



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica**

**Comparativo de fungicidas químicos y biológicos en el control de *Fusarium oxysporum* en sandía variedad Peacock en Santa María, Huaura**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo**

**Autor**

**Alexander Manuel Egües Susanibar**

**Asesora**

**Dra. María del Rosario Utia Pinedo**

**Huacho – Perú**

**2024**



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

## LICENCIADA

*(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)*

Facultad de Ingeniería Agraria Industrias Alimentarias y Ambiental /Escuela Profesional de  
Ingeniería Agronómica

### METADATOS

<b>DATOS DEL AUTOR (ES):</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
Alexander Manuel Egües Susanibar	45590484	16 de mayo 2023
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Dra. Utia Pinedo, María del Rosario	07922793	0000-0002-2396-3382
<b>DATOS DE LOS MIEMROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA- DOCTORADO:</b>		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>DNI</b>	<b>CODIGO ORCID</b>
Dr. Edison Goethe Palomares Anselmo	15605363	0000-0002-6883-1332
Mg. Sc. Saúl Robert Manrique Flores	30655365	0000-0003-2780-3025
Mg. Sc. Cristina Karina Andrade Alvarado	40231658	0000-0003-2681-7863

## COMPARATIVO DE FÚNGICIDAS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN EL CONTROL DE *Fusarium oxysporum* EN SANDIA VARIEDAD PEACOCK EN SANTA MARÍA, HUAURA

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>www.faz.ujed.mx</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>revistas.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>cia.uagraria.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>renati.sunedu.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.unheval.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## **DEDICATORIA**

*Dedico esta investigación a mi familia por su apoyo constante en el cumplimiento de mis objetivos y metas.*

*Egues Susanibar, Alexander Manuel*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a la Dra. María del Rosario Utia Pinedo por compartir sus conocimientos en asesorarme en la presente investigación.*

*Egues Susanibar, Alexander Manuel*

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	vi
RESUMEN .....	xi
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2 Formulación del problema .....	2
1.3 Objetivos de la investigación .....	2
1.3.1 Objetivo general .....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Justificación de investigación.....	3
1.5 Delimitación del estudio.....	3
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes de la investigación .....	4
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	4
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	5
2.2 Bases teóricas .....	7
2.2.2 Aspectos botánicos.....	7
2.2.3 Fenología de la sandía .....	9
2.2.4 Características climáticas .....	9
2.2.5 Características del suelo .....	9
2.2.6 Descripción de la variedad Peacock.....	10
2.2.7 El hongo <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>neveum</i> como limitante de la sandía .....	10
2.2.8 Ciclo de infección de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>neveum</i> .....	11
2.2.9 Síntomas de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>neveum</i> .....	11
2.2.10 Control de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>neveum</i> .....	12
2.2.11 Trichotrópico WP ( <i>Trichoderma harzianum</i> ) .....	14
2.3 Definición de términos básicos .....	15
2.4 Hipótesis de investigación.....	16
2.4.1 Hipótesis general .....	16
2.5 Operacionalización de las variables .....	17
CAPITULO III. METODOLOGIA .....	18
3.1 Gestión del experimento.....	18

3.1.2	Características del área experimental .....	18
3.2	Técnicas para el procedimiento de la investigación .....	23
CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....		24
4.1	Grado de severidad de <i>Fusarium oxysporum</i> .....	25
4.2	Incidencia de la enfermedad de <i>Fusarium oxysporum</i> (%) .....	26
4.3	Eficiencia de control de <i>Fusarium oxysporum</i> (%) .....	27
4.4	Rendimiento total (t/ha) .....	29
4.5	Peso por fruto (kg/planta).....	30
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN .....		33
6.1	Conclusiones .....	35
6.2	Recomendaciones.....	36
CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		37
ANEXOS .....		41
ANEXO 1. Instrumentos para la obtención de datos.....		42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Prueba de análisis de varianza	18
Tabla 2. Tratamientos en estudio	18
Tabla 3. Análisis de varianza para el grado de severidad de <i>F. oxysporum</i>	25
Tabla 4. Prueba de Tukey para el grado de severidad de <i>Fusarium oxysporum</i>	25
Tabla 5. Análisis de varianza para la incidencia de <i>F. oxysporum</i> (%)	26
Tabla 6. Prueba de Tukey al 5% para la incidencia de <i>Fusarium oxysporum</i>	26
Tabla 7. Análisis de varianza para la eficiencia de control de <i>F. oxysporum</i> (%)	27
Tabla 8. Prueba de Tukey al 5% para la eficiencia de control de <i>F. oxysporum</i>	27
Tabla 9. Análisis de varianza para el rendimiento total (t/ha)	28
Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento total (t/ha)	28
Tabla 11. Análisis de varianza para el peso por fruto (kg/planta)	29
Tabla 12 Prueba de Tukey al 5% para el peso por fruto (kg/planta)	30

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Síntomas del tejido del xilema afectado del cultivo de sandía.	11
Figura 2. Síntomas de marchitamiento en la planta del cultivo de sandía.	12
Figura 3. Croquis del experimento.	21
Figura 4. Comparación de los tratamientos para la incidencia.	26
Figura 5. Comparación de los tratamientos para la severidad.	27
Figura 6. Comparación de los tratamientos para la eficiencia del control.	29
Figura 7. Comparación de los tratamientos para el rendimiento de la sandía.	30
Figura 7. Comparación de los tratamientos para el peso por fruto de la sandía.	32
Figura 8. Semillas de sandía de la Variedad Pcko	43
Figura 9. Plantas de sandía en almacigo.	43
Figura 10. Tratamiento 0 en pleno crecimiento.	44
Figura 11. Tratamiento 1 en pleno crecimiento.	44
Figura 12. Tratamiento 2 en pleno crecimiento.	45
Figura 13. Tratamiento 3 en pleno crecimiento.	45
Figura 14. Tratamiento 0 en cosecha.	46
Figura 15. Tratamiento 1 en cosecha.	46
Figura 15. Tratamiento 2 en cosecha.	47
Figura 16. Tratamiento 3 en cosecha.	47

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar el efecto comparativo de fungicidas químicos y un fungicida biológico en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* en sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Peacock en condiciones de Santa María distrito de Huaura.

**Metodología:** Se usó el diseño de bloques completo al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos fueron: T0 (testigo sin aplicación), T1 (Sulfato de cobre a dosis de 250 ml/ha), T2: Sportak y T3: *T. harzianum*. Las evaluaciones se hicieron a la cosecha y las variables evaluadas fueron: grado de severidad y al porcentaje de incidencia, eficiencia de control, rendimiento total y peso de fruto por planta. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5 %.

**Resultados:** Con respecto al grado de severidad y al porcentaje de incidencia los resultados obtenidos demuestran que la aplicación del fungicida químico Sportak reportó efecto significativo en la reducción de la severidad con escala de 0,3 y para incidencia de la enfermedad fue de 7,5%, con respecto a la eficiencia de control del fungicida químico fue de 91,68% seguido por *T. harzianum* con promedio de 60,43%. Asimismo, para el rendimiento total fue de 39,75t/ha con la aplicación del fungicida sintética Sportak similar a la aplicación del fungicida biológico *T. harzianum* con 38,5 t/ha y con respecto de peso del fruto de la sandía variedad Peacock.

**Conclusión:** La aplicación del fungicida sintética Sportak a dosis de 300 ml/cil presentó mayor efecto significativo en el control de *Fusarium* en sandía variedad Peacock en condiciones de Santa María distrito de Huaura.

**Palabras claves:** fungicida biológico, fungicida sintético, incidencia, severidad, variedad.

## ABSTRACT

**Objective:** To determine the comparative effect of chemical fungicides and a biological fungicide in the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* in watermelon (*Citrullus lanatus*) variety Peacock in conditions of Santa María district of Huaura. **Methodology:** A randomized complete block design with 4 treatments and 4 replicates was used. The treatments were: T0 (control without application), T1 (Copper sulfate at a dose of 250 ml/ha), T2: Sportak and T3: *T. harzianum*. The evaluations were made at harvest and the variables evaluated were: degree of severity and percentage of incidence, control efficiency, total yield and fruit weight per plant. For the comparison of means, the Tukey test at 5 % was used. **Results:** Regarding the degree of severity and the percentage of incidence, the results obtained show that the application of the chemical fungicide Sportak reported a significant effect in reducing severity with a scale of 0.3 and for incidence of the disease it was 7.5. %, with respect to the control efficiency of the chemical fungicide was 91.68% followed by *T. harzianum* with an average of 60.43%. Likewise, for the total yield it was 39.75t/ha with the application of the synthetic fungicide Sportak similar to the application of the biological fungicide *T. harzianum* with 38.5t/ha and with respect to the weight of the fruit of the Peacock variety watermelon. **Conclusion:** The application of the synthetic fungicide Sportak at a dose of 300 ml/cil had a greater significant effect in the control of Fusarium in watermelon variety Peacock under conditions of Santa María district of Huaura.

**Keywords:** biological fungicide, synthetic fungicide, incidence, severity, variety.

## CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

La sandía (*Citrullus lanatus*) es una hortaliza de alta demanda en el mercado internacional debido a su exquisito sabor y al contenido de nutrientes, vitaminas que esta posee, además es considerada entre las principales cucurbitáceas más consumidas por la población sobre todo en el verano (Segura, 2019). La producción a nivel mundial para el 2019 fue de 102 millones de toneladas sembradas en alrededor de 3,4 millones de ha (FAO, 2019). En el Perú, la sandía aumentado su producción alcanzando 23,139 toneladas (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2021).

Asimismo, la producción de la sandía se ha incrementado en el Perú sobre todo en la costa donde existe mayor porcentaje de siembra de este cultivo. Sin embargo presenta problemas de sanidad entre los mayores problemas es el ataque de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum el cual es el hongo más grave en el cultivo de sandía, ataca a nivel del suelo y las condiciones presenta temperaturas de 26°C condición climática que coincide cuando se realiza la plantación de la sandía (Pérez, 2017). Llega a reducir de 10 a 100% de la producción si es que no se realiza aplicación de fungicidas para detener el desarrollo de este hongo (González et al, 2020).

Este hongo del suelo es difícil de controlar ya que este hongo persiste por mucho tiempo en el suelo y causa pudrición de la raíz en la sandía, pero esto inicia desde la infección por la raíz de la planta hasta llegar a la parte aérea no se muestra síntomas visibles es así que no se puede aplicar fungicidas preventivos para reducir al sino que aparecen los síntomas en el follaje y el hongo sigue desarrollándose (Borda, 2015). Entonces los agricultores aplican de forma curativa diferentes fungicidas químicos realizando de manera indiscriminada y además le provoca resistencia del patógeno y aun así no obtienen la eficiencia correcta de control del *Fusarium* (Guillén-Cruz et al., 2006).

