecto del control del *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, asimismo, el tratamiento 5: Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* presento el mayor rendimiento por planta 1233 g planta, junto a Estiércol vacuno + Metalaxil + *T. harzianum* con 1193 g planta, presentaron un mayor rendimiento en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones de Cañete-Lima.



## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda usar el Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* como manejo integrado de la marchitez vascular provocada por *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, en tomate, bajo condiciones de Cañete.

Se recomienda realizar esta investigación en otras zonas aledañas de Cañete utilizando las mismas variables y metodología y corroborar los resultados obtenidos.

Se recomienda difundir y promocionar el manejo integrado con el uso de Estiércol vacuno + Solarización + Metalaxil + *T. harzianum* como control de otras enfermedades provocadas por los hongos del suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajilogba, C and Babalola, O. (2013). Integrated Management Strategies for Tomato Fusarium Wilt. *Biocontrol Science*, 18(3), 117–127.
- AGRONOMIE, (2017). *Fusarium wilt of tomato – disease cycle and epidemiology*. Recuperado de <https://agronomie.info/en/2017/07/15/fusarium-wilt-tomato-disease-cycle-epidemiology/>
- Amini1, J. and Sidovich, D. (2010). The effects of fungicides on *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* associated with fusarium wilt of Tomato. *Journal of Plant Protection Research*, 50(2), 231-239
- Alwathnani, H.A. and Perveen, K. (2012). Biological control of fusarium wilt of tomato by antagonist fungi and cyanobacteria. *African Journal of Biotechnology*, 11(5), 1100-1105
- Bawa, I. (2006). Management strategies of fusarium wilt disease of tomato incited by *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (Sacc.): A Review. *International Journal of Advanced Academic Research*, 2(5), 32-42.
- Chemonics International Inc, (2008). *Manual de cultivo de tomate*. Programa de Diversificacion Horticola.. Recuperado de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01CH517t.pdf>
- Dishon, M.N. (2012). *Integrated Management of Fusarium Wilt of Tomatoes Using Fungicides, Organic Matter and Neem Extracts* (tesis de maestria). Kenyatta University, Kenya.
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C y Martin, A. (2009). *Manual de Cultivo de Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Nodo Hortícola. Recuperado de [http://www.hortyfresco.cl/docs/manuales\\_innova/Manual\\_cultivo\\_tomate.pdf](http://www.hortyfresco.cl/docs/manuales_innova/Manual_cultivo_tomate.pdf)
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2016). *Fusariosis (Fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici)*. Recuperado de <http://www.inia.cl/sanidadvegetal/2016/11/04/fusariosis-fusarium-oxysporum-fsp-lycopersici/>
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2017). *Marchitez vascular en tomate*. Instituto De Investigaciones Agropecuarias – INIA. Recuperado de <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/FichasTecnicasSanidadVegetal/Ficha%2073%20Marchitez%20vascular%20en%20tomate.pdf>

- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2017). *Manual de cultivo del tomate bajo invernadero*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 12 Santiago, Chile. Recuperado de <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/12%20Manual%20de%20Tomate%20Invernadero.pdf>.
- Jaramillo, L., y Moyche, L. (2006). *Manual Técnico del Cultivo de Tomate*. Costa Rica: Editorial Instituto Nacional de Innovación y Transparencia en Tecnología Agropecuaria INTA.
- MDRyT, Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. (2017). *Manual Técnico de Producción de Tomate con Enfoque de Buenas Prácticas Agrícolas*. La Paz – Bolivia: Editorial Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario.
- Monda, E.O. (2002). Biological control of Fusarium wilts of tomato. Botany Department, Kenyatta University, Kenya. *Journal of Tropical Microbiology*, 1, 74-78.
- Mwangi, M., Monda, E.O., Okoth, S.A. and Jefwa, J.M. (2011). Inoculation of Tomato seedlings with *Trichoderma harzianum* and *Arbuscular mycorrhizal* fungi and their effect on growth and control of wilt in tomato seedlings. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42, 508-513.
- Lal, K., Singh, P. Biswas, S.K. and Yadav, S. (2017). Suitable Integrated Approach for Management of Fusarium Wilt of Tomato caused by *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (Sacc.). *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 11(2): 953-961
- Sheu, Z.M. and Wang, T.C. (2006). First Report of Race 2 of *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, the Causal Agent of Fusarium Wilt on Tomato in Taiwan. *Plant Dis.* 90(1), 111-119.
- Srivastava, R., Khalid, A., Singh, U. and Sharma, A. (2010). Evaluation of arbuscular mycorrhizal fungus, fluorescent *Pseudomonas* and *Trichoderma harzianum* formulation against *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* for the management of tomato wilt. *Biological Control*, 53, 24–31.
- Vásquez, L. y Castaño, J. (2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (sacc.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 363-374.
- Wong, M. (2003). *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (Sacc.) WC Snyder y HN Hans. PP728 Soilborne Plant Pathogen Class Project, Spring. [https://projects.ncsu.edu/cals/course/pp728/Fusarium/Fusarium\\_oxysporum.htm](https://projects.ncsu.edu/cals/course/pp728/Fusarium/Fusarium_oxysporum.htm)

