



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**EFFECTO DE DOS ANTAGONISTAS EN DOS MÉTODOS
DE SIEMBRA CON CINCO VARIEDADES DE ARROZ,
CANTÓN PALESTINA ECUADOR**

AUTOR

PRADO GARCÍA ANDRÉS DAVID

TUTOR

MARTILLO GARCÍA JUAN JAVIER

GUAYAQUIL - ECUADOR

2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **MARTILLO GARCÍA JUAN JAVIER** docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **EFFECTO DE DOS ANTAGONISTAS EN DOS MÉTODOS DE SIEMBRA CON CINCO VARIEDADES DE ARROZ, CANTÓN PALESTINA ECUADOR**, realizado por el estudiante **PRADO GARCÍA ANDRÉS DAVID**; con cédula de identidad N° **0940097140** de la carrera **AGRONOMÍA**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Firma del Tutor

Guayaquil, 18 de septiembre del 2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ
CARRERA AGRONOMÍA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “EFECTO DE DOS ANTAGONISTAS EN DOS MÉTODOS DE SIEMBRA CON CINCO VARIEDADES DE ARROZ, CANTÓN PALESTINA ECUADOR”, realizado por el estudiante PRADO GARCÍA ANDRÉS DAVID, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Tany Burgos Herrería, M.Sc.
PRESIDENTE

Ing. Fanny Rodríguez Jarama, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Darlyn Amaya Márquez, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Juan Martillo García, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 21 de octubre del 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a Dios y a mi abuelita, Francisca Martínez, quien siempre me brindó apoyo incondicional. Sus consejos y su fe en que lograría terminar mis estudios y convertirme en ingeniero agrónomo fueron mi mayor motivación. A ella le dedico mi esfuerzo, siendo mi mayor ejemplo y guía en cada paso.

A la confianza y respaldo de mis padres, quienes me acompañaron desde el inicio de mi etapa universitaria hasta su culminación. También dedico este trabajo, a mi hija Danae y a mi mujer, que ha estado a mi lado durante estos años.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un profundo agradecimientos al Ing. Juan Javier Martillo, por su apoyo y guía a lo largo de mi tesis. A pesar de no haber sido mi docente en aula, me aceptó como su tutelado, compartiendo conmigo su vasto conocimiento en fitopatología. Más allá de ser un docente, ha sido un amigo, brindándome sus consejos y apoyo.

Así mismo, extendiendo mi gratitud a mi amiga Máxima, quien estuvo ahí en todo momento cuando la necesité, ofreciéndome su apoyo constante en este trabajo de tesis, ayudándome a no rendirme y continuar avanzando en este proyecto.

Finalmente, agradezco a mi amigo Cristian Placencio, cuyo apoyo fue crucial, permitiéndome estudiar y trabajar.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo **PRADO GARCÍA ANDRÉS DAVID** en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “**EFECTO DE DOS ANTAGONISTAS EN DOS MÉTODOS DE SIEMBRA CON CINCO VARIEDADES DE ARROZ, CANTÓN PALESTINA ECUADOR**” para optar el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, octubre 21 del 2024

PRADO GARCÍA ANDRÉS DAVID

C.I. 0940097140

RESUMEN

El objetivo general del presente trabajo experimental fue describir el efecto de dos antagonistas en dos métodos de siembra con cinco variedades de arroz en el cantón Palestina Ecuador. Siendo el factor A los antagonistas (*Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*), el factor B el método de siembra (Trasplante y Al voleo) y el factor C las variedades de arroz (SFL-11, INIAP 11, Ferón, SFL-09 y Victoria). Conformando 30 tratamientos, replicados dos veces, con un total de sesenta unidades experimentales. Se empleó un diseño de bloques incompletos en alfa- lattice, parcialmente balanceado con arreglo factorial AxBxC. El análisis de varianza de las variables se realizó mediante la prueba de Tukey al 95% de probabilidad. Las variables evaluadas fueron la severidad, granos vanos y el rendimiento. Para el desarrollo del cultivo se emplearon las labores tradicionales del cultivo de arroz, como preparación del terreno, control fitosanitario, fertilización y control antifúngico acorde a los tratamientos. El tratamiento T1 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL-11) reportó mejor reducción de problemas fúngicos. En términos de severidad, T11 (*T. viride* + Al voleo + SFL-11), T1, y T16 (*T. viride* + Trasplante + SFL-11) destacaron con una tolerancia del 10%. Además, T1 con 4.5% y T6 (*T. harzianum* + Al voleo + SFL-11) con 7.0%, presentaron menor porcentaje de granos vanos. En rendimiento y rentabilidad, los mejores resultados fueron obtenidos en T14 (*T. viride* + Al voleo + SFL-09) con 5740 kg/ha con un beneficio de \$1.37 y T1 con 5550 kg/ha con un beneficio de \$1.20.

Palabras clave: Antifúngico, método de siembra, *Trichoderma* y variedades de arroz.

ABSTRACT

The general objective of the present experimental work was to describe the effect of two fungicides on two planting methods with five rice varieties in canton of Palestina Ecuador. Factor A being the fungicides (*Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride*), factor B the sowing method (transplanting and broadcasting) and factor C the rice varieties (SFL-11, INIAP 11, Feron, SFL-09 and Victoria). There were 30 treatments, replicated twice, with a total of sixty experimental units. An alpha-lattice incomplete block design was used, partially balanced with AxBxC factorial arrangement. The analysis of variance of the variables was performed using Tukey's test at 95% probability. The variables evaluated were severity, empty grains and yield. For the development of the crop, traditional rice cultivation practices were used, such as soil preparation, phytosanitary control, fertilization and antifungal control according to the treatments. Treatment T1 (*T. harzianum* + Transplant + SFL-11) reported better reduction of fungal problems. In terms of severity, T11 (*T. viride* + Broadcast + SFL-11), T1, and T16 (*T. viride* + Transplant + SFL-11) stood out with 10% tolerance. In addition, T1 with 4.5% and T6 (*T. harzianum* + Broadcast + SFL-11) with 7.0%, showed a lower percentage of empty grains. In yield and profitability, the best results were obtained in T14 (*T. viride* + broadcast + SFL-09) with 5740 kg/ha with a profit of \$1.37 and T1 with 5550 kg/ha with a profit of \$1.20.

Keywords: Antifungals, planting method, *Trichoderma* and rice varieties.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
Autorización de Autoría Intelectual	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1 Antecedentes del problema.....	14
1.2 Planteamiento y formulación del problema	15
<i>1.2.1 Planteamiento del problema</i>	<i>15</i>
<i>1.2.2 Formulación del problema</i>	<i>15</i>
1.3 Justificación de la investigación	15
1.4 Delimitación de la investigación	16
1.5 Objetivo general	16
1.6 Objetivos específicos.....	16
1.7 Hipótesis	16
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Estado del arte.....	17
2.2 Bases teóricas	19
<i>2.2.1 Generalidades del cultivo de arroz a nivel mundial.....</i>	<i>19</i>
<i>2.2.2 Importancia del cultivo de arroz en Ecuador</i>	<i>19</i>
<i>2.2.3 Clasificación taxonómica.....</i>	<i>20</i>
<i>2.2.4 Principales enfermedades fúngicas en el arroz.....</i>	<i>20</i>
2.2.4.1. Quemazón (<i>Pyriculariosis</i>).....	20
2.2.4.2. Mancha parda (<i>Bipolaris oryzae</i>).....	21
2.2.4.3. Pudrición de la vaina (<i>Sarocladium sp.</i>).....	21
2.2.4.4. Pudrición del tallo (<i>Leptosphaeria salvinii</i>).....	21
2.2.4.5. Pudrición negra (<i>Gaeumannomyces graminis var. Graminis</i>)	21

2.2.4.6. Tizón de la vaina (<i>Rhizoctonia solani</i>)	22
2.2.4.7. Manchado del grano	22
2.2.5 Síntomas y signos	22
2.2.6 Control de enfermedades	22
2.2.6.1. Control químico (fungicidas)	22
2.2.6.2. Control biológico	23
2.2.6.2.1. <i>Trichoderma spp.</i>	23
2.2.6.2.2. <i>Trichoderma harzianum.</i>	24
2.2.6.2.3. <i>Trichoderma viride.</i>	24
2.3 Marco legal.....	25
2.3.1 Constitución de la República del Ecuador	25
2.3.2 Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1 Enfoque de la investigación	27
3.1.1 Tipo de investigación	27
3.1.2 Diseño de investigación.....	27
3.2 Metodología	27
3.2.1 Variables.....	27
3.2.1.1. Variable independiente	27
3.2.1.2. Variable dependiente.....	27
3.2.1.2.1. Severidad.....	27
3.2.1.2.2. Granos vanos (%).	28
3.2.1.2.3. Rendimiento (kg/ha).....	28
3.2.2 Tratamientos	28
3.2.3 Diseño experimental.....	30
3.2.4 Recolección de datos.....	30
3.2.4.1. Recursos	30
3.2.4.2. Métodos y técnicas.....	31
3.2.4.2.1. Métodos.....	31
3.2.4.2.2. Técnicas.	31
3.2.5 Análisis estadístico	33
3.2.5.5. Hipótesis estadística	34
4. RESULTADOS.....	35

4.1 Indicación de cuál patógeno fúngico afecta la producción de arroz en cinco variedades y en dos métodos de siembra en el cantón Palestina.....	35
4.1.1 <i>Alternaria spp.</i>.....	35
4.1.2 <i>Rhizoctonia solani</i>.....	35
4.1.3 <i>Aspergillus spp.</i>.....	36
4.1.4 <i>Pyricularia spp.</i>.....	36
4.2 Identificación mediante prueba de patogenicidad que agente causal afecta la producción de arroz con la aplicación de <i>Trichoderma harzianum</i> y <i>Trichoderma viride</i> en la reducción de problemas fúngicos en la zona de estudio	37
4.2.1 Severidad (%).....	40
4.2.2 Granos vanos (%).....	42
4.2.3 Rendimiento (kg/ha).....	44
4.3 Realización de un análisis económico entre tratamientos	46
5. DISCUSIÓN	48
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
6.1 Conclusiones.....	50
6.2 Recomendaciones.....	50
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala para medir la severidad.....	28
Tabla 2. Descripción de los tratamientos.....	29
Tabla 3. Descripción de las unidades experimentales - trasplante.....	30
Tabla 4. Esquema del análisis de varianza	33
Tabla 5. Reporte de patógenos en granos	37
Tabla 6. Reporte de patógenos en tallo-hoja.....	39
Tabla 7. Análisis de varianza severidad (%).....	41
Tabla 8. Análisis de varianza granos vanos (%).....	43
Tabla 9. Análisis de varianza rendimiento kg/ha	45
Tabla 10. Relación beneficio – costo.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Característica macroscópica y microscópica <i>Alternaria spp.</i>	35
Figura 2. Característica macroscópica y microscópica <i>Rhizoctonia solani</i> .	36
Figura 3. Característica microscópica <i>Aspergillus spp.</i>	36
Figura 4. Característica macroscópica y microscópica <i>Pyricularia spp.</i>	37
Figura 5. Crecimiento micelial de patógenos en grano.....	38
Figura 6. Crecimiento micelial de patógenos en tallo-hoja	39
Figura 7. Ubicación geográfica del experimento.....	56
Figura 8. Croquis del trabajo experimental.....	56
Figura 9. Análisis de varianza de la variable granos vanos	57
Figura 10. Residuos para granos vanos.....	57
Figura 11. Análisis de varianza de la variable rendimiento.....	58
Figura 12. Residuos para rendimiento.....	58
Figura 13. Herbicidas usados para realizar control de malezas	59
Figura 14. Realizando la mezcla de herbicidas para controlar malezas ...	59
Figura 15. Realizando la fumigación de herbicida	60
Figura 16. Plántulas del semillero para el trasplante	60
Figura 17. Preparación del terreno para las 60 parcelas demostrativas...	61
Figura 18. Realizando las mediciones para dividir las parcelas	61
Figura 19. División de las parcelas demostrativas.....	62
Figura 20. Realización del método de siembra al voleo	62
Figura 21. Crecimiento de plántulas sembradas en semillero y al voleo ..	63
Figura 22. Extracción de las plántulas del semillero para trasplante	63
Figura 23. Realizando el trasplante de las plántulas	64
Figura 24. Plántulas trasplantadas	64
Figura 25. Visita del tutor.....	65
Figura 26. Preparación de PDA para los medios de cultivos.....	65
Figura 27. Colocación de los PDA en la cámara de aire	66
Figura 28. Preparación de los medios de cultivos en la Caja Petri.....	66
Figura 29. Medios de cultivos en la Caja Petri.....	67
Figura 30. Patógeno en medio de cultivo	67
Figura 31. Identificación de los patógenos por medio del microscopio.....	68

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

La agricultura es una actividad fundamental en la economía del Ecuador, y el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), es uno de los pilares de esta industria. Sin embargo, el cultivo de arroz no está exento de desafíos, y uno de los principales problemas a los que se enfrentan los agricultores es el ataque de hongos que pueden afectar la producción y la calidad del cultivo (Orrala, 2021).

El cultivo del arroz demanda una atención minuciosa para su óptimo desarrollo, implicando prácticas como la fertilización, el control de malezas y enfermedades. En particular, las enfermedades fúngicas se ubican entre las principales causas de los deficientes rendimientos en la producción de arroz, manifestándose en forma de manchas en las hojas e incluso la fatalidad de las plantas, con repercusiones negativas en la producción y comercialización del cereal. Para hacer frente a esta problemática, los agricultores recurren al uso de fungicidas, asegurando así un cultivo saludable (Cruz et al., 2022).

Los fungicidas son productos químicos diseñados para prevenir o controlar las enfermedades causadas por hongos. Estos productos se aplican en el cultivo de arroz de diferentes maneras, dependiendo de los métodos de siembra utilizados. En el caso de la siembra directa, los fungicidas se aplican de manera directa en el suelo antes de la siembra, mientras que, en la siembra por trasplante, se aplican sobre las plántulas antes de ser trasplantadas al campo (Barúa et al., 2021).

Las variedades de arroz de mayor predominancia en Ecuador son INIAP 14 (33.7%), INIAP 11 (10.4%), e INIAP 15 (4.7%), las cuales han sido desarrolladas y liberadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Además, se encuentran bastantes distribuidas las variedades SFL 09 (29.6%) y SFL-11 (7%), proporcionadas por la empresa Procesadora Nacional de Alimentos (PRONACA) (Zambrano et al., 2019).