Ante tal situación, el objetivo del proyecto es evaluar el efecto comparativo de fungicidas químicos y un fungicida biológico en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum en sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Peacock en condiciones de Santa María distrito de Huaura.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es el efecto comparativo de fungicidas químicos y un fungicida biológico en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum en sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Peacock en condiciones de Santa María, Huaura?

### **1.2.2 Problemas específicos**

¿Cuál es el efecto comparativo de fungicidas químicos y un fungicida biológico en la incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum en sandía variedad Peacock en condiciones de Santa María, Huaura?

¿Cuál es el efecto comparativo entre fungicidas químicos y un fungicida biológico en el rendimiento sandía variedad Peacock en condiciones de Santa María, Huaura?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar el efecto comparativo de fungicidas químicos y un fungicida biológico en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum en sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Peacock en condiciones de Santa María distrito de Huaura.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Determinar el efecto comparativo de fungicidas químicos y un fungicida biológico en la incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum en sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Peacock en condiciones de Santa María, Huaura.

Determinar el efecto comparativo de fungicidas químicos y un fungicida biológico en el rendimiento de sandía variedad Peacock en condiciones de Santa María, Huaura.

#### **1.4 Justificación de investigación**

El presente estudio tiene como justificación el efecto comparativo de fungicidas de tipo químico y biológico en el control sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* en sandía variedad Peacock, ya que este hongo del suelo infecta a la raíz del cultivo y empieza a propagarse por la planta siendo su control muy difícil es por ello que la aplicación de fungicidas químicos es usado para controlar esta enfermedad, sin embargo, el hongo sobrevive en el suelo y las condiciones presenta temperaturas de 26°C condición climática que coincide cuando se realiza la plantación de la sandía es por ello que la aplicación de un fungicida biológico como el Trichotrópico WP (*Trichoderma harzianum*) sería la mejor opción ya que este agente biológico se aplica al suelo y se prolifera hasta llegar a colonizar la rizosfera de la raíz de la planta.

#### **1.5 Delimitación del estudio**

La presente investigación se llevó a cabo en el predio agrícola Niño Jesús quien pertenece al Sr. Alexander Palomo Morales este predio está ubicado en el distrito Santa María provincia de Huaura y se realizará durante los meses de noviembre del 2021 a febrero del 2022.

## CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Castellanos (2020) investigando alternativas de control sobre *Fusarium oxysporum* en el cultivo de sandía, la metodología usada fue el uso de tres fungicidas biológicos y un fungicida químico, encontraron que los biopreparados Caldo Rizósfera y Microorganismos de Montaña de ASPAGRO redujeron la incidencia de la enfermedad y el ABCPE con respecto al testigo. Los tres biopreparados reducen la incidencia de la marchitez, aunque los rendimientos pueden disminuir en valores próximos al 10, 25 y 30% en los tratamientos con *Trichoderma*, Caldo Rizósfera y Microorganismos de montaña, en relación con el benomil. Por lo tanto, la trichoderma se considera la mejor opción para el control de la marchitez por *Fusarium* en sandía.

Hernández-Melchor et al. (2019) quienes investigando el potencial antagonismo de *Trichoderma* sobre el *Fusarium oxysporum* en sandía, usando como metodología fungicidas químicos y el *T. harzianum* en dosis diferentes mediante el diseño de bloques completos al azar, demostraron que la aplicación de *T. harzianum* obtuvo un alto control de 80% sobre el *Fusarium* y aumentó el rendimiento. Concluyendo que a dosis alta produce propiedades antagónicas de *Trichoderma* hacia hongos patógenos se basan en la activación de múltiples mecanismos que incluyen la competencia por nutrientes y espacio, el micoparasitismo, la antibiosis, la promoción del crecimiento vegetal, e inducción de respuestas de defensa vegetal.

Kripalini et al. (2019) investigaron, sobre el estudio de la marchitez por *Fusarium* del guisante y su manejo mediante aislamientos nativos de *Trichoderma* y *Trichoderma* comercial, la metodología usada fue el uso de *Trichoderma* y fungicidas químicos en un diseño de bloques completos al azar, encontraron, que la menor incidencia se encontró en *Trichoderma* TSE-1 del tratamiento semilla+suelo (2,50%) y *Trichoderma* TIE-1 de semilla+ tratamiento del suelo (10,66%). La mayor altura de planta se registró en el tratamiento semilla+suelo del aislado TBI-2 (70.28 cm a los 90 DDS). Por lo tanto, en el tratamiento semilla+suelo del aislado de *Trichoderma* TIE-1 se registró el con mayor control de la enfermedad y presentó un mayor rendimiento,

Miller y Quesada (2017) investigaron el uso de *Trichoderma* sp. como antagonista en *Fusarium oxysporum*, usando como metodología el uso de cepas *Trichoderma* y fungicidas químicos en un diseño de bloques completos al azar, encontraron, que *Trichoderma* sp., no solo genera un medio de control biológico sino que también ayuda en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que ésta produce sustancias estimuladoras del crecimiento, acelerando su producción celular, logrando así que las plantas alcancen un desarrollo más rápido. Ofrece además la disminución de productos químicos, lo cual sería la parte más importante y ayuda en la protección de semillas contra hongos presentes en el suelo.

Nagaraju et al. (2017). Efecto de aislamientos bacterianos contra el marchitamiento por *Fusarium* en sandía, como metodología el estudio tuvo un diseño de bloques completos al azar usando como tratamientos fungicidas biológicos y fungicidas químicos, encontraron que el *Trichoderma* inhibió la enfermedad entre 70 a 90%, también reportaron, que el de tratamiento biológico reduce la incidencia llegando a 10 a 0% y de grado de 1 de severidad y supera el 70% de eficiencia de control, además indica que este producto biológico tiene doble función el cual es la de estimular el crecimiento de la planta y de colonizar la raíz de la planta.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Llicahua (2018) investigaron el efecto antagonista de *Trichoderma* sobre *Fusarium oxysporum* en cebolla en condiciones de Arequipa, usó como metodología el estudio tuvo un diseño de bloques completos al azar usando como tratamientos fungicidas biológicos y fungicidas químicos, encontró que las cuatro cepas seleccionadas de *Trichoderma harzianum* obtuvieron 80 a 100% de inhibición de la enfermedad encontró que esta acción se debe a la competencia de espacio y nutrientes del trichoderma mostró un crecimiento radial mayor en la cepa TSS-1 con 54 mm, seguido de la cepas TST-1 con 51,5 mm, luego la cepa TES-1 con 48mm, indicando que la capacidad antagónica de esta cepas lograron obtener un control efectivo de 97,4%, 90.8%, 86.5% respectivamente.

Manayay et al. (2016) investigaron el efecto antagonista de *Trichoderma* y el fungicida químico Benomilo en el control de *Fusarium oxysporum* en tomate en condiciones de Lambayeque, usaron como metodología un diseño de bloques completos al azar usando como tratamientos fungicidas biológicos y fungicidas químicos, encontraron que la cepa comercial de *Trichoderma viride* presentó una alta eficiencia protectora, con un 90% de sobrevivencia de plantas, la cual fue siempre superior a la cepa de *Trichoderma* sp, que alcanzó al 70% de sobrevivencia. El fungicida benomilo ofreció una amplia protección de las plantas de tomate al ataque del hongo *Fusarium* sp siendo mayor al ejercido por la cepa *Trichoderma viride*. Cuando los biocontroladores fueron mezclados con el fungicida benomilo, éste produjo un efecto detrimental en la acción tanto de la cepa *Trichoderma* sp como de la formulación comercial cepa de *Trichoderma viride*; siendo mucho más acentuado en este último.

Flores et al. (2015) investigaron la actividad antagónica in vitro de *Trichoderma* y el fungicida sobre el control de *Fusarium oxysporum* en Trujillo, la metodología el diseño de bloques completos al azar usando como tratamientos fungicidas biológicos y fungicidas químicos, encontraron que la velocidad de crecimiento de *Trichoderma* logró causar una inhibición de 50% a las 24 horas, luego del experimento se observó un 100% de inhibición total del *Fusarium oxysporum*, los resultados de la prueba confirman que el agente biológico se observó una rápida colonización degradando paredes celulares del patógeno probablemente por la secreción de numerosos enzimas líticas, es to señala que el agente biológico presenta una alta actividad antagónica de la enfermedad mostrando primero el reconocimiento, entre el *Trichoderma* y el *Fusarium*, luego pasa por la penetración de la hifa y luego pasa por la invasión y secreción de enzimas hidrolíticas, esta secreción muestra mucho interés ya que con ello puede matar al hongo controlándolo por completo debido al proceso de quimiotropismo el cual reconoce la lectinas que se encuentra en el hongo patógeno.

## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Origen de la sandía**

Juárez (2008) indica que la sandía es originario de África y el Medio Oriente ya que se a encontrado rastros y cultura del consumo de esta hortaliza por partes de los antiguos habitantes de estas regiones y de ellas se trayeron estas hortaliza al nuevo continente por esclavos y los colonizadores también.

### **2.2.2 Aspectos botánicos**

#### **2.2.2.1 Taxonomía**

Kole (2011) indica que la sandía presenta la siguiente taxonomía:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitacea

Género: Citrillus

Especie: lanatus

Nombre científico: *Citrillus lanatus*

#### **2.2.2.2 Morfología**

La sandía es una planta anual, herbácea, rastrera o trepadora, propia de los cultivos intensivos de secano y regadío, en cuanto a la raíces es relativamente superficial, tallos recubiertos de pelos y provistos de zarcillos son rastreros desarrollándose a 3m a más, las hojas son pinnado partidas, divididas en 3-5 lóbulos redondeados, que a su vez también se componen de varios segmentos orbiculares, formando entalladuras pronunciadas. En el haz el limbo tiene la apariencia lisa, mientras que en el envés presenta un aspecto áspero y recubierto de pilosidades. (García, 2018).

**a. Raíz**

Las raíces de la sandía son muy ramificadas, con posibilidades de desarrollarse en profundidad y diámetro de acuerdo con el tipo de suelo y otros factores. En suelos profundos, con buena textura y grado de fertilidad puede alcanzar hasta 0,80 metros o más de profundidad y 2 metros o más de diámetro, llegando a formar un diámetro radical de aproximadamente 4 metro. Sin embargo, en suelos de poca profundidad, las raíces se sitúan, mayormente en la capa superficial. En su mayor parte las raíces se distribuyen a una profundidad comprendida entre 40- 50 cm (García, 2018).