Yang, R., Mo, Y., Liu, C., Wang, Y., Ma, J. and Zhang, Y. (2016). The Effects of Cattle Manure and Garlic Rotation on Soil under Continuous Cropping of Watermelon (*Citrullus lanatus* L.). *PLoS ONE* 11(6), e0156515.

Tabla 16

Matriz de consistencia

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MÉTODO
<p>¿Cuál es el efecto del control de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> mediante la integración de diferentes combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y <i>T. harzianum</i> en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima?</p> <p>¿Cuál de las diferentes combinaciones de control reduce la severidad e incidencia y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete?</p> <p>¿Cuál de las diferentes combinaciones de control presenta mayor eficiencia de control sobre <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> en tomate en condiciones de Cañete?</p> <p>¿Qué efecto tendrá el manejo integrado de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> en el crecimiento y productividad del tomate bajo condiciones ambientales de Cañete?</p>	<p>Evaluar la eficiencia de control de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> mediante la integración de diferentes combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y <i>T. harzianum</i> en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima.</p> <p>Evaluar la severidad e incidencia y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular mediante las diferentes combinaciones de control en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete.</p> <p>Evaluar las diferentes combinaciones de control con mayor eficiencia de control de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> en tomate bajo condiciones ambientales de Cañete.</p> <p>Determinar el efecto del control del <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> mediante la integración de diferentes combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y <i>T. harzianum</i> para una mejor productividad en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima.</p>	<p>Ho: No existe diferencias en la integración de las diferentes combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y <i>T. harzianum</i> en la eficiencia de control de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> en tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima.</p> <p>Ha: Existe diferencias en la integración de las diferentes combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y <i>T. harzianum</i> en la eficiencia de control de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> en tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima.</p> <p>Ho: No existe diferencias entre las combinaciones de control que reducen la severidad e incidencia y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular en el cultivo de tomate bajo condiciones ambientales de Cañete.</p> <p>Ha: Existe al menos una combinación de control reduce la severidad e incidencia y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular en el cultivo de tomate bajo condiciones ambientales de Cañete.</p> <p>Ho: No existe diferencias entre las combinaciones de control presenta mayor eficiencia de control sobre <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> en el cultivo de tomate cv. Brigade bajo condiciones ambientales de Cañete.</p> <p>Ha: Existe diferencias entre las combinaciones de control presenta mayor eficiencia de control sobre <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> en el cultivo de tomate cv. Brigade bajo condiciones ambientales de Cañete.</p> <p>Ho: No existe efecto en la integración de diferentes combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y <i>T. harzianum</i> para una mejor productividad en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima.</p> <p>Ha: Existe efecto en la integración de diferentes combinaciones de estiércol vacuno, solarización del suelo, Metalaxil y <i>T. harzianum</i> para una mejor productividad en el cultivo de tomate cv. Brigade, bajo condiciones ambientales de Cañete-Lima.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X):</b></p> <p><b>Combinación de controles:</b></p> <p>T1: Metalaxil + <i>Trichoderma harzianum</i>.</p> <p>T2: Estiércol vacuno + <i>Trichoderma harzianum</i>.</p> <p>T3: Solarización del suelo + <i>Trichoderma harzianum</i>.</p> <p>T4: Estiércol vacuno + Metalaxil + <i>Trichoderma harzianum</i>.</p> <p>T5: Estiércol vacuno + Solarización del suelo + Metalaxil + <i>Trichoderma harzianum</i>.</p> <p>T6: Testigo sin control</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y):</b></p> <p><b>EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Severidad de los síntomas de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i></li> <li>- Incidencia de la enfermedad de marchitez vascular (%)</li> <li>- Área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular</li> <li>- Eficiencia del control de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i></li> <li>- Altura de planta del tomate</li> <li>- Rendimiento del tomate (g/planta<sup>-1</sup>)</li> </ul>	<p>La presente tesis es una investigación de tipo El tipo de investigación es aplicada y experimental, ya que se contó con el método estadístico para comparar las diferentes combinaciones de control físico, químico y biológico para el manejo integrado de la marchitez vascular en tomate.</p>