Mediante lo expuesto se considera realizar un análisis sobre la aplicación adecuada de los fungicidas, de la misma manera se estudiarán los métodos de siembra en el cultivo de arroz, para tener una alternativa y disminuir las enfermedades como el manchado del grano, pudrición del tallo provocada por la presencia de varios hongos, a fin de garantizar el desarrollo productivo para el sector agrícola.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El cultivo del arroz en Ecuador enfrenta desafíos significativos que amenazan la sostenibilidad y la rentabilidad de los agricultores locales. A pesar de ser un producto de alta importancia nacional y considerado autosuficiente, la producción de arroz se ve afectada por factores como cambios climáticos impredecibles, la aparición de nuevas enfermedades y patógenos, y la resistencia de estos a los agroquímicos convencionales. Estos retos demandan la implementación de prácticas innovadoras y eficaces para el manejo del cultivo.

Uno de los problemas fundamentales en la producción de arroz en Ecuador es el uso generalizado de semillas tradicionales de baja calidad, lo que resulta en pérdidas económicas considerables para los agricultores. Esta situación se ve agravada por la falta de conocimientos técnicos adecuados sobre la importancia crucial de emplear variedades mejoradas y métodos de siembra apropiados. Además, el uso inadecuado y descontrolado de fungicidas ha propiciado la propagación de enfermedades, comprometiendo tanto el proceso productivo como la calidad final del arroz destinado al mercado. Esta problemática se traduce en impactos económicos negativos para los agricultores y, por ende, para la economía nacional.

1.2.2 Formulación del problema

¿El uso de los antagonistas *Trichoderma harziamun* y *Trichoderma viride* tendrá efecto sobre dos métodos de siembra en las diferentes variedades de arroz (*Oryza sativa L.*) en el cantón Palestina?

1.3 Justificación de la investigación

La justificación de esta investigación se basa en la necesidad de comprender el impacto de los antagonistas en la prevención de enfermedades en el cultivo de arroz en la zona arrocería de Palestina. Esta indagación se revela esencial debido a los problemas recurrentes en la producción de arroz en Ecuador, donde se carece de conocimiento técnico sobre el uso adecuado de antagonistas, la selección de variedades y métodos de siembras apropiadas ha llevado a pérdidas económicas significativas para los agricultores.

El estudio se enfoca en la evaluación de dos antagonistas específicos (*Trichoderma harziamun* y *Trichoderma viride*), aplicados en cinco variedades distintas de arroz (SFL-11, SFL-09, Ferón, Victoria y INIAP 11), y se compararán

los resultados obtenidos mediante la implementación de dos métodos de siembra diferentes (trasplante y al voleo). Esta investigación se vuelve crucial para mejorar la calidad y la productividad del arroz en la zona, en especial para los pequeños agricultores.

Al comprender cómo los antagonistas afectan diferentes variedades de arroz y cómo interactúan con distintos métodos de siembra, se podrán establecer pautas y prácticas recomendadas para los agricultores en la región de Palestina. Estos conocimientos científicos contribuirán no solo a mejorar la producción y calidad del arroz, sino también a reducir las pérdidas económicas de los agricultores, promoviendo así el desarrollo sostenible y la estabilidad económica en la zona arrocerera de Palestina.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Este proyecto se lleva a cabo en el cantón Palestina zona sur de la provincia del Guayas (-1°37'29"S, -79°57'57"W).
- **Tiempo:** Para la ejecución de este proyecto se considera un tiempo de seis meses.
- **Población:** Productores arroceros que buscan alternativas para el control fitosanitario en sus plantaciones.

1.5 Objetivo general

Describir el efecto de dos antagonistas en dos métodos de siembra con cinco variedades de arroz en el cantón Palestina Ecuador.

1.6 Objetivos específicos

- Indicar cual patógeno fúngico afecta la producción de arroz en cinco variedades y en dos métodos de siembra el cantón Palestina.
- Identificar mediante prueba de patogenicidad que agente causal afecta la producción de arroz con la aplicación de *Trichoderma harziamun* y *Trichoderma viride* en la reducción de problemas fúngicos en la zona de estudio.
- Realizar un análisis económico entre tratamiento.

1.7 Hipótesis

Uno de los tratamientos evaluados bajo la combinación de dos antagonistas con cinco variedades de arroz utilizando dos métodos de siembra, aumentó la productividad del cultivo de arroz en la zona agrícola del cantón Palestina.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Garrido y Vilela (2019) evaluaron la capacidad antagónica de una cepa comercial de *Trichoderma harzianum* frente a los patógenos *Rhizoctonia* spp., *Nakatea sigmoide* y *Sclerotium rolfsii*, los cuales son responsables de la Pudrición de tallos y vainas del arroz. Además, investigaron su influencia en 14 cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de distintos campos arroceros. Los resultados de las pruebas in vitro revelaron que *T. harzianum* exhibe una marcada actividad antagónica e hiperparasítica, en especial contra *Rhizoctonia*. Observaron un alto grado de micoparasitismo con *Rhizoctonia*, caracterizado por un enrollamiento frecuente de las hifas y una penetración efectiva. En el caso de *Nakatea*, se evidenció solo el enrollamiento de las hifas, mientras que en *Sclerotium* no se observaron signos de enrollamiento.

Zambrano et al. (2019) estudiaron los factores que influyen en la producción de arroz, seleccionando de manera aleatoria un total de 7 225 unidades productivas en la provincia de los Ríos. Los resultados indicaron que el rendimiento promedio del cultivo fue de 4.25 t/ha, destacando las variedades SFL 11 e INIAP 14 como las más productivas, con el cantón Babahoyo registrando los niveles más altos de producción.

Goyes et al. (2021) evaluaron la tolerancia de los cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) al complejo de decoloración de granos durante la estación lluviosa en la zona de Babahoyo. Para ello, se establecieron seis tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando semillas certificadas de las variedades de arroz SFL 09, SFL 11, SFL 12, INIAP 14, INIAP 15 y INIAP Cristalino. Aplicaron un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA). Los resultados mostraron que la variedad SFL 09 presentó la mayor severidad de la enfermedad con un 27.7%, mientras que las variedades INIAP 15 e INIAP 14 registraron las menores severidades con 1.8% y 7.9%, de manera respectiva y la variedad SFL 11 mostró un 13.7% de severidad. En cuanto al rendimiento, INIAP 15 alcanzó el valor más alto con 5101.0 kg/ha, seguida de INIAP Cristalino con 4559.3 kg/ha y SFL 11 con 4492.0 kg/ha, por otro lado, las variedades INIAP 14 (4143.7 kg/ha) y SFL 09 (3880.7 kg/ha) mostraron rendimientos más bajos. Los hongos *Curvularia* sp. y *Helminthosporium* sp. fueron identificados como los agentes causales de la enfermedad.

El Salous et al. (2020) realizaron una investigación con el objetivo de mejorar la calidad del cultivo de cacao en la provincia del Guayas, Ecuador, al comparar los efectos de dos fungicidas: uno químico (Sulfato de Cobre Pentahidratado) y otro biológico (*Trichoderma harzianum*). Implementaron un diseño en cuadro latino en un cultivo de cacao de cinco años, con seis tratamientos, incluyendo un control absoluto, y seis repeticiones. Los resultados indicaron que *Trichoderma harzianum*, en especial a una dosis de 600 g/ha, redujo de manera significativa la incidencia de enfermedades en las mazorcas, mejorando así el rendimiento y la calidad del cacao. Este tratamiento se destacó como la opción más efectiva, beneficiando tanto la producción como el medio ambiente.

Pazmiño (2019) evaluó los efectos del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* y de un fungicida químico en cuatro variedades de arroz, el experimento incluyó 12 tratamientos, entre ellos un testigo sin control, cada uno con tres repeticiones, resultando en un total de 36 unidades experimentales. Las alternativas de control empleadas fueron *T. harzianum* y Difenconazole, mientras que las variedades evaluadas fueron SFL12, SFL11, SFL09 y ARENILLA. Las variables consideradas fueron severidad, número de granos por panícula, porcentaje de granos vanos y rendimiento. El análisis de varianza reveló diferencias significativas entre las variedades evaluadas, así como un efecto de interacción en las alternativas de control. La variedad SFL11 presentó mayor media de granos vanos, con 15.10%, mientras que *T. harzianum* no logró un control eficaz de las enfermedades, ya que su media fue de 4.2, comparada con el testigo que obtuvo 5.4, ambos clasificados como tolerantes en la escala de evaluación. En cuanto al rendimiento los promedios oscilaron entre 4000 y 4500 kg/ha.

Sandoval et al. (2022) mencionan que a nivel mundial, se han identificado 150 especies de hongos en el grano de arroz. Los hongos más frecuentes asociados con el manchado de grano incluyen *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl, *Alternaria padwickii* (Ganguly) M. B. Ellis, *Aspergillus flavus* Link, *Aspergillus niger* van Tiegh, *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoemaker, *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn, *Fusarium moniliforme* J. Sheld, *Fusarium oxysporum* Schldt, *Rhizoctonia Solani*, *Pyricularia grisea*, *Fusarium solani* (Martius), y *Penicillium* Link.

Debnath et al. (2020) realizaron una revisión de los principales descubrimientos relacionados con el uso de especies de *Trichoderma* en el cultivo de arroz. Los resultados indicaron que las diversas especies de *Trichoderma* han

sido empleadas en diferentes áreas de investigación en plantas de arroz para mejorar la absorción de nutrientes, la fertilidad del suelo, la tolerancia a la salinidad, y para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas, logrando así un incremento en los rendimientos. Entre las especies estudiadas, *T. harzianum* fue la más investigada por sus diversos roles en el cultivo de arroz, seguida de *T. asperellum*, *T. viride*, *T. virens* y *T. atroviride*. Concluyendo, que los hallazgos resaltan el potencial de las especies de *Trichoderma* como biofertilizante y agente de control biológico en el cultivo de arroz a nivel global.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Generalidades del cultivo de arroz a nivel mundial

El arroz, conocido por su nombre científico como *Oryza sativa* L., es una planta de cereales muy consumida en todo el mundo, siendo el segundo cereal más consumido después del trigo. Su alto valor calórico lo convierte en un alimento fundamental a nivel global (Cadena et al., 2019). Esta relevancia ha llevado a que el cultivo y producción de arroz sean vitales para la economía de muchas naciones, en especial aquellas ubicadas en climas tropicales y subtropicales húmedos, aunque también se cultiva en regiones húmedas de subtrópicos y en climas templados y mediterráneos (Buelvas, 2021).

De acuerdo con los datos estadísticos suministrados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT, 2021), la producción global de arroz alcanzó una cifra superior a los 787 millones de toneladas, logrando este notable rendimiento a través de una extensa área de cultivo que abarcó más de 165 millones de hectáreas. Desde una perspectiva regional, se destaca la contribución de Asia con un impresionante 90.5% de la producción, seguida por América con un 5.2% y África con un 3.7%. En lo que respecta a las naciones líderes en la producción a nivel global, China Continental, India y Bangladesh sobresalen de manera destacada.

2.2.2 Importancia del cultivo de arroz en Ecuador

En Ecuador, el arroz se posiciona como el segundo cultivo más importante en la producción de alimentos después del maíz. Este cereal no solo satisface las necesidades internas del país, sino que también abre la puerta a posibles exportaciones, consolidando a Ecuador como un potencial exportador en el mercado internacional (Zambrano et al., 2019).

Acorde a datos del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2023), en 2022 se sembraron más de 343 mil hectáreas de arroz, con una producción total que supero el 1.5 millones de toneladas. Esta producción contribuyó de manera significativa a la economía agrícola del país, representando el 3.9% del Valor Agropecuario Bruto.

En Ecuador, la producción de este cultivo se focaliza en su totalidad en la zona costera del país. Las provincias clave en términos de producción son Guayas, que contribuye con el 64.5%, seguida de Los Ríos con el 25.7%, y en menor medida, Manabí con el 5.5% (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC], 2023).

2.2.3 Clasificación taxonómica

Según Noches (2019), se presenta la taxonomía del cultivo de arroz de la siguiente manera en términos científicos: perteneciente al reino Plantae, dentro de la división de Fanerógamas y del tipo Espermatófitas. Es una Angiosperma de clase Monocotiledónea, orden Glumifloral, familia Grainea, subfamilia Panicoidea y tribu Oryzeae. Además, se encuentra en la subtribu Oryzinea y se clasifica como del género *Oryza* y de la especie *Sativa*.

2.2.4 Principales enfermedades fúngicas en el arroz

De acuerdo con Valdez et al. (2019), el cultivo de arroz se ve impactado por una variedad de agentes infecciosos que provocan diversas enfermedades. Estos agentes infecciosos, en ciertas condiciones ambientales específicas, representan uno de los factores limitantes más significativos en la producción de arroz. La actividad desarrollada por estos agentes, que en su mayoría son hongos, cuando invaden diferentes partes de la planta, como las hojas, tallos, inflorescencias y semillas, conlleva a reducciones tanto en la calidad como en la cantidad de la cosecha. La magnitud de las pérdidas económicas está determinada por los niveles de susceptibilidad de las variedades de arroz cultivadas y por las prácticas de manejo agronómico que se aplican a dichos cultivos.

2.2.4.1. Quemazón (*Pyriculariosis*)

La *Pyriculariosis* es una enfermedad que puede ser denominada de manera diferente dependiendo de su fase de desarrollo, ya sea en su forma sexual (*Magnaporthe oryzae*) o asexual (*Pyricularia grisea* o *Pyricularia oryzae*). Este hongo persiste en hojas y otros restos del cultivo previo durante su período de latencia. La patología se manifiesta sobre todo en la parte inferior de la planta, y su

propagación ocurre a través de residuos vegetales, semillas y malas hierbas (Facuy et al., 2022).

2.2.4.2. Mancha parda (*Bipolaris oryzae*)

Es una patología fungosa de gran relevancia y alta incidencia en el cultivo del arroz. Las pérdidas ocasionadas por esta enfermedad fluctúan dependiendo del grado de infestación y, en ocasiones, pueden ser significativas durante epidemias graves. Los síntomas pueden manifestarse en cualquier fase del ciclo de cultivo, afectando tanto las hojas como los tallos y la panícula (Plata et al., 2020).