**b. Hoja**

El limbo tiene el haz muy suave al tacto y el envés muy áspero, con las nervaduras muy pronunciadas, destacándose perfectamente los nervios y hasta las últimas nervaduras que tienen forma de mosaico. Las hojas son oblongas, partidas con segmentos redondeados, poseen de tres a cinco lóbulos que se insertan alternativamente a lo largo del eje principal, y se vuelven a subdividir en otros más pequeños. En la axila de cada hoja nacen unos zarcillos bífidos o trífidos que utiliza la planta para sujetarse al suelo o a otras plantas (García, 2018).

**c. Tallo**

Los tallos son herbáceos, de color verde, recubiertos de pilosidad, se extienden por el suelo de modo rastrero llegando a tener longitudes de 4 a 6 metros. Poseen zarcillos que pueden ser bífidos o trífidos (García, 2018).

**d. Flor**

En la sandía, las primeras flores en aparecer son las masculinas y, a continuación, las femeninas. La flor femenina puede aparecer tanto en la rama principal, como en las de segundo, tercer y cuarto orden, al contrario del melón, cuyas flores hembras aparecen, generalmente, en las ramas de tercer orden y algunas veces en las de segundo orden (García, 2018).

## **e. Fruto**

La sandía es una baya grande con placenta carnosa y epicarpio quebradizo, generalmente liso, de color, forma y tamaño variable, con la pulpa más o menos dulce y de color que va desde rosa claro al rojo intenso. En el interior presenta gran cantidad de semillas de 500 a 900 semillas por fruto (García, 2018).

### **2.2.3 Fenología de la sandía**

La fenología de la sandía depende de la variedad y las condiciones climáticas, en condiciones de costa la primera etapa fenológica es la germinación que va de 5 a 6 días, luego inicia la emisión de guías que va de 18 a 23 días, pasa luego por la etapa de prefloración el cual tiene de 25 a 28 días, seguido de la plena floración el cual tiene de 35 a 40 días y la cosecha que inicia a los 71 días hasta el fin de la cosecha que es de 92 a 100 días (Borrego, 2002).

### **2.2.4 Características climáticas**

La sandía al igual que los cultivos de la familia de las cucurbitácea se adaptan bien al clima tropical y subtropical pero cuando entra temperaturas menores a 10°C les ocasionan detenimiento en el crecimiento vegetativo mostrando síntomas de amarillamiento en el follaje su buen desarrollo está entre el rango de temperatura de 28°C a 20°C pero en floración requiere de una temperatura de 25 a 30°C y para maduración requiere de una temperatura de 25 °C además con una humedad relativa de 60 a 80% para la etapa de floración y maduración del fruto (Alvarado et al., 2009).

### **2.2.5 Características del suelo**

La sandía tiene un sistema radicular llegando a más de un metro incluso es por ello que se requiere de suelos sueltos con estructura arenosa o franco arenosa bien aireado y con buen drenaje al igual que los cultivos de la familia de las cucurbitácea es sensible a la alta humedad del suelo y le puede provocar pérdidas debido a ellos por las enfermedades que se manifiestan sobre todo el Fusarium, sin embargo, se adaptan bien al pH de 6 a 7 puede tolerar hasta 5,5 y además es un cultivo tolerante a la salinidad (García, 2018).

### **2.2.6 Descripción de la variedad Peacock**

Variedades que producen frutos oblongos de cáscara verde oscura; pulpa de color rojo anaranjada, y semillas pequeñas de color café, el tamaño de sus frutos es de aproximadamente 25 lb promedio y resistentes al transporte a larga distancia. Su período de siembra a cosecha es de alrededor de 85 días. Es un importante tipo en los Estados de California y Arizona (Ttito, 2018).

### **2.2.7 El hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum como limitante de la sandía**

El principal fitopatógeno en la sandía es la Fusariosis vascular provocado por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum el cual llega a reducir de 10 a 100% de la producción si es que no se realiza aplicación de fungicidas para detener el desarrollo de este hongo (González et al, 2020). El hongo ingresa por las raíces y de los vasos vasculares se dirigen por toda la planta, produce tres tipos de esporas asexuales: microconidia, macroconidia y clamidosporas. Las microconidias es el tipo de espора más abundante, las macroconidias son comunes sobre la superficie de plantas atacadas y el Clamidosporas, son esporas de paredes gruesas producidas sobre el micelio viejo (Agrios, 2004).

Borda (2015) menciona que el *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum es un patógeno que es difícil de controlar ya que este hongo persiste en el suelo y causa pudrición de la raíz en la sandía llegando infectar la raíz y distribuirse por toda la planta es así que mientras ingresa por la raíz no se muestra síntomas visibles es así que no se puede aplicar fungicidas preventivos para reducir al sino que aparecen los síntomas en el follaje y el hongo está desarrollando y debido a ello se hace aplicaciones curativas con diferentes fungicidas químicos de forma indiscriminada llegando a dar resistencia al patógeno.

Asimismo, el hongo es saprófito y puede sobrevivir en el suelo como micelio o como esporas y puede invadir una planta ya sea con el tubo germinativo o el micelio penetrando las raíces de las plantas. Una vez dentro de la planta, el micelio crece intercelularmente a través del tejido cortical. El micelio permanece en los conductos del xilema donde usualmente avanza la infección en dirección de la corona del tallo. Las cepas de *Fusarium oxysporum* entran al sistema vascular a través del xilema no diferenciado en la porción juvenil de las raíces cuando la endodermis todavía no está formada (Mora, 2001).

### 2.2.8 Ciclo de infección de *Fusarium oxysporum* f. sp. *neveum*

La infección del *Fusarium oxysporum* f. sp. *neveum* inicia en el sistema radicular formando estructuras vegetativas infectivas así como el apresorio y la secreción de una mezcla de enzimas hidrolíticas tales como quitinasas, celulasas, pectinasas y proteasas, los cuales en conjunto rompen la barrera de la raíz e ingresan, sin embargo, en la planta no presenta síntomas y llega a colonizar el tejido vascular (Ma et al., 2013). El éxito de infección requiere de la interacción de gen a gen del hongo y la planta debido a la señalización en la planta para que inicie la infección y luego pasa por todos sistema vascular y luego de ello se produce los síntomas (Agrios, 2005).

### 2.2.9 Síntomas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *neveum*

Los síntomas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *neveum* presenta el sistema vascular está afectado por este hongo y se observa daños con líneas de color marrón tal como se muestra en la Figura 1. Así mismo, la planta infectada muestra hojas de color amarillamiento llegando a morir a los 3 a 4 días llegando mostrar en la planta un el marchitamiento general (Figura 2), (Miller y Quesada, 2017).



Figura 1. Síntomas del tejido del xilema afectado del cultivo de sandía.

Fuente: Miller y Quesada (2017).



*Figura 2.* Síntomas de marchitamiento en la planta del cultivo de sandía.

Fuente: Miller y Quesada (2017).

#### **2.2.10 Control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *neveum***

El control de los organismos fitopatógenos del suelo es de los más difíciles de lograr; para ello se han desarrollado prácticas culturales, control biológico y control químico, siendo este último el más utilizado por ser económico y eficaz, en comparación con otras medidas (Villa-Martínez et al., 2014).

Las enfermedades de las plantas causadas por este tipo de hongos se hallan entre los factores más importantes que aumentan las pérdidas y afectan los rendimientos de los cultivos. En el tratamiento de enfermedades causadas por *Fusarium* se utilizan fungicidas químicos como los benzimidazoles, en este grupo se incluyen el benomil, carbendazim, tiabendazol, y tiofanato (Agrios, 2005). Sin embargo, es probable que estos fungicidas sean agentes mutagénicos de las plantas, así como que pudieran incrementar el grado de resistencia de los patógenos ante su efecto (Villa-Martínez et al., 2014).

Pocos fungicidas están disponibles para el control de la marchitez de *Fusarium*, pero una aplicación al suelo justo en el trasplante con fungicidas químicos que pueden reducir el desarrollo de la enfermedad (Miller y Quesada, 2017).

En cambio los microorganismos antagonistas presentan una serie de mecanismos mediante los cuales ejercen su efecto biorregulador, como son la competencia directa por el espacio y los nutrientes; la secreción extracelular de enzimas hidrolíticas como quitinasas, celulasas, etc.; el parasitismo directo; y la producción de sustancias antibióticas, ya sean de naturaleza volátil o no volátil (Nagaraju et al., 2017).

El efecto hiperparasítico, que se manifiesta por la inhibición del crecimiento micelial no sólo por compartir el mismo sustrato sino también porque *Trichoderma* tiene la capacidad de producir antibióticos y enzimas tales como  $\beta$ -1,3-glucanasa, quitinasa, proteasa y celulasa, las cuales son enzimas degradadores de la pared celular que juegan un importante papel en el micoparasitismo (Kripalini et al., 2019).

La utilización de productos fitosanitarios en el control de enfermedades de plantas es un elemento clave en la agricultura intensiva. Los pesticidas químicos son económicos y actúan rápidamente, a pesar de que la tendencia es la reducción de su aplicación debido a la pérdida de efectividad de los mismos por la aparición de nuevas cepas de patógenos resistentes, a la tendencia del mercado a demandar productos libres de residuos y a que causan un importante daño medioambiental, entre otros factores. A esto hay que unir las restricciones en cuanto al uso de materias activas en la agricultura (Ferrón, 2013).

Iriarte et al. (2011) investigando el efecto sobre la biofumigación en el control de *Fusarium oxysporum* en repollo concluyeron que el biofumigante redujo la población del patógeno con respecto al testigo. La rápida colonización de *Trichoderma* es debido a que va degradando paredes celulares del patógeno probablemente por la secreción de numerosas enzimas líticas, esto señala que el agente biológico presenta una alta actividad antagónica de la enfermedad mostrando primero el reconocimiento, entre el *Trichoderma* y el *Fusarium*, luego pasa por la penetración de la hifa y luego pasa por la invasión y secreción de enzimas hidrolíticas, esta secreción muestra mucho interés ya que con ello puede matar al hongo controlándolo por completo debido al proceso de quimiotropismo (Rodríguez et al., 2013).

El proceso de quimiotropismo el cual el *Trichoderma* reconoce la lectinas que se encuentra en el hongo patógeno y cuando el micoparásito reconoce al hongo, las hifas lo atrapan y lo rodean formando estructuras apresoras. Asimismo, en cuanto a la penetración de la hifa, ésta se realiza mediante la degradación de la pared celular del hongo fitopatógeno, por medio de la secreción de enzimas que actúan sinérgicamente, y a las que se les denomina en conjunto como las enzimas degradadoras de pared celular, conformado por  $\beta$ -1,3-glucanasas, quitinasas y proteasas, las cuales se inducen por la presencia de las paredes celulares de hongos fitopatógenos (Rodríguez et al., 2013).