Tabla 17

*Datos de severidad*

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	1	2	1	2	6	1,50
T2: Estiercol vacuno + <i>T. harzianum</i>	1	1	1	1	4	1,00
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	0	1	1	1	3	0,75
T4: Estiercol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	0	1	1	1	3	0,75
T5: Estiercol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	1	0	0	0	1	0,25
T6: Testigo sin control	3	3	4	3	13	3,25
TOTAL	6	8	8	8	30	1,25

Tabla 18

*Datos de incidencia*

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	20	10	10	10	50	12,50
T2: Estiercol vacuno + <i>T. harzianum</i>	20	20	20	20	80	20,00
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	10	20	20	20	70	17,50
T4: Estiercol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	10	0	10	10	30	7,50
T5: Estiercol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	0	10	0	10	20	5,00
T6: Testigo sin control	60	80	60	70	270	67,50
TOTAL	120	140	120	140	520	21,67

Tabla 19

*Datos de área bajo la curva del progreso de la enfermedad de la marchitez vascular*

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	350	400	450	450	1650	412,50
T2: Estiercol vacuno + <i>T. harzianum</i>	500	550	550	500	2100	525,00
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	400	450	400	450	1700	425,00
T4: Estiercol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	100	150	150	200	600	150,00
T5: Estiercol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	100	150	100	100	450	112,50
T6: Testigo sin control	950	950	900	900	3700	925,00
TOTAL	2400	2650	2550	2600	10200	425,00

Tabla 20

*Datos de eficiencia del control de Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	66,67	33,33	75,00	33,33	208,33	52,08
T2: Estiercol vacuno + <i>T. harzianum</i>	66,67	66,67	75,00	66,67	275	68,75
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	100,00	66,67	75,00	66,67	308,33	77,08
T4: Estiercol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	100,00	66,67	75,00	66,67	308,3	77,08
T5: Estiercol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	66,67	100,00	100,00	100,00	366,67	91,67
T6: Testigo sin control	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
TOTAL	400	333,33	400	333. 33	1466.67	61,11

Tabla 21

*Datos de altura de planta del tomate*

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	80	80	85	80	325	81,25
T2: Estiercol vacuno + <i>T. harzianum</i>	80	83	83	85	331	82,75
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	80	82	80	83	325	81,25
T4: Estiercol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	83	82	90	85	340	85,00
T5: Estiercol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	90	80	85	87	342	85,50
T6: Testigo sin control	50	40	43	48	181	45,25
TOTAL	463	447	466	468	1844	76,83

Tabla 22

*Datos de rendimiento del tomate (g/planta)*

Tratamientos	Bloques				Total	Promedio
	I	II	III	IV		
T1: Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	936	972	885	1005	3798	950
T2: Estiercol vacuno + <i>T. harzianum</i>	879	771	612	699	2961	740
T3: Solarización + <i>T. harzianum</i>	1062	963	1011	1035	4071	1018
T4: Estiercol vacuno + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	1182	1140	1236	1215	4773	1193
T5: Estiercol vacuno + Solarización + Metalaxil + <i>T. harzianum</i>	1245	1209	1272	1206	4932	1233
T6: Testigo sin control	582	519	609	525	2235	559
TOTAL	5886	5574	5625	5685	22770	949



## ANEXO 8. Imágenes durante la fase de Laboratorio

### Preparación de la PDA (papa dextrosa agar)



*Figura 4.* Preparación del PDA para el aislamiento del *Fusarium* de una muestra con síntomas



*Figura 5.* Ingredientes para la preparación del PDA



*Figura 6.* Desinfección de hojas y tallos con los síntomas de Fusarium



*Figura 7.* Crecimiento y desarrollo del micelio de *Fusarium* para inocular a las plantas de tomate