2.2.4.3. Pudrición de la vaina (*Sarocladium sp.*)

La infección de la pudrición de la vaina se manifiesta en la parte superior de la vaina durante el estado de embuchamiento. Los primeros signos incluyen manchas de forma oblonga a irregular, con un centro de color gris y bordes marrones. Estas lesiones tienden a fusionarse y aumentar de tamaño, afectando toda la vaina de la hoja. En casos graves, la infección puede provocar una emergencia parcial de la panícula. Las panículas que no emergen se deterioran y muestran un crecimiento abundante de un polvillo fungoso dentro de la vaina de la hoja. Si las panículas emergen de forma parcial, es posible que produzcan granos que estén poco desarrollados y llenos de manera deficiente (Caldas et al., 2020).

2.2.4.4. Pudrición del tallo (*Leptosphaeria salvinii*)

La pudrición del tallo en el cultivo de arroz se caracteriza por la aparición de lesiones de pequeño tamaño, de tonalidad negra, que emergen en la superficie exterior de las vainas de las hojas, en especial en las proximidades del nivel del agua. Este patógeno induce una debilitación del tallo, lo que resulta en un acame de la planta, es decir, una inclinación excesiva del tallo que conduce a que la planta se doble y, en última instancia, caiga al suelo (García et al., 2021).

2.2.4.5. Pudrición negra (*Gaeumannomyces graminis var. Graminis*)

El hongo se establece en las raíces de las plantas que son susceptibles, provocando síntomas como el retraso en el crecimiento, raíces que se vuelven más pequeñas y oscuras, así como una maduración temprana de los granos. Este organismo patógeno puede persistir en los restos de plantas infectadas y se propaga sobre todo a través del suelo, transportado por maquinaria agrícola. La incidencia de esta enfermedad es más común en campos con deficiencias nutricionales (Pérez y Rodríguez, 2018).

2.2.4.6. Tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani*)

Los síntomas se manifiestan en las vainas situadas en el tercio basal del tallo y luego se hacen evidentes en la superficie de las hojas inferiores. La lesión característica presenta una forma elíptica irregular con un color verde grisáceo y un centro blanco plateado, rodeada por un borde marrón rojizo. Los tallos afectados por *Rhizoctonia solani* se descomponen y se rompen con facilidad. La presencia y gravedad del añublo de la vaina están influenciadas por el uso de variedades con alta susceptibilidad, la aplicación de altos niveles de fertilizantes nitrogenados y la siembra que conduce a una alta densidad de plantas (Rivera y Wright, 2020).

2.2.4.7. Manchado del grano

En las regiones donde se cultiva arroz, el manchado del grano de arroz se destaca como una enfermedad fúngica crucial debido a su amplia propagación y alta incidencia. En los campos, esta enfermedad se hace evidente durante el periodo que va desde la floración hasta la maduración del arroz. Esta patología impacta de forma negativa en la calidad del producto al reducir la cantidad de granos completos, generando granos quebradizos durante el proceso de molienda y produciendo granos yesosos con colores inusuales (Bedoya, 2022).

2.2.5 Síntomas y signos

Un síntoma se define como una manifestación evidente de una patología en un cultivo, razón por la cual cualquier desviación observable en la morfología o función de las plantas puede clasificarse como tal. La identificación de estos síntomas requiere un profundo entendimiento de la apariencia y la fisiología típica de la especie o variedad en cuestión. En situaciones donde las enfermedades vegetales son causadas por agentes patógenos, estos pueden manifestarse mediante la presencia de signos visibles (Rivera y Wright, 2020).

2.2.6 Control de enfermedades

El abordaje de enfermedades en la agricultura requiere una aplicación de medidas de control integrado que englobe la selección de estrategias idóneas, abarcando desde la preparación del suelo hasta la fase de cosecha. Este proceso demanda una supervisión constante por parte del agricultor, el técnico agrícola y el especialista en agricultura (Caldas et al., 2020).

2.2.6.1. Control químico (fungicidas)

La aplicación de fungicidas para el manejo de enfermedades representa uno de los enfoques más viables para los agricultores. El control químico, mediante la

utilización de fungicidas, ha sido considerado uno de los principales métodos de control de enfermedades ocasionadas por hongos en el sector agrícola. En sus primeros tiempos, los cultivos se han protegidos de manera exitosa mediante la aplicación de sulfato de cobre y azufre. En la actualidad, se ha experimentado un sustancial aumento en la disponibilidad de agentes activos, entre los cuales se destacan las ftalimidias y los ditiocarbamatos de generación intermedia, caracterizados por su acción en múltiples sitios (Cabrera et al., 2019).

2.2.6.2. Control biológico

Bedoya (2022) menciona que se han reconocido la importancia de emplear agentes de control biológico y sus metabolitos secundarios como estrategias efectivas para combatir las enfermedades que afectan a las plantas. A medida que el interés en el control biológico ha ido en aumento, se ha comprobado que diversos agentes biológicos desempeñan un papel crucial en esta área. Entre los agentes de control biológico que han demostrado ser relevantes se encuentran *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus vallismortis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces globisporus*, *Chaetomium globosum* y *Trichoderma spp.* Estos agentes han sido objeto de estudios exhaustivos debido a su potencial actividad biológica en el control de enfermedades de las plantas en la agricultura.

2.2.6.2.1. *Trichoderma spp.*

De acuerdo con la clasificación taxonómica proporcionada por el National Center for Biotechnology Information (NCBI, 2010), *Trichoderma* se categoriza de la siguiente manera:

Súper reino: Eucariota

Reino: Fungi

Filum: Ascomycota

Subfilum: Pezizomycotina

Clase: Sordariomycetes

Subclase: Hypocreomycetidae

Orden: Hypocreales

Familia: Hypocreaceae

Género: *Trichoderma*

La capacidad de *Trichoderma* como micoparásito natural fue al principio demostrada por Weindling en 1932, marcando el inicio de experimentos en control biológico a partir de la década de 1970, con un énfasis creciente en estudios de

campo para su aplicación en cultivos de hortalizas y ornamentales. Estos hongos, caracterizados por su rápido crecimiento, son saprofitos del suelo y la madera. Las especies pertenecientes a este género exhiben una amplia distribución en todas las latitudes y se encuentran de manera natural en diversos entornos, en especial aquellos que albergan materia orgánica o desechos vegetales en proceso de descomposición (Villar et al., 2019).

2.2.6.2.2. *Trichoderma harzianum*.

Trichoderma harzianum es una morfoespecie muy reconocida y utilizada en el ámbito del control biológico de enfermedades en plantas a nivel global. Este hongo pertenece al clado *Harzianum*, que exhibe una compleja estructura poblacional caracterizada por la presencia de poblaciones recombinantes, consideradas especies biológicas, así como poblaciones clonales bien definidas. Además, se identifican cepas filogenéticas solitarias que se apartan de manera significativa de otras cepas en el clado, lo que introduce un desafío en la conceptualización unívoca de especie dentro de este grupo. La destacada presencia de *Trichoderma harzianum* en estrategias de control biológico subraya su importancia como agente potencial para el manejo sostenible de enfermedades en los cultivos (Conrado et al., 2022).

2.2.6.2.3. *Trichoderma viride*.

Trichoderma viride, la primera especie de *Trichoderma* identificada por Christian Hendrik Persoon en 1974, es un hongo filamentoso con amplia presencia en alimentos, suelos diversos, madera descompuesta y granos almacenados. Sus colonias, con un diámetro de hasta 7.5 cm en cinco días a 20°C, muestran una transición de color de blanco-amarillento a blanco-verdoso durante el desarrollo, con conidios de tonalidad verde oliva. En condiciones desfavorables, forma estructuras de resistencia blancas y correosas. Reconocido por su utilidad en aplicaciones agrícolas y ambientales (León et al., 2017).

Trichoderma viride destaca por fortalecer sistemas radiculares y mejorar la absorción de nutrientes mediante simbiosis con las raíces de las plantas. Funciona como biofungicida al antagonizar de manera natural fitopatógenos, secretando enzimas y metabolitos antifúngicos. Estas características hacen de *Trichoderma viride* un componente valioso en estrategias de control biológico, impulsando prácticas agrícolas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, promoviendo

el manejo integrado de patógenos y contribuyendo a la salud del suelo en sistemas agrícolas (Conrado et al., 2022).

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. (p.29)

Art. 282.- El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierra, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra. (Constitución de la República de Ecuador, 2008 [Art. 13 y 282], p.139)

2.3.2 Ley Orgánica de Sanidad Agropecuaria

Artículo 16. De las facultades de los inspectores. - Dentro de la planificación de regulación y control, los inspectores fito y zoosanitarios cumplirán las siguientes funciones: inspeccionar, verificar, examinar y tomar muestras de plantas, productos vegetales, artículos reglamentados, animales, mercancías pecuarias, productos o cualquier material susceptible de transmitir plagas y enfermedades, y emitirán el informe técnico de la situación fito y zoosanitaria correspondiente. (p.7)

Artículo 17. De la adopción de medidas sanitarias. - Verificada la existencia de una plaga o enfermedad, la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, dispondrá las medidas sanitarias que hubiere lugar con el fin de evitar un daño inminente al estatus fito y zoosanitario del país. (p.7)

Artículo 21. Del control fitosanitario. - El control fitosanitario en los términos de esta Ley, es responsabilidad de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, tiene por finalidad prevenir y controlar el ingreso, establecimiento y la diseminación de plagas que afecten a los vegetales, productos vegetales y artículos reglamentados que representen riesgo fitosanitario. El control fitosanitario y sus medidas son de aplicación inmediata y obligatoria para las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, dedicadas a la producción, comercialización, importación y exportación de tales plantas y productos. (p.8)

Artículo. 24.- Finalidad de la sanidad. - La sanidad e inocuidad alimentarias tienen por objeto promover una adecuada nutrición y protección de la salud de las personas; y prevenir, eliminar o reducir la incidencia de enfermedades que se puedan causar o agravar por el consumo de alimentos contaminados. (p.8)

Artículo 28. De las áreas libres y de baja prevalencia de plagas. - La Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario podrá declarar y mantener oficialmente como área libre o de baja prevalencia de plagas un territorio determinado, cuando verifique técnicamente que una o varias

plagas no están presentes en el o se encuentran en niveles bajos y sujeto a medidas eficaces de vigilancia y control. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2010, p.9)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación adopto un enfoque explicativo, fundamentada en un nivel experimental con el fin de evaluar y comparar la efectividad de los mecanismos de acción de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*. Este análisis se llevó a cabo en dos métodos de siembra diferentes, para evaluar su desempeño en cinco variedades distintas de arroz.

3.1.2 Diseño de investigación

Esta investigación tiene un enfoque experimental, porque se sometió el cultivo de arroz a la acción de dos antagonistas biológicos, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, con el propósito de controlar las enfermedades fúngicas en dicho cultivo. Se diseño treinta tratamientos distintos, que incluye grupos de control testigo absoluto, los cuales no tuvieron a ninguna aplicación de fungicida.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

Control biológico: *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*

Método de siembra: Trasplante y Al voleo

Variedades: SFL-11, SFL-09, Ferón, Victoria y INIAP 11

3.2.1.2. Variable dependiente

3.2.1.2.1. Severidad.

La variable de severidad se cuantifico mediante la medición de la longitud y el ancho de todas las lesiones que se presentaron. En la evaluación de patógenos, se llevó a cabo la observación mediante los postulados de Koch para identificar los diversos agentes patógenos que incidieron en el cultivo, así como los órganos específicos afectados. Este proceso se realizó con la recolección in situ de muestras correspondientes a cada tratamiento y parcela. En algunos casos, se llevó a cabo la comparación fenotípica para obtener información relevante.

$$\text{Severidad} = \left(\frac{\text{número de plantas en cada grado}}{\text{número total de plantas}} \right) \times 100$$

Tabla 1.***Escala para medir la severidad***

Cobertura por la enfermedad (% área foliar)	Grado de severidad	Clasificación
1-3%	1	Tolerante
3-5%	2	
5-7%	3	
7-10%	4	
10-17%	5	Medio tolerante
17-20%	6	
20-30%	7	Medio susceptible
30-40%	8	
50% o más	9	Susceptible

Fuente: Pazmiño (2019)**Elaborado por: El Autor, 2024****3.2.1.2.2. Granos vanos (%).**

Se realizó la selección de 100 granos de arroz al azar de cada área útil correspondiente a cada tratamiento. Este método permitió la obtención de la cantidad de granos saludables y afectados en el diseño experimental.

3.2.1.2.3. Rendimiento (kg/ha).

Esta variable se cuantificó al término de la investigación, contemplando una superficie de la parcela útil de 9 m² por cada unidad experimental. La cantidad de granos secos obtenidos en cada una de estas áreas se proyectará a una hectárea, presentando los resultados en términos de kilogramos por hectárea (kg/ha).

3.2.2 Tratamientos

En el presente estudio se evaluó cinco variedades de arroz, en dos métodos de siembra con dos tipos de control: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, con una dosificación por parcela de 2 cc y los testigos absolutos, los cuales no recibieron ninguna aplicación de antagonista. Por lo tanto, se consideró como tratamientos la combinación de tres factores. Los niveles experimentales de cada factor que se evaluó se indican a continuación:

Factor A: *Trichodermas* y testigos (tipo de control)

a1= *Trichoderma harzianum*

a2= *Trichoderma viride*

a3= Testigos (sin antagonistas)

Factor B: Trasplante y Al voleo (método de siembra)

b1= Trasplante

b2= Al voleo

Factor C: Variedades de arroz

c1= SFL-11

c2= INIAP 11

c3= Ferón

c4= SFL-09

c5= Victoria

Tabla 2.