### **2.2.11 Trichotrópico WP (*Trichoderma harzianum*)**

Es un fungicida biológico a base del hongo *Trichoderma harzianum* diversos productos formulados con *Trichoderma* se han comercializado para uso en sustrato de producción de posturas, especialmente en hortalizas. La recomendación general es la adición del hongo vía líquida (irrigación) o sólida (incorporación del sustrato con esporas y micelio del hongo) después de la desinfección o esterilización del sustrato y algunos días antes de la siembra o trasplante (Orrala, 2013).

poseen propiedades micoparasitarias y antibióticas, por lo que algunas especies han sido catalogadas como excelentes agentes de control biológico de hongos causantes de enfermedades en diferentes plantas, Este hongo toma nutrientes de los hongos que parasita y de materiales orgánicos ayudando a su descomposición, por lo cual las incorporaciones de materia orgánica y compostas favorecen su proliferación, Las propiedades antagónicas de *Trichoderma* hacia hongos patógenos se basan en la activación de múltiples mecanismos que incluyen la competencia por nutrientes y espacio, el micoparasitismo, la antibiosis, la promoción del crecimiento vegetal, e inducción de respuestas de defensa vegetal (Hernández-Melchor et al., 2019).

El uso de *Trichoderma* sp. como antagonista no solo genera un medio de control biológico sino que también ayuda en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que ésta produce sustancias estimuladoras del crecimiento, acelerando su producción celular, logrando así que las plantas alcancen un desarrollo más rápido. Ofrece además la disminución de productos químicos, lo cual sería la parte más importante y ayuda en la protección de semillas contra hongos presentes en el suelo (Orrala, 2013).

### 2.3 Definición de términos básicos

- **Biocontrol:** El biocontrol es la acción ejercida por los microorganismos clasificados como agentes biológicos de control, estos presentan mecanismos de acción antagonista (Kripalini et al., 2019).
- **Clamidospora:** es la estructura del hongo patógeno que permite sobrevivir en el suelo a pesar de los efectos negativos del ambiente y cuando se siembran las plantas y desarrollan las raíces esta clamidospora germina e infecta a la planta (Kumar et al., 2010).
- **Conidias:** Las conidias, son las esporas del hongo, es una estructura vegetativa y es la fuente de infección a las plantas o cultivos y esta espora tiene la capacidad de diseminación y con ello puede alcanzar a kilómetros a las planta y comenzar con su infección (Kumar et al., 2010).
- **Fungicida biológico:** Es el producto a base de microorganismos beneficiosos cuyo microorganismo presenta actividad antifúngica y con sus mecanismos de acción logra detener y eliminar el crecimiento del hongo fitopatógeno (Kripalini et al., 2019).
- **Fungicida químico:** Es el producto sintético creado por el hombre cuyo ingrediente químico logra detener y eliminar el crecimiento del hongo fitopatógeno pero cuando se usa muchas veces puede originar resistencia en los patógenos (Kripalini et al., 2019).
- **Micoparasitismo:** Los microorganismos beneficiosos clasificados como biocontroladores dentro de sus acciones de antagonistas tienen al micoparasitismo que consta en producir sustancias tóxicas con efecto antifúngico (Ferrón, 2013).
- **Trichoderma:** Es un fungicida biológico a base del hongo *Trichoderma harzianum* diversos productos formulados con *Trichoderma* se han comercializado para uso en sustrato de producción de posturas, especialmente en hortalizas (Orrala, 2013).

## **2.4 Hipótesis de investigación**

### **2.4.1 Hipótesis general**

Los fungicidas químicos y el fungicida biológico *Trichoderma harzianum* influyen en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum en sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Peacock en condiciones de Santa María distrito de Huaura.

### **2.4.2 Hipótesis específicas**

#### **Hipótesis 01**

Los fungicidas químicos y el fungicida biológico *Trichoderma harzianum* influyen en la incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum en sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Peacock en condiciones de Santa María, Huaura.

#### **Hipótesis 02**

Los fungicidas químicos y el fungicida biológico *Trichoderma harzianum* influye en el rendimiento de sandía variedad Peacock en condiciones de Santa María, Huaura.

## 2.5 Operacionalización de las variables

Tabla 1

*Operacionalización de variables*

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores	Parámetros de dimensión
<b>V. Independiente (X)</b>	- Aplicación de diferentes fungicidas biológicos y químicos en el control de <i>Fusarium oxysporum</i> en el cultivo de sandía	<b>- X1:</b> Fungicidas biológicas y químicas	X1: Dosis de Baccinum:	Nominal
			T0 (Testigo sin aplicar)	Nominal
			T1 (Sulfato de cobre (Phyton) a dosis de 1 l/ha)	Nominal
			T2 (Prochloraz (Sportak) a dosis de 300 ml/cil)	Nominal
			T3 ( <i>Trichoderma harzianum</i> a dosis de 0,8 kg/ha)	Nominal
<b>V. Dependiente (Y)</b>	Se evaluó el control de la enfermedad de <i>Fusarium oxysporum</i> Control de la enfermedad	<b>Y1:</b> control y el rendimiento de la sandía	- Incidencia (%).	Nominal
			- Severidad (%).	Nominal
			- Eficiencia de control (%).	Nominal
			- Rendimiento total (t/ha).	Nominal
			- Número de frutos por planta.	Nominal

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO III. METODOLOGIA

### 3.1 Gestión del experimento

La investigación fue aplicada, experimental y de corte longitudinal, de esta manera se midió el efecto de las dosis diferentes de *Trichoderma harzianum* en el control de *Phytophthora cinnamomi* en palto var. Hass en el valle de Cañete.

#### 3.1.1 Ubicación

La presente investigación se llevó a cabo en el predio agrícola Niño Jesús este predio está ubicado en el distrito Santa María provincia de Huaura, ubicado entre las coordenadas UTM de -11,1140690, -77,5356520 y a una altitud de 155 msnm.

#### 3.1.2 Características del área experimental

##### Características de la unidad experimental:

- Distanciamiento entre camas : 2,5 m
- Distanciamiento entre plantas : 0,8 m
- N° camas : 3
- Largo de la unidad experimental : 8 m
- Ancho de la unidad experimental : 8 m
- Área de la unidad experimental : 64 m<sup>2</sup>
- N° Plantas por unidad experimental : 30

##### Características del Bloque:

- N° de bloques : 4
- N° de tratamientos : 4
- Longitud : 8 m
- Ancho : 37 m
- Área Bloque : 300 m<sup>2</sup>

##### Características del Experimento:

- Área neta del experimento : 1369 m<sup>2</sup>
- Total de plantas del experimento : 480 plantas

## Croquis del experimento

Área total del experimento: 1369m<sup>2</sup>

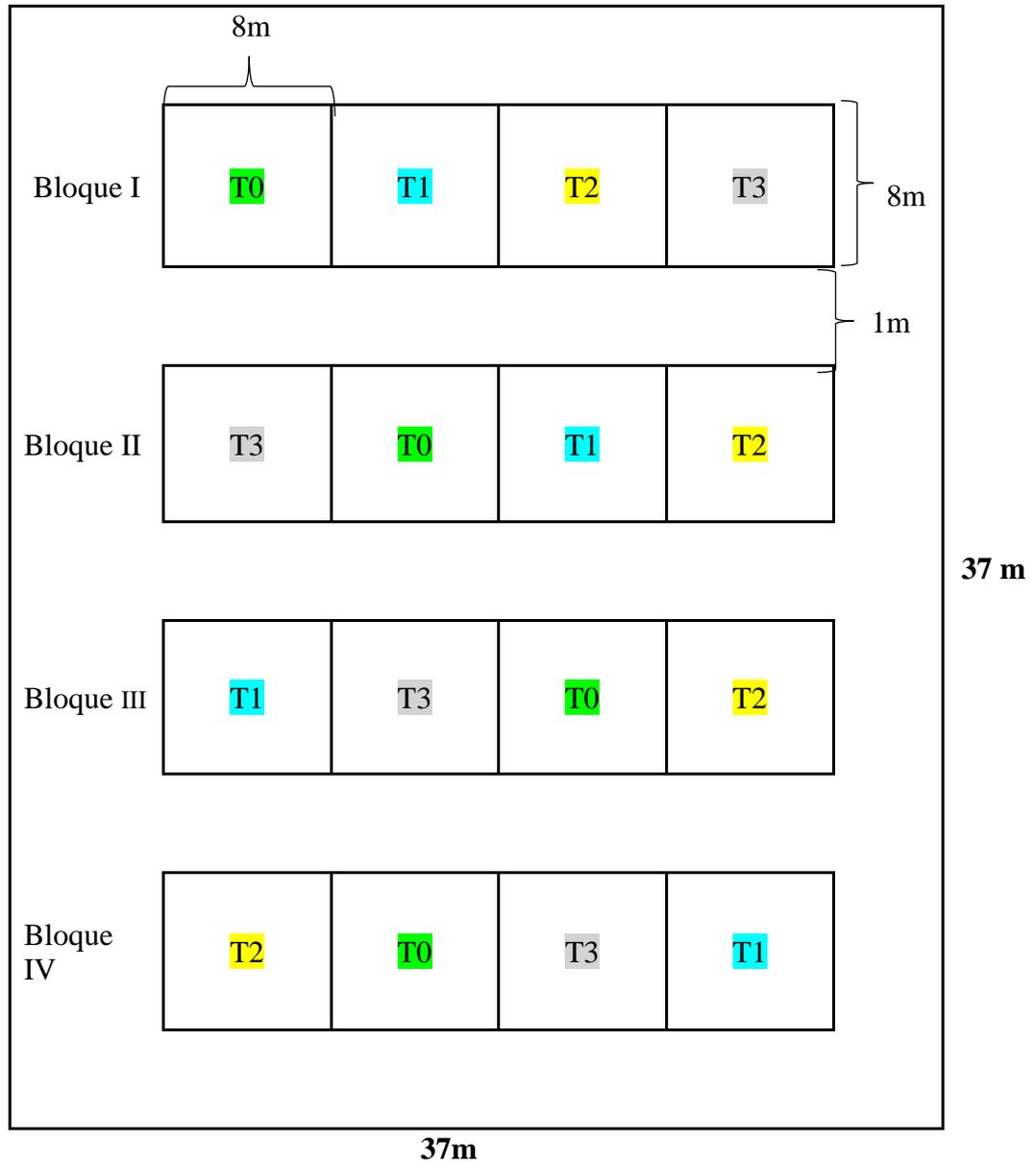


Figura 3. Croquis del campo experimental.

### 3.1.3 Tratamientos

El experimento constó en evaluar el efecto comparativo de fungicidas químicos Prochloraz con su ingrediente activo Sportak, Sulfato de cobre con su ingrediente activo Phyton ambos usados para el control de esta enfermedad *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum por parte de los productores de sandía de la zona y se comparó con un fungicida biológico siendo el *Trichoderma harzianum* producto comercial Trichotrópico WP la cual es usada para controlar *Fusarium oxysporum* en sandía, así mismo, los momentos y dosis de las aplicaciones de estos fungicidas se muestran a continuación.

- T0: Testigo sin aplicar)
- T1: Sulfato de cobre (Phyton) a dosis de 1 l/ha
- T2: Prochloraz (Sportak) a dosis de 300 ml/cil
- T3: Trichotrópico (*Trichoderma harzianum*) a dosis de 0,8 kg/ha

### 3.1.4 Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completo al azar usando 4 tratamientos y en cada tratamiento 4 repeticiones sumando un total de 16 unidades experimentales, se realizó su respectivo análisis de variancia (Tabla 1) y comparación de medias según la prueba de Tukey con 5% de nivel de significancia, para reportar si los datos son confiables se usó el Coeficiente de Variación expresado en %.

Tabla 2

*Prueba de análisis de varianza*

F.V.	GL	SC	CM	F-cal	p-valor	Significación
Bloques	3	SCB	CMB	FCALB		
Tratamientos	3	SCT	CMT	FCALT		
Error	9	SCE	CME			
Total	15	SCT				

### 3.1.5 Variables a evaluar

La evaluación del desarrollo de la enfermedad *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum se realizó con la metodología usada por Lal et al. (2017) quien demostró la capacidad antagonica de fúngicas en control de este hongo en el suelo.

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

La severidad de *Fusarium oxysporum* f.sp. niveum se llevó a cabo con el uso de escalas tal como propone Lal et al. (2017), donde el grado 0 no representa infección y el grado 4 representa una planta infectada por completo, para ello se tomaron como muestra 10 hojas por planta muestreada en una unidad experimental teniendo en cuenta que la muestra fue de 10 plantas por unidad experimental, a continuación se muestra los grados de severidad.

0: No hay infección.

1: Infección leve, donde el 25% de las hojas se marchitan y una o dos hojas se vuelven amarillas.

2: Infección moderada, dos o tres hojas se volvieron amarillas, el 50% de las hojas se marchitaron.

3: Infección extensa, todas las hojas de las plantas se volvieron amarillas, el 75% de las hojas se marchitaron y el crecimiento se inhibió.

4: Infección completa, las hojas de la planta se vuelven amarillas, el 100% de las hojas se marchitan y las plantas mueren.

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

El porcentaje de incidencia de la enfermedad se realizó usando la fórmula sugerida por Lal et al. (2017) indicando el número de plantas con el síntoma de la enfermedad sobre el número de plantas de la unidad experimental los cuales será de 30 plantas.

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

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

El porcentaje de eficiencia de control de la enfermedad se realizó usando la fórmula sugerida por Lal et al. (2017) indicando que los tratamientos con los fungicidas se determinarán el grado de severidad y en base al testigo sin aplicación se tomó el porcentaje de control por cada unidad experimental.

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

Dónde:

EC =Eficiencia control

Ta =Testigo sin aplicación

To =Tratamiento aplicado

### **Características agronómicas evaluadas**

#### **Rendimiento total (t/ha)**

Se pesaron los frutos de la cama central de cada unidad experimental obteniendo el rendimiento de la parcela y se expresó en t/ha.

#### **Peso promedio del fruto (kg/planta)**

Se pesó un fruto de la cama central de cada unidad experimental y se expresaron en kg/planta.

### **3.1.6 Conducción del experimento**

#### **Preparación del terreno experimental**

La preparación del campo experimental se realizó con la mecanización del arado de discos y vertederas con doble pasada el surcado se realizó a distancia de 2,5 m entre camas luego se aplicó la incorporación de materia orgánica con 30t/ha, esta preparación del terreno se realizó aproximadamente el 4 de noviembre de 2021. Alrededor de 10 días antes del trasplantes se aplicó el tratamiento con el fungicida biológico *Trichotrópico* (*Trichoderma harzianum*).

#### **Trasplante de plántulas**

El trasplante se realizó con las plántulas de la variedad Peacock desinfectada y con 25 días desde su germinación en el almácigo y se trasplantó el 15 de noviembre de 2021 a una distancia de 0,80m entre plantas.

### **Riego**

El riego se realizó cada semana durante los primeros estadios de desarrollo del cultivo de sandía y luego se realizó cada dos a tres semanas y es más frecuente cuando llegue a la floración y fructificación del fruto.

### **Fertilización**

La fertilización se usó un nivel de 230-120-250 unidades de NPK y 50 unidades de calcio, 50 unidades de magnesio y 20 unidades de azufre, aplicando la primera fertilización a los 15 días después del trasplante, la segunda aplicación se realizó a los 15 días después de la primera fertilización, la tercera aplicación a los 25 días después de la tercera fertilización y la cuarta aplicación a los 15 días después de la tercera fertilización.

### **Tratamientos de fungicidas**

De acuerdo al historial del campo existe problemas con la enfermedad *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum es por ello que se aplicó fungicidas químicos siendo Prochloraz con su producto comercial Sportak a los 30 y 50 días después del trasplante y Sulfato de cobre con su producto comercial Phytan a los 30 y 50 días después del trasplante y el fungicida biológico se aplicó 10 días antes del trasplante

### **Control de malezas**

El manejo de malezas se realizó de forma manual usando lampas durante la etapa vegetativa es decir en las 2 a 6 primeras semanas.

### **Control de plagas**

Se realizó usando la cartilla de evaluación de insectos plaga mediante la evaluación de plagas y con ello se aplicó los insecticidas.

### **Cosecha**

La cosecha se realizó a 80 días después del trasplante siendo el 8 de febrero del 2022.

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

Las técnicas que se usaron para el procedimiento de esta investigación fue usando el ordenamiento de los datos en una hoja de cálculo de Excel y luego se procesaron con el uso del software estadístico Infostat para el análisis de variancia y la comparación de medias de Tukey con 5% de nivel de significancia.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS**

#### 4.1 Grado de severidad de *Fusarium oxysporum*

El análisis de varianza (Tabla 3) para el grado de severidad de *Fusarium oxysporum*, se observó diferencias altamente significativas entre los tratamientos en estudio. Asimismo, no se ha observado el efecto de los bloques, el coeficiente de variabilidad es de 17,3% lo que indica que la investigación presenta buena precisión experimental.

Tabla 3

*Análisis de varianza para el grado de severidad de Fusarium oxysporum*

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrado Medios	F-cal	p-valor
Bloques	3	0,69	0,23	0,58	0,6434 ns
Tratamientos	3	19,19	6,40	16,16	0,0006 **
Error	9	3,56	0,40		
Total	15	23,44			
Coeficiente de Variabilidad (%):					17,3

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

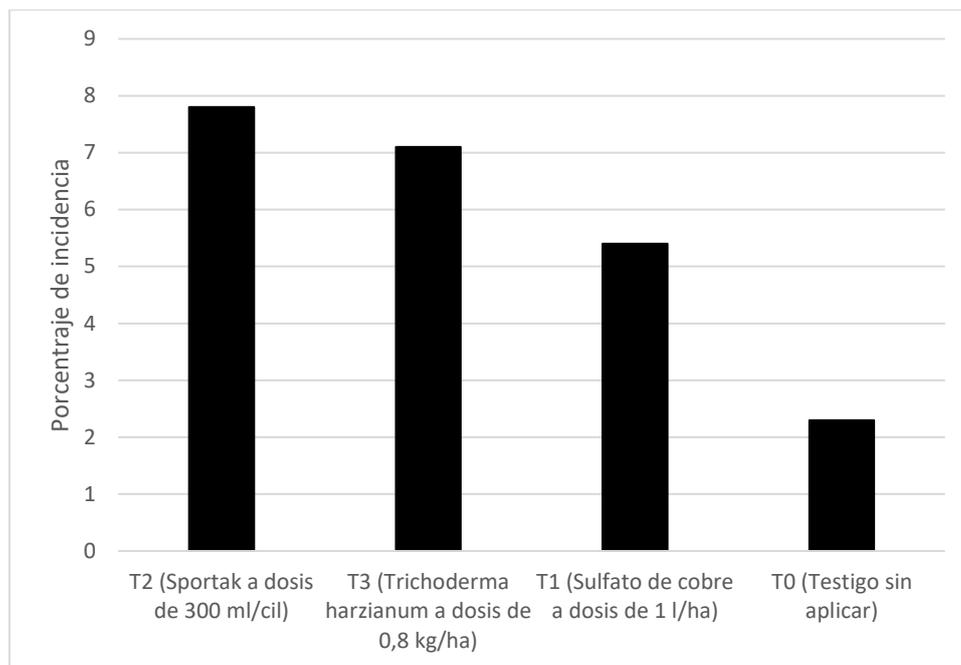
La prueba de Tukey al 5 % (Tabla 4) para el grado de severidad de *F. oxysporum*, el estudio muestra al T0 (Testigo sin aplicar) con el valor más alto de severidad con 3,3 escala que indica que la infección se extendió en todas las hojas de las plantas. En cambio el tratamiento T3 (*Trichoderma harzianum* a dosis de 0,8 kg/ha) y T2 (Sportak a dosis de 300 ml/cil) obtuvieron las escalas más bajas con 1,3 lo que indica que la infección fue leve y 0,3 que no presentó síntomas.

Tabla 4

*Prueba de Tukey al 5% para el grado de severidad de Fusarium oxysporum*

Tratamientos	Severidad (escala)
T0 (Testigo sin aplicar)	3,3 a
T1 (Sulfato de cobre a dosis de 1 l/ha)	2,0 ab
T3 ( <i>Trichoderma harzianum</i> a dosis de 0,8 kg/ha)	1,3 bc
T2 (Sportak a dosis de 300 ml/cil)	0,3 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



**Figura 4.** Comparación de los tratamientos para la incidencia.

#### 4.2 Incidencia de la enfermedad de *Fusarium oxysporum* (%)

El análisis de varianza para esta variable se presenta en la Tabla 5 observando valores que indican diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, no se ha observado el efecto de los bloques, el coeficiente de variabilidad es de 15,1% este valor medio es considerado como aceptable para trabajo en campo.