Descripción de los tratamientos

Nº	Combinación factorial	Descripción	Variedad de arroz	Dosis/ parcela	Aplicación
T1	a1xb1xc1	Trasplante-harzianum	SFL- 11	2cc	0-15-30-45-60-75
T2	a1xb1xc2	Trasplante-harzianum	INIAP 11	2cc	0-15-30-45-60-75
T3	a1xb1xc3	Trasplante-harzianum	Ferón	2cc	0-15-30-45-60-75
T4	a1xb1xc4	Trasplante-harzianum	SFL-09	2cc	0-15-30-45-60-75
T5	a1xb1xc5	Trasplante-harzianum	Victoria	2cc	0-15-30-45-60-75
T6	a1xb2xc1	Al voleo-harzianum	SFL- 11	2cc	0-15-30-45-60-75
T7	a1xb2xc2	Al voleo-harzianum	INIAP 11	2cc	0-15-30-45-60-75
T8	a1xb2xc3	Al voleo-harzianum	Ferón	2cc	0-15-30-45-60-75
T9	a1xb2xc4	Al voleo-harzianum	SFL-09	2cc	0-15-30-45-60-75
T10	a1xb2xc5	Al voleo-harzianum	Victoria	2cc	0-15-30-45-60-75
T11	a2xb2xc1	Al voleo-viride	SFL- 11	2cc	0-15-30-45-60-75
T12	a2xb2xc2	Al voleo-viride	INIAP 11	2cc	0-15-30-45-60-75
T13	a2xb2xc3	Al voleo-viride	Ferón	2cc	0-15-30-45-60-75
T14	a2xb2xc4	Al voleo-viride	SFL-09	2cc	0-15-30-45-60-75
T15	a2xb2xc5	Al voleo-viride	Victoria	2cc	0-15-30-45-60-75
T16	a2xb1xc1	Trasplante-viride	SFL- 11	2cc	0-15-30-45-60-75
T17	a2xb1xc2	Trasplante-viride	INIAP 11	2cc	0-15-30-45-60-75
T18	a2xb1xc3	Trasplante-viride	Ferón	2cc	0-15-30-45-60-75
T19	a2xb1xc4	Trasplante-viride	SFL-09	2cc	0-15-30-45-60-75
T20	a2xb1xc5	Trasplante-viride	Victoria	2cc	0-15-30-45-60-75
T21	a3xb1xc1	Trasplante-Testigo	SFL- 11	N/A	0-15-30-45-60-75
T22	a3xb1xc2	Trasplante-Testigo	INIAP 11	N/A	0-15-30-45-60-75
T23	a3xb1xc3	Trasplante-Testigo	Ferón	N/A	0-15-30-45-60-75
T24	a3xb1xc4	Trasplante-Testigo	SFL-09	N/A	0-15-30-45-60-75
T25	a3xb1xc5	Trasplante-Testigo	Victoria	N/A	0-15-30-45-60-75
T26	a3xb2xc1	Al voleo-Testigo	SFL- 11	N/A	0-15-30-45-60-75
T27	a3xb2xc2	Al voleo-Testigo	INIAP 11	N/A	0-15-30-45-60-75
T28	a3xb2xc3	Al voleo-Testigo	Ferón	N/A	0-15-30-45-60-75
T29	a3xb2xc4	Al voleo-Testigo	SFL-09	N/A	0-15-30-45-60-75
T30	a3xb2xc5	Al voleo-Testigo	Victoria	N/A	0-15-30-45-60-75

Notas: N/A: ninguna aplicación.

Elaborado por: El Autor, 2024

3.2.3 Diseño experimental

Para llevar a cabo este ensayo se utilizó un diseño de bloques incompletos en alfa- lattice, parcialmente balanceado. Todo el ensayo se evaluó a través de dos repeticiones, las cuales son las fuentes de anidamiento de los bloques. Las medidas y demás características de las unidades experimentales se describen en la tabla 3.

Tabla 3.

Descripción de las unidades experimentales - trasplante

Características	Descripción
Diseño experimental	Bloques incompletos
Número de tratamientos	30
Número de repeticiones	2
Número de parcelas	30
Ancho de las parcelas	5 m
Longitud de las parcelas	5 m
Hileras por parcelas (trasplante)	20
Columnas por parcelas (trasplante)	20
Distancia entre hileras (trasplante)	0.25 m
Distancia entre plantas (trasplante)	0.25 m
Distancia entre repeticiones	Repeticiones separadas
Distancia entre parcelas	Contiguas
Área total de la parcela	25 (m ²)
Superficie de la parcela útil	9 (m ²)
Área total útil del ensayo	540 (m ²)
Área total de experimento	1800 (m ²)
Métodos de siembra	Trasplante y Al voleo

Elaborado por: El Autor, 2024

3.2.4 Recolección de datos

3.2.4.1. Recursos

Se utilizó los siguientes recursos:

- Estacas
- Piola
- Rabón
- Balde
- Cinta
- Cámara fotográfica

- Hoja de registro
- Marcador
- Bomba de mochila
- Agua
- Antagonistas
- Variedad de arroz: SFL-11, INIAP 11, Ferón, SFL-09 y Victoria
- Cuaderno
- Letreros
- Personal de campo

3.2.4.2. Métodos y técnicas

3.2.4.2.1. Métodos.

- **El método inductivo:** Este estudio se fundamentó en fuentes confiables y buscando evaluar la eficacia de dos antagonistas biológicos en el cultivo de arroz.
- **El método deductivo:** Se identificó mediante prueba de patogenicidad que agente causal afecto la producción de arroz.
- **El método experimental:** Se evaluó la respuesta del cultivo al aplicar *Trichoderma harziamun* y *Trichoderma viride* para reducir los problemas fúngicos.

3.2.4.2.2. Técnicas.

Objetivo 1. Indicar cual patógeno fúngico afecta la producción de arroz en cinco variedades y en dos métodos de siembra el cantón Palestina.

Actividad 1. Se llevó a cabo la selección de una pequeña parcela, donde se efectuó la preparación del suelo para la creación de un semillero. Este proceso incluyó la siembra de las cinco variedades de arroz, empleando el método de trasplante, ya que la siembra al voleo se realizó en el día de la siembra, con las parcelas ya establecidas. El método de siembra por trasplante se realizó entre 15 y 20 días de antelación.

Actividad 2. Se realizó la preparación del terreno, que involucro un exhaustivo romplow o arado para descomponer los panes de tierra. Además, se hizo el riego del terreno y se gestionó una lámina de agua apropiada para permitir el uso del motocultor y lograr un fanguero óptimo en el suelo. Después, se procedió a la delimitación de las parcelas para cada tratamiento.

Actividad 3. Se estableció en el área de estudio las cinco variedades de arroz mediante los dos métodos de siembra, es decir, al voleo y por trasplante, con el fin de realizar observaciones detalladas.

Actividad 4. Se llevó a cabo un monitoreo periódico de las plantas con el propósito de identificar cualquier signo de infección fúngica.

Actividad 5. Se realizó la documentación de la severidad de los síntomas fúngicos en el cultivo, recopilando información detallada sobre la afectación de cada variedad de arroz en relación con los dos métodos de siembra empleados. Se evaluaron 20 plantas por tratamiento en cada repetición.

Objetivo 2. Identificar mediante prueba de patogenicidad que agente causal afecta la producción de arroz con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* en la reducción de problemas fúngicos en la zona de estudio.

Actividad 1. Se cultivó los organismos *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* en condiciones controladas de laboratorio, asegurando un ambiente propicio para su desarrollo y crecimiento.

Estas muestras se sometieron a un proceso de aislamiento de los posibles agentes patógenos presentes. Se extrajeron e identificaron los organismos fúngicos sospechosos que pudieran estar asociados con la disminución en la producción de arroz.

Actividad 2. Se preparó los inóculos con las cepas de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, los cuales se aplicaron en condiciones específicas sobre las muestras de arroz en el laboratorio. Para cada tratamiento, se estableció grupos de control sin la presencia de *Trichoderma*, con el fin de comparar los resultados y evaluar el efecto protector de estos agentes sobre la producción de arroz.

Actividad 3. Se llevó a cabo mediciones periódicas de incidencia fúngica, registrando cualquier signo de desarrollo patogénico en las plantas inoculadas. Se consideraron factores como la presencia de síntomas específicos.

Actividad 4. Estos procedimientos, basados en los postulados de Koch, permitieron obtener evidencia científica que respalda la identificación del agente causal y evaluar la eficacia de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* en la mitigación de los problemas fúngicos en la producción de arroz en la zona de estudio.

Objetivo 3. Realizar un análisis económico entre tratamiento.

Actividad 1. Se recopiló datos económicos asociados a cada tratamiento, incluyendo costos de aplicación de los antagonistas, las variables dependientes evaluadas y las pérdidas económicas.

Actividad 2. Se realizó un análisis comparativo entre los tratamientos, considerando factores económicos clave como rendimiento y costos, para evaluar la viabilidad económica de cada estrategia de control fúngico.

Actividad 3. Se calculó los costos – beneficios y la rentabilidad de cada tratamiento.

$$\text{Relación beneficio costo RCB} = \left(\frac{\text{Beneficios netos}}{\text{Costos de inversión}} \right)$$

3.2.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo utilizando el programa informático Infostat. Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias significativas entre las diversas combinaciones factoriales. Además, se empleó la prueba de Tukey para realizar comparaciones de medias. Todos estos análisis se llevaron a cabo con un nivel de significancia del 5%, el esquema de ANOVA se presenta en la tabla 4.

Tabla 4.

Esquema del análisis de varianza

Fuente de variación	Fórmula	GL
TOTAL	a*b*cR-1	59
Factor A	a-1	2
Factor B	b-1	1
Factor (C-1)	c-1	4
Interacción AxB	(a-1) (b-1)	2
AXC	(A-1) (C-1)	8
BXC	(B-1) (C-1)	4
AXBXC	(A-1) (B-1) (C-1)	8
Repeticiones	R-1	1
Bloques en repeticiones	r(B-1)	8
Error experimental	(ab-1) (R-1)	21

Notas: a: niveles del factor A; b: niveles del factor B; c: niveles del factor C; r: repeticiones; B: bloques incompletos.

Elaborado por: El Autor, 2024

3.2.5.5. Hipótesis estadística

Ho: No existe significancia entre los tratamientos estudiados porque ninguno de los tratamientos tendrá efecto controlador en las enfermedades fúngicas en el cultivo de arroz o tuvieron efectos similares en el control de la enfermedad.

H1: Al menos un tratamiento presenta significancia en el control de la enfermedad fúngica en el cultivo de arroz.

4. RESULTADOS

4.1 Indicación de cuál patógeno fúngico afecta la producción de arroz en cinco variedades y en dos métodos de siembra en el cantón Palestina

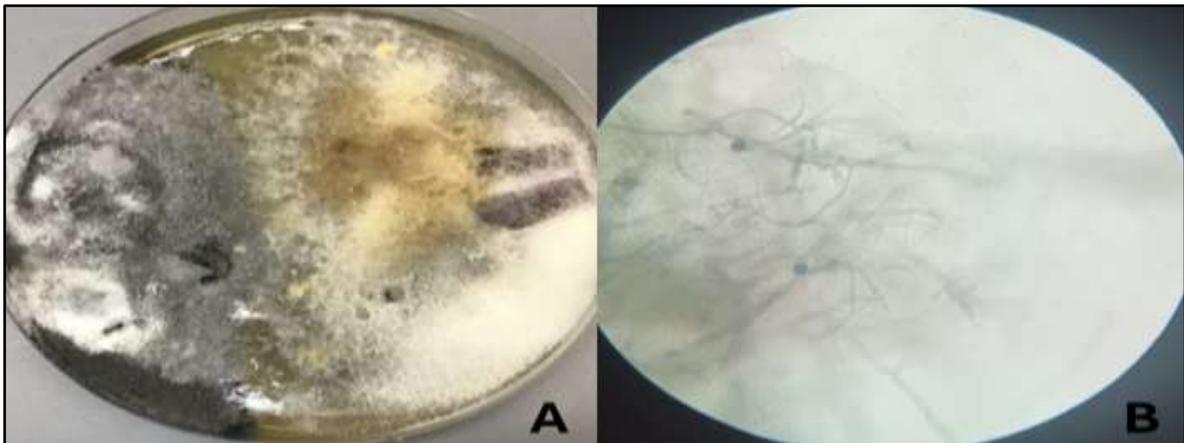
Los principales patógenos fúngicos que se presentaron en los diferentes tratamientos, bajo condiciones de laboratorio de las muestras de granos y tallos-hojas fueron:

4.1.1 *Alternaria spp*

Su micelio tiene una tonalidad oscura y apariencia algodonosa. Sus conidióforos son simples y presentan una forma alargada u ovoide, en el extremo del conidióforo se desarrollan conidios de color marrón, los cuales presentan septos transversales y verticales en disposición irregular, en la figura 1 se observa las características macroscópicas del hongo en el medio de cultivo PDA (A) y su estructura microscópica (B).

Figura 1.

Característica macroscópica (A) y microscópica (B) *Alternaria spp*.



Elaborado por: El autor, 2024

4.1.2 *Rhizoctonia solani*

En la figura 2 se observa las características macroscópicas del hongo *Rhizoctonia solani* en el medio de cultivo PDA (A), presentando un micelio de color marrón claro a oscuro. Este hongo no produce conidios, pero forma estructuras de resistencias denominadas esclerocios, que son masas compactas de micelio capaces de sobrevivir en condiciones ambientales adversas. En la figura (B) se muestra sus características microscópicas, donde se observa a más detalle la morfología de las estructuras fúngicas.

Figura 2.**Característica macroscópica (A) y microscópica (B) *Rhizoctonia solani*.****Elaborado por: El autor, 2024****4.1.3 *Aspergillus spp***

Las características macroscópicas del *Aspergillus spp* presenta un micelio de color marrón, con una apariencia granulosa o pulverulenta. Su micelio es septado y sus conidióforos son de pared delgada, con cabezuelas que adoptan una disposición radiada. En la figura 3 se muestra las características microscópicas del hongo.

Figura 3.**Característica microscópica *Aspergillus spp*.****Elaborado por: El autor, 2024****4.1.4 *Pyricularia spp***

En la figura 4 se muestra la característica macroscópica del hongo en el medio de cultivo PDA (A), se evidencia que presenta un micelio con coloración oscura en el centro y un borde de apariencia algodonosa de color blanco. Sus conidios son en forma de pera, con una base redondeada de la que emerge un pequeño pedúnculo basal. En la figura (B) se muestra sus características microscópicas.

Figura 4.

Característica macroscópica (A) y microscópica (B) *Pyricularia* spp.



Elaborado por: El autor, 2024

4.2 Identificación mediante prueba de patogenicidad que agente causal afecta la producción de arroz con la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* en la reducción de problemas fúngicos en la zona de estudio

Se realizó un muestreo en los 30 tratamientos, donde se tomaron muestras en la fase reproductiva de los granos afectados, para la caracterización de los hongos encontrados en el predio arrocero. La tabla 5 muestra el reporte de los hongos identificados por tratamientos en granos de arroz.

Tabla 5.

Reporte de patógenos en granos

Tratamientos	N° de patógenos	Patógenos
T1	-	-
T2	1	<i>Rhizoctonia solani</i>
T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19 y T20	2	<i>Alternaria</i> spp, <i>Rhizoctonia solani</i>
T10	3	<i>Alternaria</i> spp, <i>Pyricularia</i> spp, <i>Aspergillus</i> spp
T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T21, T22, T23, T24, T25, T26, T27, T28, T29 y T30	4	<i>Alternaria</i> spp, <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Pyricularia</i> spp, <i>Aspergillus</i> spp

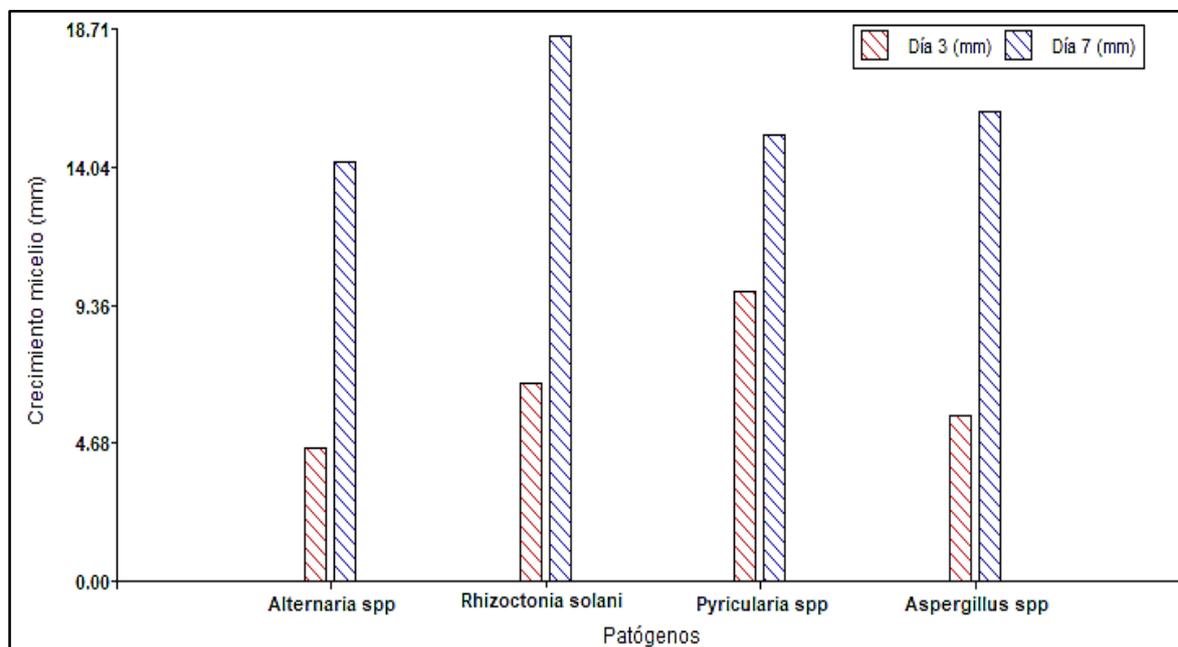
Elaborado por: El autor, 2024

La figura 5 indica el crecimiento de los patógenos *Alternaria spp*, *Rhizoctonia solani*, *Pyricularia spp* y *Aspergillus spp* en medio PDA durante tres y siete días de la incubación.

Se observa que *Alternaria spp* mostró un crecimiento de 4.5 mm al tercer día hasta 14.2 mm al séptimo día, seguido de *Rhizoctonia solani* que presentó un crecimiento de 6.7 mm al tercer día hasta 18.5 mm al séptimo día, así mismo, *Pyricularia spp* mostró un crecimiento de 9.8 mm al tercer día hasta 15.1 mm al séptimo día y *Aspergillus spp* presentó un crecimiento de 5.6 mm al tercer día hasta 15.9 mm al séptimo día.

Figura 5.

Crecimiento micelial de patógenos en grano



Elaborado por: El autor, 2024

La tabla 6 muestra el reporte de los hongos identificados por tratamientos en tallo-hoja. Para realizar la caracterización de los hongos encontrados en el predio arrocero, se realizó un muestreo en los 30 tratamientos, donde se tomaron muestras en la fase reproductiva del cultivo en los órganos de tallo-hoja.

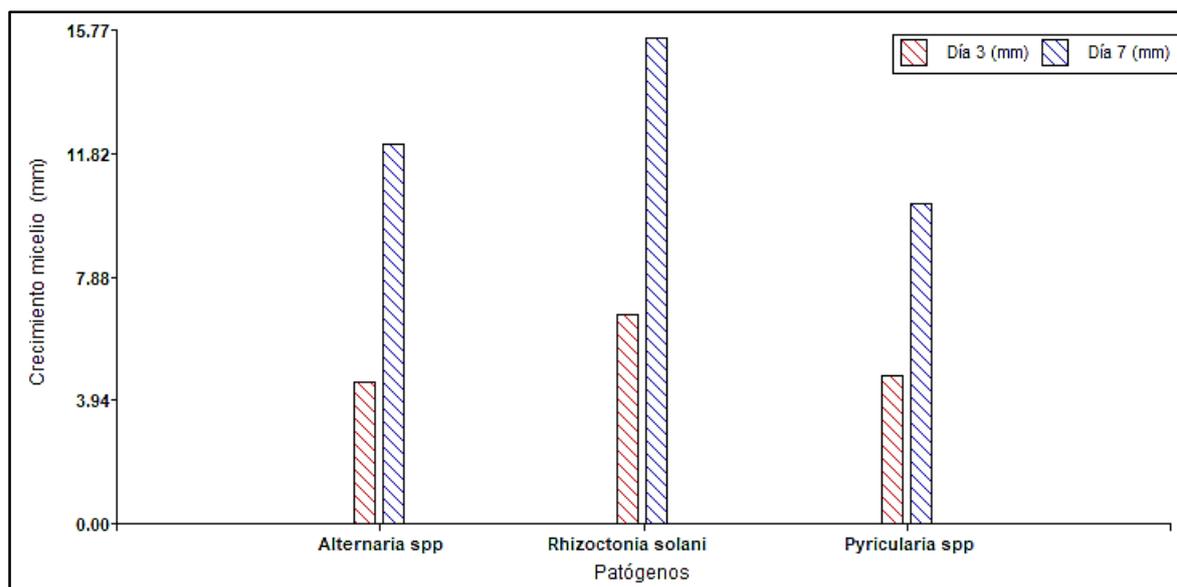
Tabla 6.**Reporte de patógenos en tallo-hoja**

Tratamientos	N° de patógenos	Patógenos
T1	-	-
T2, T6 y T7	1	<i>Rhizoctonia solani</i>
T4 y T9	2	<i>Rhizoctonia solani</i> y <i>Pyricularia spp</i>
T11, T12, T14, T16, T18 y T20	2	<i>Alternaria spp</i> y <i>Rhizoctonia solani</i>
T3, T5, T8, T10, T13, T15, T17, T19, T21, T22, T23, T24, T25, T26, T27, T28, T29 y T30	3	<i>Alternaria spp</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> y <i>Pyricularia spp</i>

Elaborado por: El autor, 2024

La figura 6 muestra el crecimiento de los patógenos *Alternaria spp*, *Rhizoctonia solani* y *Pyricularia spp* en medio PDA durante 3 y 7 días de la incubación.

Se observa que *Alternaria spp* mostró un crecimiento de 4.5 mm al tercer día hasta 12.1 mm al séptimo día, seguido de *Rhizoctonia solani* que presentó un crecimiento de 6.7 mm al tercer día hasta 15.5 mm al séptimo día, y *Pyricularia spp* que mostró un crecimiento de 4.7 mm al tercer día hasta 10.2 mm al séptimo día.

Figura 6.**Crecimiento micelial de patógenos en tallo-hoja**

Elaborado por: El autor, 2024

4.2.1 Severidad (%)

En la tabla 7 se presenta la variable severidad expresada en %. Las medias de severidad se muestran para las diferentes interacciones de tratamiento entre los antagonistas, método de siembra y variedad de arroz. El análisis de varianza mostró que no hay diferencias significativas en el factor B (método de siembra), interacción AxB, AxC. BxC y AxBxC, sin embargo, presentó diferencia significativa en el factor A (Antagonistas) y diferencia altamente significativa en el factor C (variedades).

Los tratamientos que presentaron menor severidad fueron el T11 (*T. viride* + Al voleo + SFL- 11), T1 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL- 11) y T16 (*T. viride* + Trasplante + SFL- 11) con un valor promedio de 10%, seguido de T2 (*T. harzianum* + Trasplante + INIAP- 11) y T12 (*T. viride* + Al voleo + INIAP- 11) con una severidad media de 12.50%, el T26 (Testigo + Al voleo + SFL- 11), T6 (*T. harzianum* + Al voleo + SFL- 11) y T7 (*T. harzianum* + Al voleo + INIAP- 11) mostraron una severidad de 15.00%, seguido de T27 (Testigo + Al voleo + INIAP- 11), T17 (*T. viride* + Trasplante + INIAP- 11), T21 (Testigo + Trasplante + SFL- 11) y T9 (*T. harzianum* + Al voleo + SFL- 09) con una media de 17.50%.

El tratamiento T22 (Testigo + Trasplante + INIAP- 11) registró un promedio de 20%, seguido de T4 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL- 09) y T19 (*T. viride* + Trasplante + SFL- 09) con una media de 22.50%, T3 (*T. harzianum* + Trasplante + Ferón), T14 (*T. viride* + Al voleo + SFL- 09) y T29 (Testigo + Al voleo + SFL- 09) presentaron una severidad de 25.00%, seguido de T8 (*T. harzianum* + Al voleo + Ferón) con 27.50%, T18 (*T. viride* + Trasplante + Ferón) y T28 (Testigo + Al voleo + Ferón) con un promedio de 30.00%.

Por otra parte, los tratamientos que presentaron mayor severidad fueron T30 (Testigo + Al voleo + Victoria) con 40.00%, T25 (Testigo + Trasplante + Victoria) y T15 (*T. viride* + Al voleo + Victoria) con una media de 37.50%, T5 (*T. harzianum* + Trasplante + Victoria) con 35.00%, seguido de T24 (Testigo + Trasplante + SFL- 09), T10 (*T. harzianum* + Al voleo + Victoria), T20 (*T. harzianum* + trasplante + Victoria), T23 (Testigo + Trasplante + Ferón) y T13 (*T. viride* + Al voleo + Ferón) con una media obtenida de 32.50%.

Tabla 7.

Análisis de varianza severidad (%)

N°	Factor A (Antagonistas)	Factor B (Método de siembra)	Factor C (Variedades)	Promedios (%)	
T11	T. viride	Al voleo	SFL- 11	10.00	a
T1	T. harzianum	Trasplante	SFL- 11	10.00	a
T16	T. viride	Trasplante	SFL- 11	10.00	a
T2	T. harzianum	Trasplante	INIAP 11	12.50	ab
T12	T. viride	Al voleo	INIAP 11	12.50	ab
T26	Testigo	Al voleo	SFL- 11	15.00	abc
T6	T. harzianum	Al voleo	SFL- 11	15.00	abc
T7	T. harzianum	Al voleo	INIAP 11	15.00	abc
T27	Testigo	Al voleo	INIAP 11	17.50	abcd
T17	T. viride	Trasplante	INIAP 11	17.50	abcd
T21	Testigo	Trasplante	SFL- 11	17.50	abcd
T9	T. harzianum	Al voleo	SFL-09	17.50	abcd
T22	Testigo	Trasplante	INIAP 11	20.00	abcde
T4	T. harzianum	Trasplante	SFL-09	22.50	abcde
T19	T. viride	Trasplante	SFL-09	22.50	abcde
T3	T. harzianum	Trasplante	FERÓN	25.00	abcde
T14	T. viride	Al voleo	SFL-09	25.00	abcde
T29	Testigo	Al voleo	SFL-09	25.00	abcde
T8	T. harzianum	Al voleo	FERÓN	27.50	abcde
T18	T. viride	Trasplante	FERÓN	30.00	abcde
T28	Testigo	Al voleo	FERÓN	30.00	abcde
T13	T. viride	Al voleo	FERÓN	32.50	bcde
T23	Testigo	Trasplante	FERÓN	32.50	bcde
T20	T. viride	Trasplante	VICTORIA	32.50	bcde
T10	T. harzianum	Al voleo	VICTORIA	32.50	bcde
T24	Testigo	Trasplante	SFL-09	32.50	bcde
T5	T. harzianum	Trasplante	VICTORIA	35.00	cde
T15	T. viride	Al voleo	VICTORIA	37.50	de
T25	Testigo	Trasplante	VICTORIA	37.50	de
T30	Testigo	Al voleo	VICTORIA	40.00	e
Factor A				*	
Factor B				NS	
Factor C				**	
Interacción AxB				NS	
Interacción AxC				NS	
Interacción BxC				NS	
Interacción AxBxC				NS	

Nota: NS: no significativo, ** altamente significativo ($p<0.01$), * significativo ($p<0.05$) de acuerdo con la prueba de Tukey.

Elaborado por: El autor, 2024

4.2.2 Granos vanos (%)

En la tabla 8 se presenta la variable de granos vanos expresado en %. Las medias de granos vanos se presentan para las diferentes interacciones de tratamiento entre los antagonistas, método de siembra y variedad de arroz. El análisis de varianza mostró que no hay diferencias significativas estadísticas en el factor A (antagonistas), sin embargo, mostró diferencias altamente significativas estadísticas en el factor B (método de siembra), factor C (variedades), interacción AxB, BxC y AxBxC, por otro lado, presento diferencia significativa en la interacción AxC.

Los tratamientos que presentaron menor granos vanos, clasificándose en el grupo “a” acorde a la prueba de Tukey, fueron T1 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL-11) con 4.5%, siendo el tratamiento con mayor significancia, seguido por T6 (*T. harzianum* + Al voleo + SFL-11) con 7.0%, T11 (*T. viride* + Al voleo + SFL-11) con 8.0%, T16 (*T. viride* + Trasplante + SFL-11) con 9.5% y T21 (Testigo + Trasplante + SFL-11) con 10.5%. Por otra parte, siguen los tratamientos T26 (Testigo + Al voleo + SFL- 11) y T23 (Testigo + Trasplante + Ferón) con 13.00%, continuando con T17 (*T. viride* + Trasplante + INIAP- 11) con 15.50%, T3 (*T. harzianum* + Trasplante + Ferón) y T24 (Testigo + Trasplante + SFL-09) con 18.50%.