Tabla 5

*Análisis de varianza para la incidencia de la enfermedad de *Fusarium oxysporum* (%)*

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrado Medios	F-cal	p-valor
Bloques	3	68,75	22,92	0,51	0,6867 ns
Tratamientos	3	18718,75	6239,58	138,23	<0,0001**
Error	9	406,25	45,14		
Total	15	19193,75			
Coeficiente de Variabilidad (%):					15,1

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

La prueba de Tukey al 5 % para la incidencia de la enfermedad de *Fusarium oxysporum* (Tabla 6) muestra que el tratamiento T0 (Testigo sin aplicación) fue el mayor con promedio de 100% superando a los demás tratamientos siendo el tratamiento T2 (Sportak a dosis de 300 ml/cil) (Sportak) con el menor promedio de incidencia obteniendo solo 7,5%.

Tabla 6

Prueba de Tukey al 5% para la incidencia de la enfermedad de *Fusarium oxysporum* (%)

Tratamientos	Incidencia (%)
T0 (Testigo sin aplicar)	100 a
T1 (Sulfato de cobre a dosis de 1 l/ha)	40 b
T3 ( <i>Trichoderma harzianum</i> a dosis de 0,8 kg/ha)	30 b
T2 (Sportak a dosis de 300 ml/cil)	7,5 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

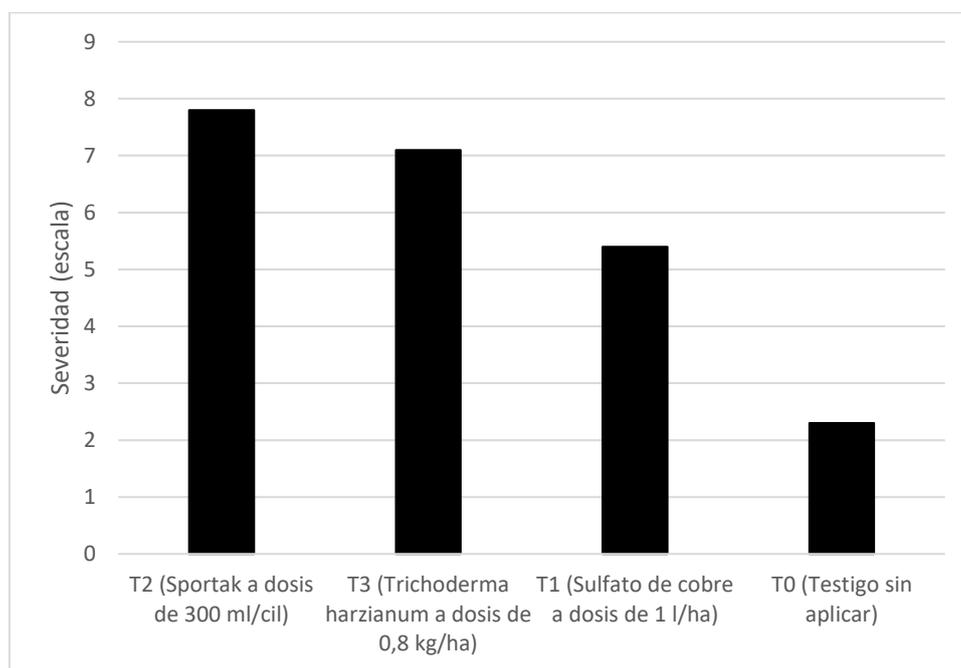


Figura 5. Comparación de los tratamientos para la severidad.

#### 4.3 Eficiencia de control de *Fusarium oxysporum* (%)

En relación a la eficiencia de control de *Fusarium oxysporum* la Tabla 7 presenta diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, no se ha observado el efecto de los bloques, el coeficiente de variabilidad es de 17,84% valor considerado aceptable lo que indica que la investigación presenta buena precisión experimental.

Tabla 7

*Análisis de varianza para la eficiencia de control de Fusarium oxysporum (%)*

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrado Medios	F-cal	p-valor
Bloques	3	1856,53	618,84	1,97	0,1896 ns
Tratamientos	3	18078,34	6026,11	19,15	0,0003 **
Error	9	2832,23	314,69		
Total	15	22767,09			
Coeficiente de variabilidad (%):					17,84

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

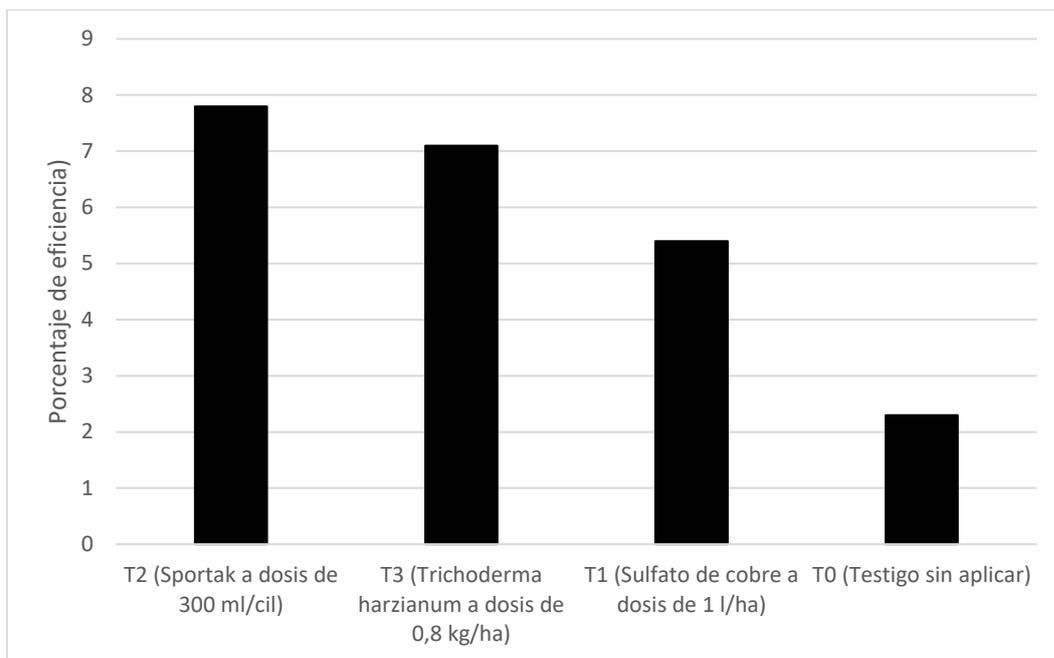
La Tabla 8 muestra la prueba de Tukey al 5 % para la eficiencia de control de *Fusarium oxysporum* reportando que el tratamiento T2 (Sportak a dosis de 300 ml/cil) obtuvo mayor eficiencia de control con promedio de 91,68%, seguido por T3 (*Trichoderma harzianum* a dosis de 0,8 kg/ha) con promedio de 60,43%.

Tabla 8

*Prueba de Tukey al 5% para la eficiencia de control de Fusarium oxysporum (%)*

Tratamientos	Promedio (cm)
T2 (Sportak a dosis de 300 ml/cil)	91,68 a
T3 ( <i>Trichoderma harzianum</i> a dosis de 0,8 kg/ha)	60,43 ab
T1 (Sulfato de cobre a dosis de 1 l/ha)	35,4 b c
T0 (Testigo sin aplicar)	0,0 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



**Figura 6.** Comparación de los tratamientos para la eficiencia del control.

#### 4.4 Rendimiento total (t/ha)

En relación al rendimiento total la Tabla 9 presenta diferencias altamente significativas entre tratamientos, en cambio para bloques no hubo diferencias significativas, el coeficiente de variabilidad es de 5,2% lo que indica que la investigación presenta buena precisión experimental.

Tabla 9

*Análisis de varianza para el rendimiento total (t/ha)*

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrado Medios	F-cal	p-valor
Bloques	3	4,09	1,36	0,61	0,6268 ns
Tratamientos	3	2574,82	858,2	382,78	<0,0001**
Error	9	20,18	2,24		
Total	15	2599,08			
Coeficiente de Variabilidad (%):					5,2

ns, = no significativo, \*\* = altamente significativo

La Tabla 10 muestra la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 5 % para el rendimiento total reportando al tratamiento T2 (Sportak a dosis de 300 ml/cil) con mayor

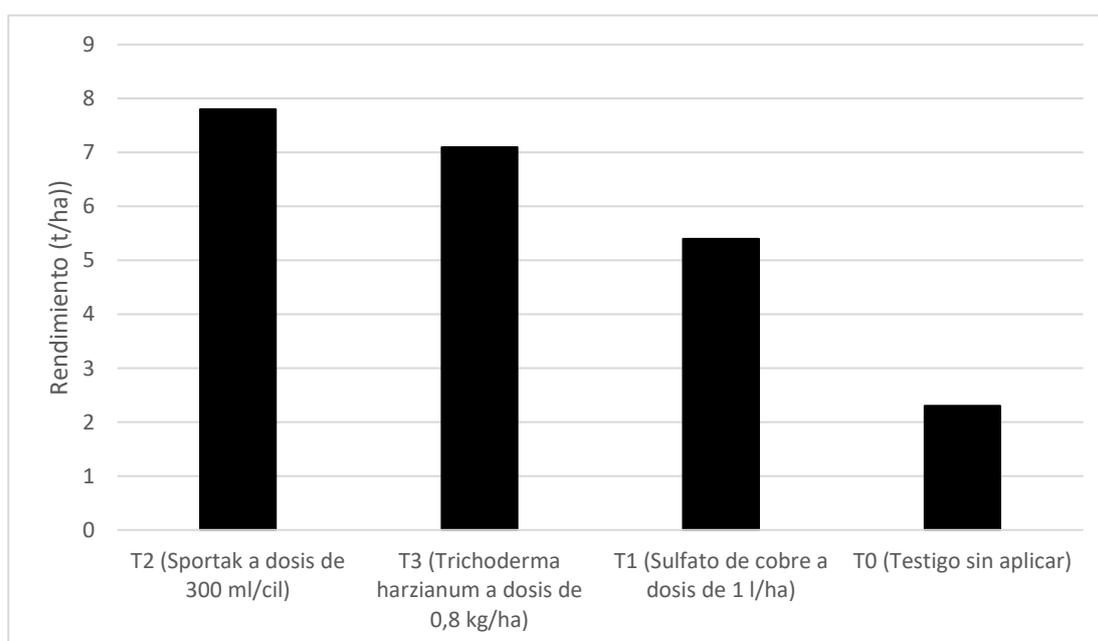
rendimiento en sandía con promedio de 39,75 t/ha similar estadísticamente al tratamiento T3 (*Trichoderma harzianum* a dosis de 0,8 kg/ha) con promedio de 38,50 t/ha.