Así mismo, los tratamientos T4 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL- 09) y T25 (Testigo + Trasplante + Victoria) con 19.50% de granos vanos, seguido de T8 (*T. harzianum* + Al voleo + Ferón) con 20.00%, T19 (*T. viride* + Trasplante + SFL- 09), T18 (*T. viride* + Trasplante + Ferón) con 20.50% y T15 (*T. viride* + Al voleo + Victoria) con 21.00%, continuando con T10 (*T. harzianum* + Al voleo + Victoria) con 21.50% y T2 (*T. harzianum* + Trasplante + INIAP- 11) con 22.00%, seguido de T13 (*T. viride* + Al voleo + Ferón) con 23.00%.

Por otra parte, los tratamientos que mostraron mayor cantidad de granos vanos fueron T7 (*T. harzianum* + Al voleo + INIAP 11) con 31.5%, T29 (Testigo + Al voleo + SFL-09) con 29.5%, T27 (Testigo + Al voleo + INIAP- 11), T14 (*T. viride* + Al voleo + SFL- 09) con 28.50%, seguido de T30 (Testigo + Al voleo + Victoria) con 28.00% y T5 (*T. harzianum* + Trasplante + Victoria) con 27.00%.

Tabla 8.

Análisis de varianza granos vanos (%)

Nº	Factor A (Antagonistas)	Factor B (Método de siembra)	Factor C (Variedades)	Promedios (%)	
T1	T. harzianum	Trasplante	SFL- 11	4,5	a
T6	T. harzianum	Al voleo	SFL- 11	7	ab
T11	T. viride	Al voleo	SFL- 11	8	abc
T16	T. viride	Trasplante	SFL- 11	9,5	abc
T21	Testigo	Trasplante	SFL- 11	10,5	abcd
T26	Testigo	Al voleo	SFL- 11	13	bcde
T23	Testigo	Trasplante	FERÓN	13	bcde
T17	T. viride	Trasplante	INIAP 11	14,5	bcdef
T22	Testigo	Trasplante	INIAP 11	15,5	cdefg
T3	T. harzianum	Trasplante	FERÓN	18,5	defgh
T24	Testigo	Trasplante	SFL-09	18,5	defgh
T4	T. harzianum	Trasplante	SFL-09	19,5	efghi
T25	Testigo	Trasplante	VICTORIA	19,5	efghi
T8	T. harzianum	Al voleo	FERÓN	20	efghij
T19	T. viride	Trasplante	SFL-09	20,5	efghijk
T18	T. viride	Trasplante	FERÓN	20,5	efghijk
T15	T. viride	Al voleo	VICTORIA	21	efghijk
T10	T. harzianum	Al voleo	VICTORIA	21,5	fghijkl
T2	T. harzianum	Trasplante	INIAP 11	22	fghijkl
T13	T. viride	Al voleo	FERÓN	23	ghijkl
T12	T. viride	Al voleo	INIAP 11	24	hijklm
T28	Testigo	Al voleo	FERÓN	24	hijklm
T9	T. harzianum	Al voleo	SFL-09	25	hijklm
T20	T. viride	Trasplante	VICTORIA	26,5	hijklm
T5	T. harzianum	Trasplante	VICTORIA	27	ijklm
T30	Testigo	Al voleo	VICTORIA	28	jklm
T14	T. viride	Al voleo	SFL-09	28,5	klm
T27	Testigo	Al voleo	INIAP 11	28,5	klm
T29	Testigo	Al voleo	SFL-09	29,5	lm
T7	T. harzianum	Al voleo	INIAP 11	31,5	m
Factor A				NS	
Factor B				**	
Factor C				**	
Interacción AxB				**	
Interacción AxC				*	
Interacción BxC				**	
Interacción AxBxC				**	

Nota: NS: no significativo, ** altamente significativo ($p < 0.01$), * significativo ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba de Tukey.

Elaborado por: El autor, 2024

4.2.3 Rendimiento (kg/ha)

En la tabla 7 se muestra los promedios de rendimiento expresado en kg/ha. Las medias de rendimiento se presentan para las diferentes interacciones de tratamiento entre los antagonistas, método de siembra y variedad de arroz. El análisis de varianza detalla que se presentó diferencias altamente significativas estadística en el factor A (antagonistas), factor C (variedades), en la interacción AxB, AxC, BxC y AxBxC, por otro lado, presento diferencia significativa en el factor B (método de siembra).

El tratamiento más representativo fue T14 (*T. viride* + al voleo + SFL-09) con una media obtenida de 5740 kg/ha, seguido del T1 (*T. harzianum* + trasplante + SFL-11) con un promedio de 5550 kg/ha, el T18 (*T. viride* + trasplante + Ferón) registró un promedio de 5330 kg/ha, el T16 (*T. viride* + trasplante + SFL-11) logró registrar una media de 5225 kg/ha, el tratamiento T6 (*T. viride* + al voleo + SFL-11) con una media de 5100 kg/ha, T7 (*T. harzianum* + Al voleo + INIAP- 11) con un promedio de 5075 kg/ha y T11 (*T. viride* + Al voleo + SFL- 11) con una media de 5000 kg/ha,

El tratamiento T17 (*T. viride* + Trasplante + INIAP- 11) registró un promedio de 4885.00 kg/ha, el T21 (Testigo + Trasplante + SFL- 11) con una media de 4825 kg/ha, seguido de T15 (*T. viride* + Al voleo + Victoria) con un promedio de 4715 kg/ha, el T28 (Testigo + Al voleo + Ferón) con una media obtenida de 4640 kg/ha, el T13 (*T. viride* + Al voleo + Ferón) registró un promedio de 4485 kg/ha, el T20 (*T. harzianum* + trasplante + Victoria) con una media obtenida de 4285 kg/ha, T8 (*T. harzianum* + Al voleo + Ferón) con 4185 kg/ha, el T2 (*T. harzianum* + Trasplante + INIAP- 11) con una media de 4160 kg/ha, seguido de T3 (*T. harzianum* + Trasplante + Ferón) con 4060 kg/ha y T10 (*T. harzianum* + Al voleo + Victoria) con una media obtenida de 4050 kg/ha.

Por otro lado, los tratamientos que mostraron rendimientos más bajos del ensayo fueron el tratamiento T30 (Testigo + al voleo + Victoria) que presentó 2245 kg/ha, seguido de T24 (Testigo + trasplante + SFL-09) con 2885 kg/ha, el T23 (Testigo + trasplante + Ferón) con 2905 kg/ha, el T25 (Testigo + Trasplante + Victoria) con 3040 kg/ha, T19 (*T. viride* + Trasplante + SFL- 09) con una media de 3055 kg/ha, seguido de T27 (Testigo + Al voleo + INIAP- 11) con 3185 kg/ha, el T26 (Testigo + Al voleo + SFL- 11) con un promedio de 3230 kg/ha y T29 (Testigo + Al voleo + SFL- 09) con una media obtenida de 3485 kg/ha.

Tabla 9.

Análisis de varianza rendimiento kg/ha

N°	Factor A (Antagonistas)	Factor B (Método de siembra)	Factor C (Variedades)	Promedios	
T14	T. viride	Al voleo	SFL-09	5740.00	a
T1	T. harzianum	Trasplante	SFL- 11	5550.00	ab
T18	T. viride	Trasplante	FERÓN	5330.00	bc
T16	T. viride	Trasplante	SFL- 11	5225.00	cd
T6	T. harzianum	Al voleo	SFL- 11	5100.00	cde
T7	T. harzianum	Al voleo	INIAP 11	5075.00	cde
T11	T. viride	Al voleo	SFL- 11	5000.00	def
T17	T. viride	Trasplante	INIAP 11	4885.00	efg
T21	Testigo	Trasplante	SFL- 11	4825.00	efg
T15	T. viride	Al voleo	VICTORIA	4715.00	fgh
T28	Testigo	Al voleo	FERÓN	4640.00	gh
T13	Viride	Al voleo	FERÓN	4485.00	hi
T20	T. harzianum	Trasplante	VICTORIA	4285.00	ij
T8	T. harzianum	Al voleo	FERÓN	4185.00	j
T2	T. harzianum	Trasplante	INIAP 11	4160.00	j
T3	T. harzianum	Trasplante	FERÓN	4060.00	jk
T10	T. harzianum	Al voleo	VICTORIA	4050.00	jk
T5	Testigo	Trasplante	VICTORIA	3825.00	kl
T22	T. harzianum	Trasplante	INIAP 11	3810.00	kl
T9	T. harzianum	Al voleo	SFL-09	3780.00	klm
T4	T. viride	Trasplante	SFL-09	3545.00	lmn
T12	Testigo	Al voleo	INIAP 11	3520.00	mn
T29	Testigo	Al voleo	SFL-09	3485.00	no
T26	Testigo	Al voleo	SFL- 11	3230.00	op
T27	T. viride	Al voleo	INIAP 11	3185.00	pq
T19	Testigo	Trasplante	SFL-09	3055. 00	pqr
T25	Testigo	Trasplante	VICTORIA	3040.00	pqr
T23	Testigo	Trasplante	FERÓN	2905.00	qr
T24	Testigo	Trasplante	SFL-09	2885.00	r
T30	T. harzianum	Al voleo	VICTORIA	2245.00	s
Factor A				**	
Factor B				*	
Factor C				**	
Interacción AxB				**	
Interacción AxC				**	
Interacción BxC				**	
Interacción AxBxC				**	

Nota: ** altamente significativo ($p < 0.01$), * significativo ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba de Tukey

Elaborado por: El autor, 2024

4.3 Realización de un análisis económico entre tratamientos

En la tabla 10 se describe el costo de producción, el rendimiento en kg/ha, el precio en (USDA/kg), total de ingresos, beneficio neto y la relación beneficio/costo de cada uno de los tratamientos en estudio. El precio de venta de campo del arroz, para la época en la que se realizó este ensayo, se consideró en \$0.36 por kg/ha de arroz en cáscara para la variedad SFL 11 y, por otra parte, para las variedades INIAP 11, Ferón, SFL-09 y Victoria se consideró un precio de venta de \$0.33 por kg/ha de arroz en cascara. Con estos precios se obtuvieron los ingresos totales del rendimiento, que se detallan en la tabla.

En cuanto al total de egresos, para el costo de producción para una hectárea, se consideró para los costos fijos de producción del arroz en la zona agrícola de Palestina, un valor de \$1152.50. Este costo incluye preparación de terreno, mano de obra, maquinaria, los productos químicos y alquiler de terreno. Por otra parte, para los costos variables, se consideró las semillas, la mano de obra acorde a los tratamientos y los antagonistas de *Trichoderma harzianum* y *viride*.

La relación beneficio costo en la tabla 10 detalla que los tratamientos con mayor relación beneficio-costo fueron T14 (*T. viride* + Al voleo + SFL-09) con \$1.37, seguido de T1 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL- 11) con \$1.35 como resultado, T16 (*T. viride* + Trasplante + SFL- 11) con \$1.32, T6 (*T. harzianum* + Al voleo + SFL- 11) con \$1.30, el tratamiento T11 (*T. viride* + Al voleo + SFL- 11) con \$1.27, seguido de T18 (*T. viride* + Trasplante + Ferón) con \$1.26, el tratamiento T21 (Testigo + Trasplante + SFL- 11) con \$1.25 y el tratamiento T7 (*T. harzianum* + Al voleo + INIAP 11) con \$1.20.

Por otro lado, los tratamientos con una relación beneficio-costo negativo fueron T30 (Testigo + Al voleo + Victoria), que presentó una relación beneficio-costo de \$0.55, es decir que por cada dólar invertido se perdió \$0.45 en este tratamiento, seguido de T23 (Testigo + Trasplante + Ferón) y T24 (SFL-09 + Trasplante + Testigo) con \$0.70, el tratamiento T19 (*T. viride* + Trasplante + SFL-09) con \$0.72, T25 (Testigo + Trasplante + Victoria) con \$0.74, el tratamiento T27 (Testigo + Al voleo + INIAP 11) con \$0.77, seguido del tratamiento T12 (*T. viride* + Al voleo + INIAP 11) con \$1.83, T4 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL-09) con \$1.84 y el tratamiento T29 (Testigo + Al voleo + SFL-09) con \$1.85.

Tabla 10.

Relación beneficio – costo

N°	Descripción	Rendimiento kg/ha	Precio (USD/kg)	Total de ingresos (\$)	Total de egresos (\$)	Beneficio neto	Relación B/C
T1	T. harzianum + Trasplante + SFL- 11	5550.00	0.36	1998.00	1477.50	510.50	1.35
T2	T. harzianum + Trasplante + INIAP 11	4160.00	0.33	1372.80	1403.00	-30.20	0.98
T3	T. harzianum + Trasplante + Ferón	4060.00	0.33	1339.80	1393.00	-53.20	0.96
T4	T. harzianum + Trasplante + SFL-09	3545.00	0.33	1169.85	1393.00	-223.15	0.84
T5	T. harzianum + Trasplante + Victoria	3825.00	0.33	1262.25	1393.00	-130.75	0.91
T6	T. harzianum + Al voleo + SFL- 11	5100.00	0.36	1836.00	1413.00	423.00	1.30
T7	T. harzianum + Al voleo + INIAP 11	5075.00	0.33	1674.75	1393.00	281.75	1.20
T8	T. harzianum + Al voleo + Ferón	4185.00	0.33	1381.05	1383.00	-1.95	1.00
T9	T. harzianum + Al voleo + SFL-09	3780.00	0.33	1247.40	1383.00	-135.60	0.90
T10	T. harzianum + Al voleo + Victoria	4050.00	0.33	1336.50	1383.00	-46.50	0.97
T11	T. viride + Al voleo + SFL- 11	5000.00	0.36	1800.00	1413.00	387.00	1.27
T12	T. viride + Al voleo + INIAP 11	3520.00	0.33	1161.60	1393.00	-231.40	0.83
T13	T. viride + Al voleo + Ferón	4485.00	0.33	1480.05	1383.00	97.05	1.07
T14	T. viride + Al voleo + SFL-09	5740.00	0.33	1894.20	1383.00	511.20	1.37
T15	T. viride + Al voleo + Victoria	4715.00	0.33	1555.95	1383.00	172.95	1.13
T16	T. viride + Trasplante + SFL- 11	5225.00	0.36	1881.00	1423.00	458.00	1.32
T17	T. viride + Trasplante + INIAP 11	4885.00	0.33	1612.05	1403.00	209.05	1.15
T18	T. viride + Trasplante + Ferón	5330.00	0.33	1758.9	1393.00	365.90	1.26
T19	T. viride + Trasplante + SFL-09	3055.00	0.33	1008.15	1393.00	-384.85	0.72
T20	T. viride + Trasplante + Victoria	4285.00	0.33	1414.05	1393.00	21.05	1.02
T21	Testigo + Trasplante + SFL- 11	4825.00	0.36	1737.00	1393.00	344.00	1.25
T22	Testigo + Trasplante + INIAP 11	3810.00	0.33	1257.30	1373.00	-115.70	0.92
T23	Testigo + Trasplante + Ferón	2905.00	0.33	958.65	1363.00	-404.35	0.70
T24	Testigo + Trasplante + SFL-09	2885.00	0.33	952.05	1363.00	-410.95	0.70
T25	Testigo + Trasplante + Victoria	3040.00	0.33	1003.20	1363.00	-359.80	0.74
T26	Testigo + Al voleo + SFL- 11	3230.00	0.36	1162.8	1383.00	-220.20	0.84
T27	Testigo + Al voleo + INIAP 11	3185.00	0.33	1051.05	1363.00	-311.95	0.77
T28	Testigo + Al voleo + Ferón	4640.00	0.33	1531.2	1353.00	178.20	1.13
T29	Testigo + Al voleo + SFL-09	3485.00	0.33	1150.05	1353.00	-202.95	0.85
T30	Testigo + Al voleo + Victoria	2245.00	0.33	740.85	1353.00	-612.15	0.55

Elaborado por: El autor, 2024

5. DISCUSIÓN

Los principales patógenos fúngicos presentes en las cinco variedades de arroz (SFL-11, INIAP 11, SFL-09, Ferón y Victoria) sembradas al voleo y por trasplantes en el cantón Palestina, identificados bajo condiciones de laboratorio son *Alternaria spp*, *Rhizoctonia solani*, *Pyricularia spp* y *Aspergillus spp*. Lo que concuerda con Sandoval et al. (2022) que menciona que estos hongos se presentan de forma frecuente y predominan en el ciclo del cultivo del arroz en las diferentes estructuras de la planta (tallo, hoja, grano).

De acuerdo a los resultados de la variable severidad se determina que los menores grados de severidad se presentan en el tratamiento el T11 (*T. viride* + Al voleo + SFL- 11), T1 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL- 11) y T16 (*T. viride* + Trasplante + SFL- 11) con una media de 10%, por otra parte, el factor A (Antagonistas) y el factor C (Variedades) muestran significancia estadística, por lo que se concuerda con Goyes et al. (2021) que realizaron un estudio similar del manchado de los granos de cultivares de arroz en la zona de Babahoyo, donde la variedad SFL-11 registro menor grado de severidad, mostrando que el uso de variedades resistentes pueden reducir el complejo de manchado de granos con una buena aplicación de antifúngicos para minimizar los patógenos.

En la variable de granos vanos los resultados determinan que los tratamientos con menor granos vanos son T1 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL- 11) con 4.5%, siendo el tratamiento con mayor significancia, seguido por T6 (*T. harzianum* + Al voleo + SFL-11) con 7.0%, T11 (*T. viride* + Al voleo + SFL-11) con 8.0%, T16 (*T. viride* + Trasplante + SFL-11) con 9.5% y T21 (Testigo + Trasplante + SFL-11) con 10.5%, por otra parte, el factor A (antagonistas), el factor B (método de siembra) y el factor C (variedades) se presentaron con significancia estadística, por lo que se difiere con los resultados obtenidos por Pazmiño (2019) que el uso del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* con la variedad SFL-11 no logra un control de las enfermedades comparada con los tratamientos testigos.

De acuerdo con la variable rendimiento en kg/ha, los resultados muestran que los tratamientos con mayor rendimiento son T14 (*T. viride* + al voleo + SFL-09) con 5740.00 kg/ha, seguido del T1 (*T. harzianum* + trasplante + SFL-11) con 5550.00 kg/ha. Por otra parte, el factor A (antagonistas), el factor B (método de siembra) y el factor C (variedades) se presentaron con significancia estadística, por

lo que se difiere con un estudio similar de Goyes et al. (2021) que al evaluar el manchado de granos en las variedades SFL-09 y SFL-11, obtuvieron promedios de 3880.7 kg/ha con la variedad SFL-09 y 4492.0 kg/ha con la variedad SFL-11.

De acuerdo con el análisis de costos se puede ver que el tratamiento T14 (*T. viride* + Al voleo + SFL-09) es más rentable, mostrando un costo beneficio de \$1.37, seguido de T1 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL- 11) con \$1.35, por otra parte, el menor valor corresponde al T30 (Testigo + Al voleo + Victoria) con una relación costo beneficio negativa de \$0.55, por lo que se concuerda con Zambrano et al (2019) que al evaluar los factores que influyen en el manchado de granos en la producción de arroz, mencionan que según la variedad se presenta mayor rentabilidad en el cultivo de arroz por su producción y el precio que se encuentra en el mercado.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los principales patógenos fúngicos que se manifiestan en la producción de arroz en cinco variedades y en dos métodos de siembra son *Alternaria spp*, *Solani*, *Pyricularia spp* y *Aspergillus spp*, en los aislamientos de laboratorio de las muestras evaluadas.

En cuanto a la severidad el tratamiento el T11 (*T. viride* + Al voleo + SFL-11), T1 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL- 11) y T16 (*T. viride* + Trasplante + SFL-11) se muestra una tolerancia a la severidad de la enfermedad al 10%, ubicándose en nivel de 4 y 5 de la escala de severidad. Además, el tratamiento T1 (*T. harzianum* + Trasplante + SFL-11) con 4.5%, y T6 (*T. harzianum* + Al voleo + SFL-11) con 7.0%, presenta menor granos vanos, Por otro lado, los mejores rendimientos son del tratamiento T14 (*T. viride* + al voleo + SFL-09) con una media obtenida de 5740 kg/ha y el tratamiento T1 (*T. harzianum* + trasplante + SFL-11) con un promedio de 5550 kg/ha, siendo los que destacaron.

De acuerdo con el análisis beneficio/costo los tratamientos que destacan son T4 (SFL-09 + Al voleo + *T. viride*), T1 (SFL- 11 + Trasplante + *T. harzianum*) y T16 (SFL- 11 + Trasplante + *T. viride*). La rentabilidad de los tratamientos que presentan valores positivos se encuentran en un rango de \$1.37 y \$1.20. Cabe destacar que de los 30 tratamientos evaluados 15 tratamientos obtienen una relación beneficio costo negativa, esto quiere decir que estos tratamientos no son recomendables bajo las condiciones evaluadas, ya que no cubren los costos, si no que resultan en pérdidas financieras considerables.

Por lo tanto, se concluye que se acepta la hipótesis en que uno de los tratamientos evaluados bajo la combinación de dos antagonistas con cinco variedades de arroz utilizando dos métodos de siembra, aumenta la productividad del cultivo de arroz en la zona agrícola del cantón Palestina.

6.2 Recomendaciones

Para identificar de manera temprana cualquier problema y aplicar medidas preventivas de forma oportuna, evitando la propagación de patógenos, se recomienda implementar un sistema de vigilancia continua de patógenos fúngicos en los cultivos de arroz, mediante inspecciones periódicas y análisis de laboratorio.

El uso de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* debe ser evaluado de manera cuidadosa y de lo posible combinado con prácticas adicionales para

maximizar su eficiencia en la reducción de problemas fúngicos. Se recomienda el tratamiento T1, que combina *Trichoderma harzianum* con el trasplante y la variedad SFL-11, para el control de patógenos fúngicos en la zona de estudio y el tratamiento T14, que combina siembra al voleo con *Trichoderma viride*, por lo que destacó con su rendimiento.

El uso de *Trichoderma harzianum* y *viride*, el método de siembra y la elección de variedades de arroz resistentes a patógenos del manchado de grano es fundamental para la toma de decisiones en el manejo agronómico del cultivo de arroz. Se recomienda a los agricultores del cantón Palestina identificar las opciones más rentables y sostenibles que optimicen los rendimientos en función del capital invertido.

BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio, A. (2022). *Evaluar la eficacia biológica de los ingredientes activos Trichoderma harzianum y Trichoderma asperellum en el control de Gaeumannomyces graminis var. graminis (Sacc) Von Arx & Oliver, en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)* [Tesis de pregrado, Universidad de Panamá: David, Chiriquí]. Repositorio Institucional Digital de la Universidad de Panamá. <http://up-rid.up.ac.pa/>
- Asamblea Nacional Constituyente. (2010, 27 de diciembre). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria*. Registro Oficial Suplemento 583. <https://faolex.fao.org/>
- Barúa, M., Gutiérrez, S., y Quintana, L. (2021). Control químico del falso carbón en diferentes estados fenológicos del cultivo de arroz. *Revista Sobre Estudios E Investigaciones Del Saber Académico*, 1-4. <https://revistas.uni.edu.py/>
- Bedoya, D. (2022). *Hongos patógenos del grano/semilla de arroz (Oryza sativa) asociados al manchado: Alternativas sustentables de control*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de La Plata: La Plata, Argentina]. Repositorio Institucional UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/>
- Buelvas, M. (2021). Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 28–34. <https://ojs.unipamplona.edu.co/>
- Cabrera, R., Palafox, S., y Valenzuela, A. (2019). Estrategias para el control de hongo fitopatógeno fusarium en el sector agrícola: del control químico al control biológico. *CONACyT - Centro de Investigación y Desarrollo en Agrobiotecnología Alimentaria*, 7(12), 20-27. <https://www.revistafronterabioteconologica.cibatlaxcala.ipn.mx/>
- Cadena, D., Helfgott, S., Espinoza, Fernando, Valarezo, C., Sánchez, V., y García, G. (2019). Control químico de malezas en finca de arroz (Oryza sativaL.), en el sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Journal of Science and Research*, 5(2), 66-79. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3820767>
- Caldas, J., Vásquez, H., y Lizárraga, A. (2020). *Guía técnica: Manejo del cultivo de arroz bajo el sistema de riego con secas intermitentes en las regiones de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. <https://doi.org/978-9972-44-049-6>

- Conrado, M., Mazaro, S., y Cesar da Silva, J. (2022). *Trichoderma: Su uso en la agricultura*. Brasilia: Embrapa Soja. <http://www.embrapa.br/>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). [Art. 13 y 282], p.139) Registro Oficial Suplemento 449 de 20 de octubre del 2008. <https://www.asambleanacional.gob.ec/>
- Cruz, A., Rivero, D., Echeverría, A., y Rodríguez, A. (2022). Manejo de hongos fitopatógenos en *Oryza sativa* con la aplicación de *Trichoderma asperellum*. 43(4). <https://ediciones.inca.edu.cu/>
- Debnath, S., Chakraborty, G., Dutta, S., Ray, S., Das, P., y Krishna, A. (2020). Potential of *Trichoderma* species as biofertilizer and biological control on *Oryza sativa* L. cultivation. *Bioteconología Vegetal*, 20(1). <http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v20n1/2074-8647-bvg-20-01-1.pdf>
- El Salous, A., Martillo, J., Gómez, J., y Martínez, F. (2020). Mejoramiento de la calidad del cultivo de cacao de Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia (RVG)*, 25(3), 368-380. <https://doi.org/10.37960/rvg.v25i3.33375>
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua [ESPAC]. (2023). Boletín técnico, 3-15. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- Facuy, J., Molina, W., y Ortega, L. (2022). Revisión sistemática de los algoritmos para detección de enfermedades fúngicas en el arroz. *Journal Scientific Morinvestigar*, 13 pp. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.6.4.2022.608-620>
- Organización para la Agricultura y la Alimentación [FAOSTAT]. (2021). Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación. <https://www.fao.org/faostat/>
- García, A., Rosales, J., Reyes, W., y Cobos, F. (2021). Respuesta de seis líneas F6 de arroz (*Oryza* sp.), ante los patógenos frecuentes del tallo y del grano, en la zona de Yaguachi, provincia del Guayas, Ecuador. *Journal of Science and Research*, 161-174. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7724538>
- Garrido, M., y Vilela, N. (2019). Capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* frente a *Rhizoctonia*, *Nakatea sigmoidea* y *Sclerotium rolfsii* y su efecto en cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de cultivos de arroz. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 199-206. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.05>
- Goyes, V., Goyes, M. M., León, J., Quispe, M., Ruiz, Y., Castro, C., y Fuentes, M. (2021). Tolerância de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), ao complexo de