Tabla 10

*Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento total (t/ha)*

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>
T2 (Sportak a dosis de 300 ml/cil)	39,75 a
T3 ( <i>Trichoderma harzianum</i> a dosis de 0,8 kg/ha)	38,50 a
T1 (Sulfato de cobre a dosis de 1 l/ha)	28,3 b
T0 (Testigo sin aplicar)	8,08 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



**Figura 7.** Comparación de los tratamientos para el peso por fruto de la sandía.

#### 4.5 Peso por fruto (kg/planta)

El análisis de varianza para esta variable se presenta en la Tabla 11 observando valores que indican diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, se ha

observado que no hay efecto en los bloques, el coeficiente de variabilidad es de 12,67% lo que indica que la investigación presenta buena precisión experimental.

Tabla 11

*Análisis de varianza para el peso por fruto (kg/planta)*

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrado Medios	F-cal	p-valor
Bloques	3	1856,53	618,84	1,97	0,1896ns
Tratamientos	3	18078,34	6026,11	19,15	0,0003**
Error	9	2832,23	314,69		
Total	15	22767,09			
Coeficiente de Variabilidad (%):					12,67

ns = no significativo, \*\* = altamente significativo

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

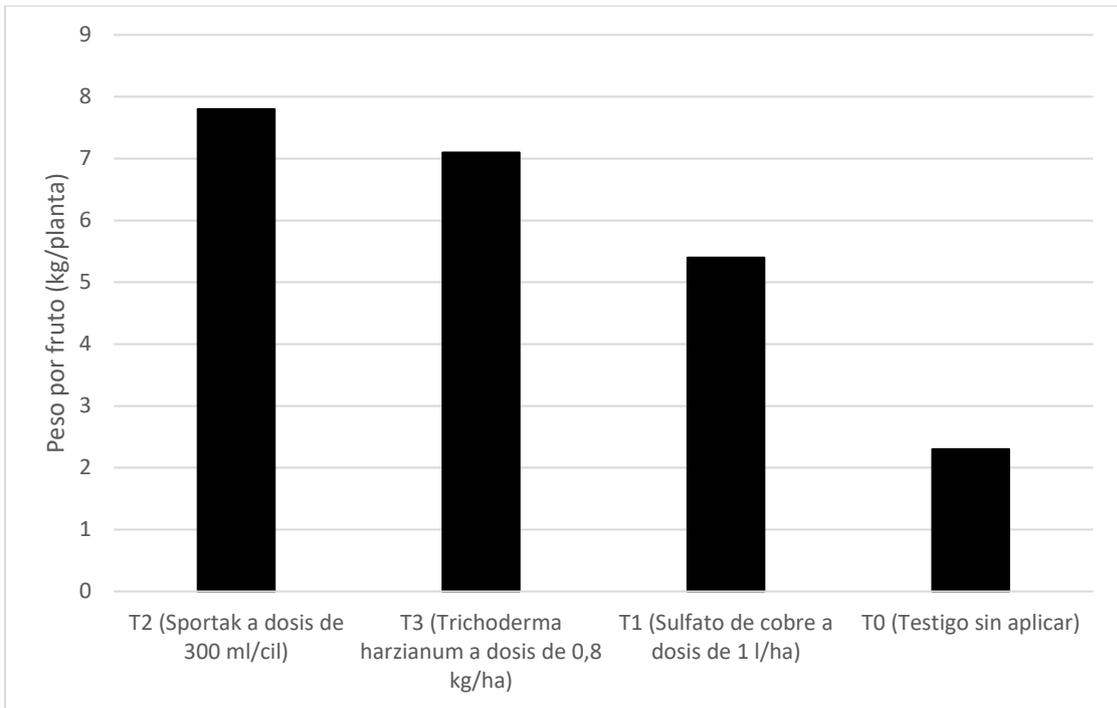
La prueba de Tukey al 5 % para el peso por fruto (Tabla 12) muestra que el tratamiento T2 (Sportak a dosis de 300 ml/cil) obtuvo mayor peso por fruto en sandía con promedio de 7,8 kg/planta similar estadísticamente al tratamiento T3 (*Trichoderma harzianum* a dosis de 0,8 kg/ha) con promedio de 7,1 kg/planta.

Tabla 12

*Prueba de Tukey al 5% para el peso por fruto (kg/planta)*

Tratamientos	Peso por fruto (kg/planta)
T2 (Sportak a dosis de 300 ml/cil)	7,8 a
T3 ( <i>Trichoderma harzianum</i> a dosis de 0,8 kg/ha)	7,1 a
T1 (Sulfato de cobre a dosis de 1 l/ha)	5,4 b
T0 (Testigo sin aplicar)	2,3 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).



**Figura 7.** Comparación de los tratamientos para el peso por fruto de la sandía.

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación demuestra que la aplicación del fungicida químico Prochloraz (Sportak) a dosis de 300 ml/cil reportó efecto significativo en el grado de severidad de *F. oxysporum* obteniendo la escala más baja (0,3) que indica que no se mostraron síntomas similar a la aplicación del fungicida biológico Trichotrópico (*T. harzianum*) con dosis de 0,8 kg/ha con escala que indica que la infección fue leve, donde el 25% de las hojas se marchitan y una o dos hojas se vuelven amarillas. Sin embargo, las plantas que no fueron aplicadas presentaron mayor infección obteniendo la mayor escala que indica que la infección se extendió en todas las hojas de las plantas y se volvieron amarillas, el 75% de las hojas se marchitaron y el crecimiento de la planta se inhibió.

Los resultados fueron similares a los obtenidos por Manayay et al. (2016) quienes investigando el efecto antagonista de Trichoderma y el fungicida químico Benomilo en el control de *Fusarium oxysporum* en tomate encontraron que el fungicida sintética benomilo obtuvo mayor protección de las plantas de tomate al ataque del hongo Fusarium obteniendo menor escala de severidad siendo mayor al ejercido por el fungicida biológica *Trichoderma viride*.

La aplicación del producto químico Prochloraz (Sportak) a dosis de 300 ml/cil reportó efecto significativo en el porcentaje de incidencia de *F. oxysporum* obteniendo el menor valor seguido de la aplicación del fungicida biológico Trichotrópico (*T. harzianum*) con dosis de 0,8 kg/ha con un porcentaje de incidencia de 30%. Los resultados también llegan a coincidir con los reportados por Llicahua (2018) quienes demuestran que la aplicación de *Trichoderma harzianum* obtuvieron 20 a 30% de incidencia en condición de campo, además en condiciones de *in vitro* presento de 80 a 100% de inhibición de la enfermedad indicando que este agente biológico presenta una acción de competencia de espacio y nutrientes con el hongo patógeno.

Con respecto a la eficiencia de control de *Fusarium oxysporum* el estudio demostró que la aplicación del producto químico Prochloraz (Sportak) a dosis de 300 ml/cil reporto mayor eficiencia de control con promedio de 91,68%, seguido por la aplicación del producto biológico Trichotrópico (*T. harzianum*) con promedio de 60,43%.

Estos resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Manayay et al. (2016) quienes encontraron que el fungicida sintética benomilo obtuvo mayor eficiencia de control del hongo *Fusarium* obteniendo mayor al ejercido por el fungicida biológica *Trichoderma viride*. Por otro lado, los resultados con el fungicida biológico fueron similares a Vázquez (2013) quien en su estudiando el control de fungicidas químicos y biológicos en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* en sandía demostraron que la aplicación de *Trichoderma* presenta alta eficiencia con 70 a 90% de control. Sin embargo, sus resultados fueron menores con los fungicidas químicos que obtuvieron menos de 50% de eficiencia de control de *Fusarium* en sandía teniendo en cuenta que la aplicación se realizó 7 días antes del trasplante al campo definitivo dando así mayor tiempo para que el agente biológico tenga mayor tiempo para su proliferación en el suelo obteniendo un mejoramiento en la eficacia de biocontrol.

En relación al rendimiento total de la sandía los resultados demostraron que la aplicación del producto químico Prochloraz (Sportak) a dosis de 300 ml/cil reporto mayor rendimiento similar estadísticamente a la aplicación del producto biológico Trichotrópico (*T. harzianum*) quienes obtuvieron mayor efecto significativo en el rendimiento en el presente estudio. Los resultados también llegan a coincidir con los reportados por Villa-Hernández -Melchor et al. (2019) quien demuestra que la aplicación de *T. harzianum* a dosis alta produce propiedades antagonicas de *Trichoderma* hacia hongos patógenos se basan en la activación de múltiples mecanismos que incluyen la competencia por nutrientes y espacio, el micoparasitismo, la antibiosis, la promoción del crecimiento vegetal, e inducción de respuestas de defensa vegetal

Con respecto al peso del fruto demostró que la aplicación del producto químico Prochloraz (Sportak) a dosis de 300 ml/cil reporto fue similar estadísticamente a la aplicación del producto biológico Trichotrópico (*T. harzianum*) ambos obtuvieron mayor efecto significativo en el peso de fruto. Este resultado es confirmado por Miller y Quesada (2017) quienes indican que el uso de *Trichoderma* sp. como antagonista no solo genera un medio de control biológico sino que también ayuda en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que ésta produce sustancias estimuladoras del crecimiento, acelerando su producción celular, logrando así que las plantas alcancen un desarrollo más rápido. Ofrece además la disminución de productos químicos, lo cual sería la parte más importante y ayuda en la protección de semillas contra hongos presentes en el suelo.

## CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que la aplicación del fungicida sintética Sportak a dosis de 300 ml/cil presentó mayor efecto significativo en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum en sandía variedad Peacock en condiciones de Santa María distrito de Huaura.

Con respecto al grado de severidad y al porcentaje de incidencia los resultados obtenidos demuestran que la aplicación del fungicida químico Sportak reportó efecto significativo en la reducción de la severidad y la incidencia de la enfermedad en sandía variedad Peacock en condiciones de Santa María, Huaura.

Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que la aplicación del fungicida sintética Sportak a dosis de 300 ml/cil fue similar a la aplicación del fungicida biológico *T. harzianum* con dosis de 0,8 kg/ha ya que ambos reportaron efecto significativo en el rendimiento y peso del fruto de la sandía variedad Peacock en condiciones de Santa María distrito de Huaura.

## 6.2 Recomendaciones

Delos resultados y las conclusiones obtenidos en la investigación se recomienda lo siguiente:

Recomendar la aplicación de aplicación del fungicida sintética Sportak a dosis de 300 ml/cil ya que ambos reportó efecto significativo en el control de *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum en sandía variedad Peacock en condiciones de Santa María distrito de Huaura.