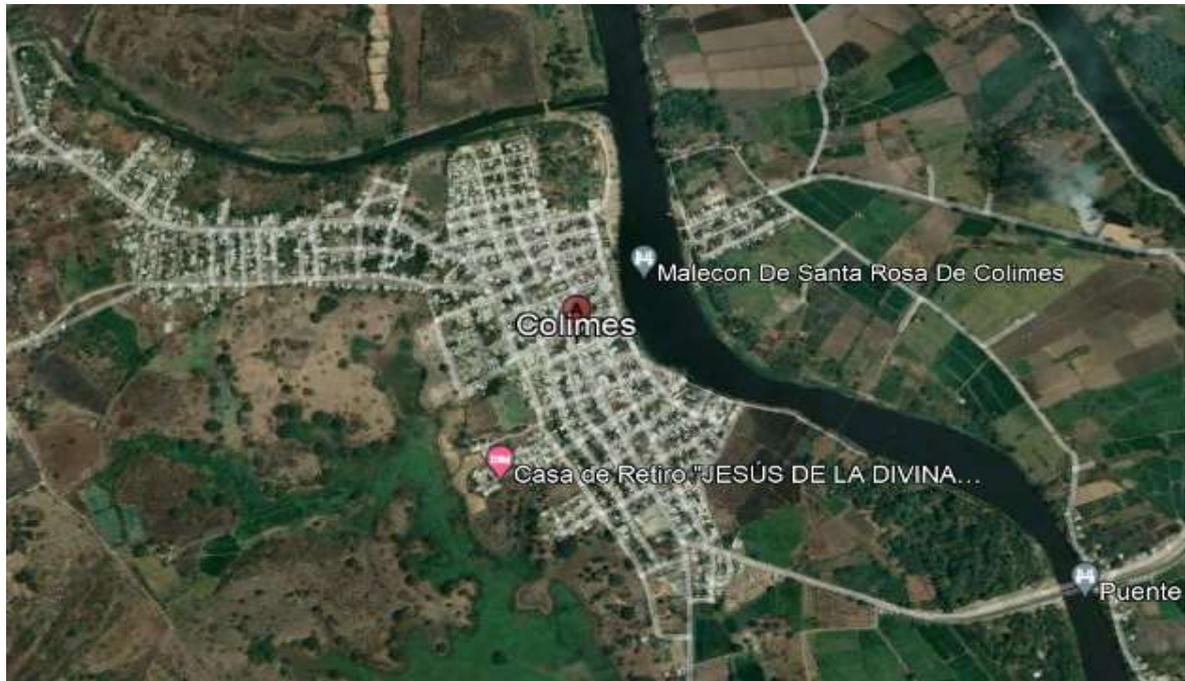
- coloração de grãos na estação chuvosa da costa equatoriana. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Researc*, 4(4), 6616 - 6628. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-14>
- León, D., Cortés, A., y Sarmiento, N. (2017). Evaluación de la actividad fungicida e identificación de compuestos orgánicos volátiles liberados por *Trichoderma viride*. *Revista colombiana de biotecnología*, 63-70. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n1.65969>
- Noches, A. (2019). *Modelo de evaluación de un cultivo de arroz para determinar su factibilidad*. [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América: Bogota, Colombia]. Repositorio Institucional Universidad de América. <https://repository.uamerica.edu.co/>
- Orrala, K. (2021). *Efecto de fungicidas para el manejo del manchado del grano de arroz (Oryza sativa L.)* [Tesis de pregrado, Univerdad de Guayaquil: Guayaquil, Ecuador]. Repositorio Institucional Universidad de Guayaquil. <https://repositorio.ug.edu.ec/>
- Pazmiño, P. (2019). *Comparación del antagonista Trichoderma harzianum con una molécula funficida en cuatro variedades de arroz (Oryza sativa), Montalvo, Los Ríos, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. Centro de Información Agraria. <https://cia.uagraria.edu.ec/>
- Pérez, E., Bernal, A., Milanés, P., Sierra, Y., Leiva, M., Marín, S., y Monteagudo, O. (2018). Eficiencia de *Trichoderma harzianum* (cepa a-34) y sus filtrados en el control de tres enfermedades fúngicas foliares en arroz. *Bioagro*, 30(1), 17-23. <http://ve.scielo.org/>
- Pérez, H., y Rodríguez, I. (2018). *Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz)* (Vol. 1). Machala, Ecuador: Editorial UTMACH. <https://doi.org/978-9942-24-113-9>
- Plata, E., Catalá, M., y Tomás, N. (2020). Ficha técnicas irta de las mejores prácticas de cultivo de arroz. Programa orígenes de Kellogg's. *IRTA*(10). <https://www.recercat.cat/>
- Rivera, M., y Wright, E. (2020). *Apuntes de Patología Vegetal. Fundamentos y prácticas para la salud de las plantas* (Primera ed.). Ciudad Autonoma de Buenos Aires: Facultad de Agronomía. <https://www.agro.uba.ar/>

- Sandoval, I., Osnaya, M., Soto, L., y Nava, C. (2022). *Hongos asociados al manchado del grano de arroz: una revisión* (Vol. 45). Revista Fitotecnia Mexicana. <https://doi.org/10.35196/RFM.2022.4.509>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria [SIPA]. (2023). Boletín situacional de arroz 2022. <http://sipa.agricultura.gob.ec/>
- Valdez, R., Ríos, W., Ormeño, E., y Torres, E. T. (2019). Caracterización genética de bacterias endofíticas de arroz (*Oryza sativa* L.) con actividad antimicrobiana contra *Burkholderia glumae*. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(4), 315-325. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.12.002>
- Villar, A., Ernst, O., Cadenazzi, M., Vero, S., Pereyra, S., Altier, N., Chouhy, D.; Langone, F y Pérez, A. (2019). Efecto de la secuencia de cultivos sobre la población nativa de *Trichoderma* spp. en agricultura sin laboreo. *Agrociencia*, 23(1), 18-27. <https://doi.org/10.31285/agro.23.1.5>
- Zambrano, C., Andrade, M., y Carreño, W. (2019). Factores que inciden en la productividad del cultivo de arroz en la provincia Los Ríos. *Universidad y Sociedad*, 11(5), 270-277. <http://rus.ucf.edu/>

ANEXOS

Figura 7.

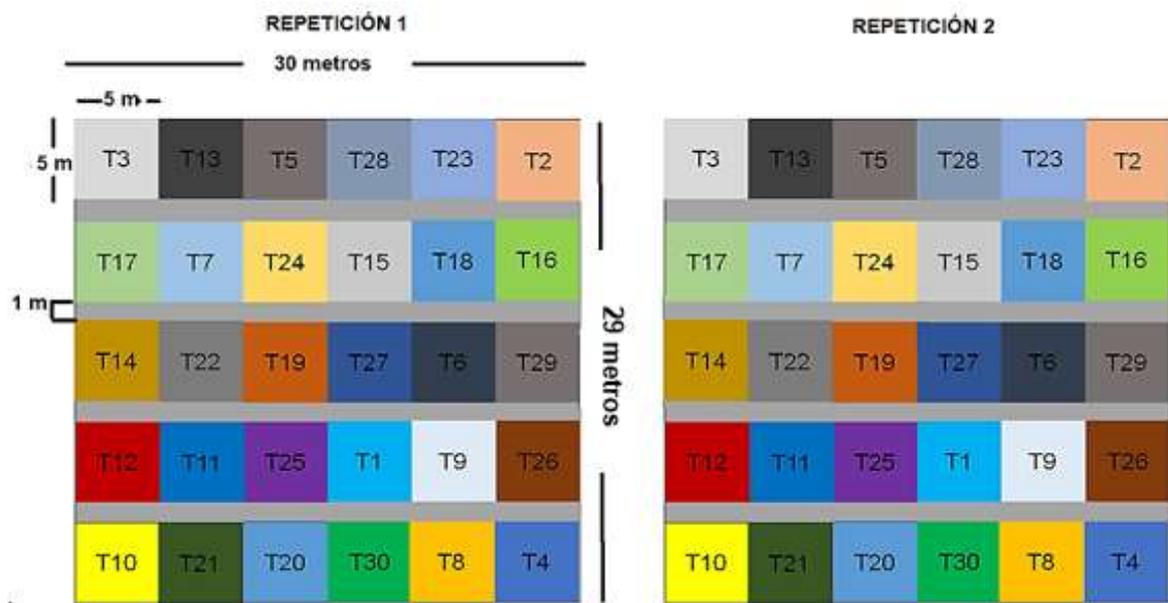
Ubicación geográfica del experimento



Fuente: Google earth, 2024 Elaborado por: El autor, 2024

Figura 8.

Croquis del trabajo experimental



Elaborado por: El Autor, 2024

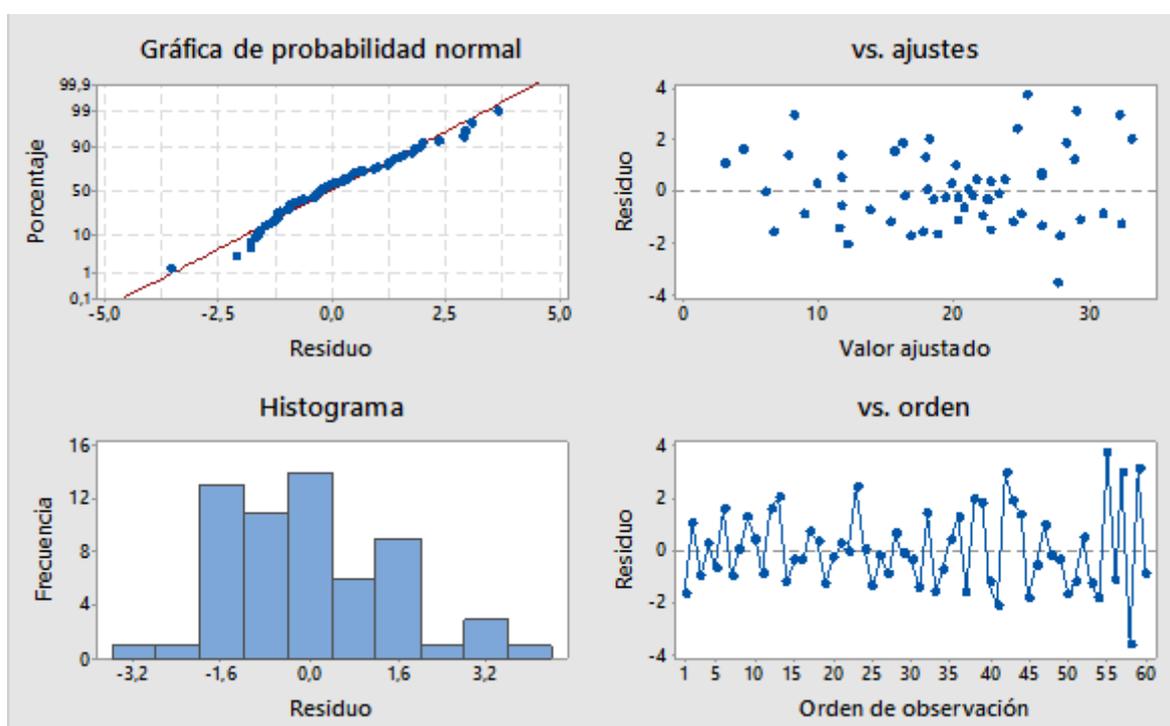
Figura 9.

Análisis de varianza de la variable granos vanos

Granos Vanos						
Análisis de Varianza						
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	
T_Control	2	7,91	3,955	0,89	0,420	
M_Siembra	1	263,83	263,826	59,63	0,000	
Variedad	4	1433,66	358,416	81,01	0,000	
Repeticiones	1	268,82	268,817	42,31	0,002 x	
T_Control*M_Siembra	2	108,78	54,388	12,29	0,000	
T_Control*Variedad	8	143,41	17,927	4,05	0,002	
M_Siembra*Variedad	4	304,98	76,245	17,23	0,000	
T_Control*M_Siembra*Variedad	8	740,18	92,523	20,91	0,000	
Bloques_inc(Repeticiones)	8	45,51	5,689	1,29	0,289	
Error	21	128,3	4,424			
Total	59	3369,25				

Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 10.

Residuos para granos vanos

Elaborado por: El Autor, 2024

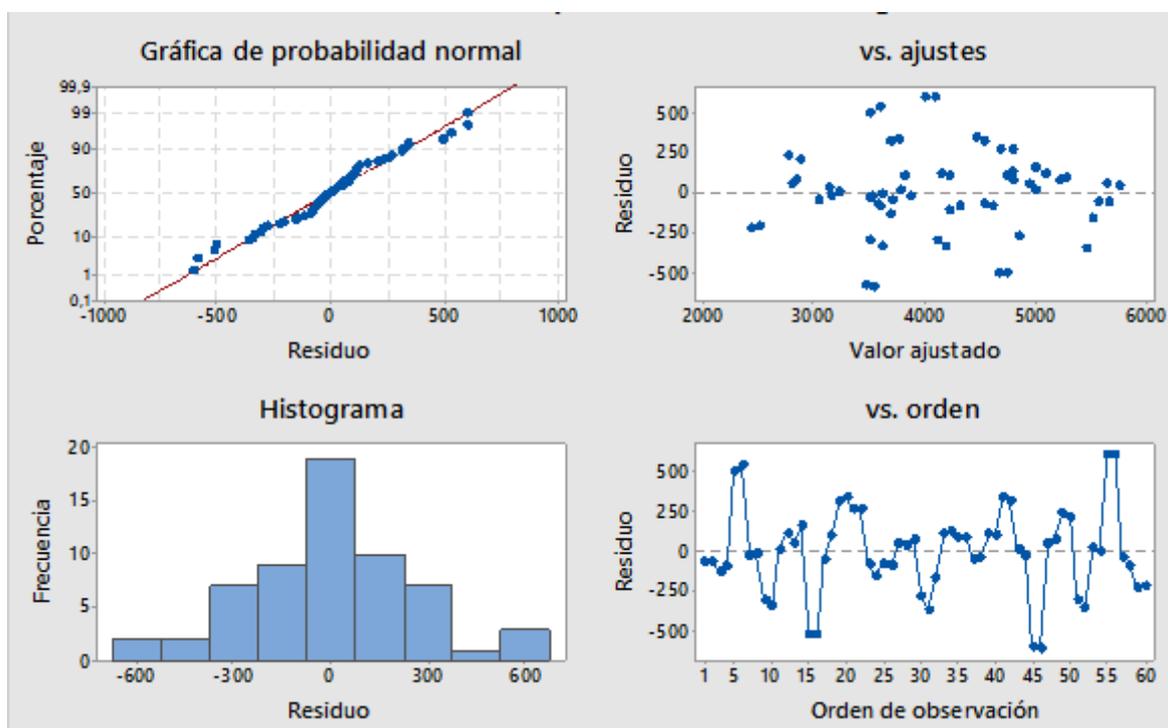
Figura 11.

Análisis de varianza de la variable rendimiento

Rendimiento					
Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
T_Control	2	7828151	3914075	27,52	0,000
M_Siembra	1	75897	75897	0,53	0,471
Variedad	4	12682869	3170717	22,29	0,000
Repeticiones	1	102507	102507	0,08	0,787 x
T_Control*M_Siembra	2	3060148	1530074	10,76	0,000
T_Control*Variedad	8	4484230	560529	3,94	0,003
M_Siembra*Variedad	4	10347935	2586984	18,19	0,000
T_Control*M_Siembra*Variedad	8	9036143,33	1129517,92	7,94	0,000
Bloques_inc(Repeticiones)	8	7202008	900251	6,33	0,000
Error	21	4125309	142252		
Total	59	47739973			

Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 12.

Residuos para rendimiento

Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 13.

Herbicidas usados para realizar control de malezas



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 14.

Realizando la mezcla de herbicidas para controlar malezas



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 15.

Realizando la fumigación de herbicida



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 16.

Plántulas del semillero para el trasplante



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 17.
Preparación del terreno para las 60 parcelas demostrativas



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 18.
Realizando las mediciones para dividir las parcelas



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 19.

División de las parcelas demostrativas



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 20.

Realización del método de siembra al voleo



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 21.

Crecimiento de plántulas sembradas en semillero y al voleo



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 22.

Extracción de las plántulas del semillero para trasplante



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 23.

Realizando el trasplante de las plántulas



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 24.

Plántulas trasplantadas



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 25.

Visita del tutor



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 26.

Preparación de PDA para los medios de cultivos



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 27.

Colocación de los PDA en la cámara de aire



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 28.

Preparación de los medios de cultivos en la Caja Petri



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 29.

Medios de cultivos en la Caja Petri



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 30.

Patógeno en medio de cultivo



Elaborado por: El Autor, 2024

Figura 31.

Identificación de los patógenos por medio del microscopio



Elaborado por: El Autor, 2024