Asimismo, se puede combinar la aplicación del fungicida sintética Sportak a dosis de 300 ml/cil y el fungicida biológico *T. harzianum* con dosis de 0,8 kg/ha ya que ambos reportaron efecto significativo en el rendimiento y peso del fruto de la sandía variedad Peacock en condiciones de Santa María distrito de Huaura.

Validar los datos obtenidos nuevamente en la misma zona de ejecución usando la metodología y así comprobar los resultados.

Recomendar realizar ensayo con el uso del fungicida sintética Sportak a dosis de 300 ml/cil y el fungicida biológico *T. harzianum* con dosis de 0,8 kg/ha en otras zonas que produzcan sandía.

## CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, N. (2004). *Fitopatología*. 2da. Ed. México: Editorial Limusa.
- Agrios, G. 2005. *Plant Pathology*. 5ed. Nueva York: Elsevier Academic Press.
- Alvarado, P., Escalona, V., Martin, A., Monardes, H. y Urbina, C. (2009). *Manual del Cultivo de Sandía (Citrullus lanatus) y melón (Cucumis melo)*. 1er Ed., Chile: Nodo Hortícola.
- Borda, S. (2015). *Aplicación foliar de potasio en el rendimiento y calidad del cultivo de sandía (Citrullus lanatus) cv. Black Fire bajo condiciones de Cañete* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Borrego, M. (2002). *El cultivo de la sandía*. 4 ed. (en línea) España: Limusa.
- Castellanos, L., Torrado, J. y Céspedes, C. (2021). Biological alternatives for the control of *Fusarium oxysporum* in pea crop in Pamplona, North Of Santander. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 12(1), 13–28.
- FAO. (2019). Producción de *Citrullus lanatus*. Recuperado a partir de: <https://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- Ferrón, F. (2013). *Identificación de potenciales agentes de control biológico y efecto de sus metabolitos producidos en el control de patógenos* (Tesis de pregrado). Universidad De Almería, Almería, España.
- Flores, W., Chico, J. y Cerna, L. (2015). Actividad antagónica in vitro de *Clonostachys rosea* sobre *Fusarium oxysporum*, *Alternaria solani* y *Botrytis cinérea*. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 35 (1), 34-42. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8143157>
- García, M. (2018). *Determinación del rendimiento de cinco cultivares de sandía (Citrullus lanatus) bajo riego por goteo en el cea III “Los Pichones”* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna, Tacna, Perú.

- González, V., Armijos, E. y Garcés, A. (2020). Biocontrol de la fusariosis de la sandía. *Dossier Frutales*, 36-39.
- Guillén-Cruz, R., Hernández-Castillo, F.D., Gallegos-Morales, G., Rodríguez-Herrera, R., Aguilar-González, C.N., Padrón-Corral, E. y Reyes-Valdés, M.H. (2006). *Bacillus spp.* como biocontrol en un suelo infestado con *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora capsici* Leonian y su efecto en el desarrollo y rendimiento del cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 24, 105-114.
- Hernández-Melchor, D., Ferrera, R. y Alarcón, A. (2019). Revisión: Trichoderma: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia*, 35(1), 98-112.
- Iriarte, L.E.; Sosa, M.C.; Reybet, G.E. (2011). Efecto de la biofumigación con repollo sobre el control de *Fusarium oxysporum* en suelo RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37 (3), 231-237.
- Juarez, B. (2008). *Programa de Mejoramiento genético de Sandía en Seminis*. California, Estados Unidos: Vegetable Seeds Inc. Woodland
- Kripalini, N., Kumar B.M., Devi S. and Sinha B. (2019). Studies on Survey of *Fusarium* wilt of Pea (*Pisum sativum* L.) and its Management by Native *Trichoderma* Isolates and Commercial *Trichoderma* under Pot Condition in Manipur. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 10(1), 18.<http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijbsm&volume=10&issue=1&article=001>
- Kole, C. (2011). *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Vegetables*. 1er Ed. South Carolina, Estados Unidos: Springer.
- Kumar V., Misra A., Gupta A., Pandey B., Gaur R. (2010). RAPD-PCR of *Trichoderma* isolated and in vitro antagonism against *Fusarium* wilt pathogens of *Psidium guajava*. *Journal of plant protection research*, 50 (3), 256 – 262.

- 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
- Ma, L. J., Geiser, D. M., Proctor, R. H., Rooney, A. P., O'Donnell, K., Trail, F. y Kazan, K. (2013). Fusarium Pathogenomics. *Annual review of microbiology*, 67, 399-416.
- Manayay, C., Cordova, L., Garcia, J. y Vásquez, J. (2016). Efecto antagónico de una cepa de *Trichoderma* sp sobre *Fusarium* sp. En planta de tomate Río Grande (*Solanum lycopersicum*). *Revista de Investigación y Cultura*, 5(1), 64-68.
- Miller, N. & Quesada, L. (2017). *Marchitez de Fusarium en sandía*. Recuperado de: <https://content.ces.ncsu.edu/marchitez-de-fusarium-en-sandia>.
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (2021). Producción de sandía. Recuperado de: [http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/mod=consulta\\_cult](http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/mod=consulta_cult)
- Mora, J. (2001). *Control biológico de la pudrición radicular por Fusarium oxysporum en semilleros de café usando endomicorriza y Trichoderma harzianum* (Tesis de pregrado). Universidad Zamorano, Zamorano, Honduras.
- Nagaraju, U., Kumar, U., Harinikumar K.M. & Chavan M. (2017). Effect of bacterial isolates against Fusarium wilt in chick pea. *Environment & Ecology*, 35(2A), 895-899. [https://www.researchgate.net/profile/Mohan\\_Chavan3/publication/322138438\\_Effect\\_of\\_Bacterial\\_Isolates\\_Against\\_Fusarium\\_Wilt\\_in\\_Chick\\_Pea/links/5a4768f40f7e9ba868aa9e98/Effect-of-Bacterial-Isolates-Against-Fusarium-Wilt-in-Chick-Pea.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mohan_Chavan3/publication/322138438_Effect_of_Bacterial_Isolates_Against_Fusarium_Wilt_in_Chick_Pea/links/5a4768f40f7e9ba868aa9e98/Effect-of-Bacterial-Isolates-Against-Fusarium-Wilt-in-Chick-Pea.pdf)
- Llicahua, D. (2018). *Aislamiento y efecto antagonista "in vitro" de Trichoderma spp. frente a Fusarium sp. del cultivo de cebolla de los distritos de Santa Rita de Siguan y de Tiabaya– Arequipa-2018*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

- Orrala, M. (2013). *Control biológico de oídio (Podosphaera fusca F.) y fusarium (Fusarium oxysporum F.) en el cultivo de sandía (Citrullus lanatus T.) en la comuna Río Verde, Provincia De Santa Elena* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal Península De Santa Elena, La Libertad, Ecuador.
- Pérez, E. (2017). *Rendimiento y calidad de sandía utilizando el portainjerto shintoza bajo acolchado plástico en la Comarca Lagunera* (Tesis de pregrado). Tecnológico Nacional De México Coahuila, México.
- Rodríguez-Lacherre, M. y Chico-Ruíz J. (2013). Efecto antagónico *in vitro* de *Clonostachys rosea* sobre *Botrytis cinerea* procedente de cultivos de *Vitis vinífera*. *REBIOL*, 33(2), 42-49.
- Segura, B. (2019). *Comportamiento agronómico de cuatro híbridos de sandía (Citrullus lanatus Th.) en la irrigación de Majes* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Arequipa, Perú.
- Ttito, D. (2018). *Efecto en la producción de cuatro densidades de siembra de sandía Citrullus lanatus (Thunb), variedad peacock en suelo entisol de Aguaytía* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional De Ucayali, Pucallpa – Perú.
- Vázquez, G. (2013). *Mejora de la eficacia de Penicillium oxalicum como agente de biocontrol en enfermedades de plantas hortícolas* (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Villa-Martínez, A., Pérez, R., Morales, A., Basurto, M. y Martínez, E. (2014). Situación actual en el control de *Fusarium spp.* y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64 (2), 194-205.

# ANEXOS

## ANEXO 1. Instrumentos para la obtención de datos

Tabla 13

*Registro de evaluación de las variables a estudiar*

Fecha de Aplicación.....Fecha de Evaluación.....

Nombre del Evaluador.....

Fuentes de variación		Variables					
Tratamiento	Bloque	Severidad de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. niveum	Incidencia de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. niveum	de	Eficiencia de control de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. niveum	Rendimiento total (t/ha)	Longitud y diámetro del fruto
T0	I						
T0	II						
T0	III						
T0	IV						
T1	I						
T1	II						
T1	III						
T1	IV						
T2	I						
T2	II						
T2	III						
T2	IV						
T3	I						
T3	II						
T3	III						
T3	IV						

## ANEXO 2. Datos obtenidos del campo y ordenadas en el Excel

Tabla 14

*Datos de campo*

Bloques	Tratamientos	Severidad (%)	Incidencia (%)	Eficiencia de control (%)	Rendimiento total (t/ha)	Peso del fruto (kg/planta)
I	T0	3	100	0,0	5,7	2,1
	T0	3	30	0,0	29,7	6,5
	T0	1	10	66,7	41,1	7,6
	T0	1	30	66,7	37,9	7,2
II	T1	3	100	0,0	7,9	1,6
	T1	2	40	33,3	27,4	5,6
	T1	0	10	100,0	39,2	8,3
	T1	2	40	33,3	37,4	6,2
III	T2	3	100	0,0	10,3	1,8
	T2	2	40	33,3	28,6	4,2
	T2	0	10	100,0	38,3	6,6
	T2	1	20	66,7	40,4	7,2
IV	T3	4	100	0,0	8,4	3,5
	T3	1	50	75,0	27,4	5,3
	T3	0	0	100,0	40,4	8,5
	T3	1	30	75,0	38,3	7,7

### Anexo 3. Imágenes del experimento



*Figura 8.* Semillas de sandía de la Variedad Pcko.



*Figura 9.* Plantas de sandía en almacigo.



*Figura 10.* Tratamiento 0 en pleno crecimiento.



*Figura 11.* Tratamiento 1 en pleno crecimiento.



*Figura 12.* Tratamiento 2 en pleno crecimiento.



*Figura 13.* Tratamiento 3 en pleno crecimiento.



**Figura 14.** Tratamiento 0 en cosecha.



**Figura 15.** Tratamiento 1 en cosecha.



**Figura 16.** Tratamiento 2 en cosecha.



**Figura 17.** Tratamiento 3 en cosecha.