



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL
ECUADOR**

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL**

**EFFECTO DE DOS CEPAS DE BACILLUS EN LA PREVENCIÓN
DE ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*
L.) EN DOS MÉTODOS DE SIEMBRA**

ING. ABEL ANDREY GÓMEZ BERMEO

GUAYAQUIL, ECUADOR

2022

SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

CERTIFICACIÓN

El suscrito, Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Director **CERTIFICO QUE:** he revisado el Trabajo de Titulación, denominada: **EFFECTO DE DOS CEPAS DE BACILLUS EN LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa L.*) EN DOS MÉTODOS DE SIEMBRA**, el mismo que ha sido elaborado y presentado por el estudiante, **Ing. Abel Andrey Gómez Bermeo**; quien cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador para este tipo de estudios.

Atentamente,

Ing. Yoansy García Ortega, MSc.
Director de Tesis

Guayaquil, 25 de mayo del 2022

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA
DEL ECUADOR

EFFECTO DE DOS CEPAS DE BACILLUS EN LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa L.*) EN DOS MÉTODOS DE SIEMBRA

ING. ABEL ANDREY GÓMEZ BERMEO

TRABAJO DE TITULACIÓN

**APROBADA Y PRESENTADA AL CONSEJO DE POSTGRADO
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**Ing. Fernando Martínez Alcívar MSc.
PRESIDENTE**

**Ing. Paulo Centanaro Quiroz, MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Arnaldo Barreto Macías, MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL**

**Ing. Yoansy García Ortega, MSc.
EXAMINADOR SUPLENTE**

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por permitirme culminar esta nueva etapa de mi vida. Por brindarme la salud y la capacidad requerida para poder completar este reto profesional.

Un sincero y respetuoso agradecimiento a la Universidad Agraria del Ecuador y a sus autoridades, por lograr que nuestra alma máter sea del más alto nivel, permitiendo la formación de los mejores profesionales en la técnica del agro. Es tan gratificante para mí poder pertenecer a tan prestigiosa institución.

Agradezco a mi tutor de tesis, Dr. Yoansy García y al Ing. Juan Javier Martillo, por guiarme de forma desinteresada durante el desarrollo del proyecto de tesis, y sobre todo por compartir sus conocimientos sin restricción, permitiendo enriquecer nuestra mente de ciencia.

Agradezco a mis compañeros de aula, por brindarme una amistad sincera y ayuda constante durante el tiempo de estudio. Siempre los recordaré.

DEDICATORIA

Durante el trayecto de mi vida he aprendido muchas cosas, sobre todo a valorar cada instante y cada persona que ha formado parte en cualquier momento de ella.

Este proyecto de titulación va dedicado a Dios principalmente, quien ha sido mi fortaleza en todo momento.

A mis padres, Abel Gómez López y Tania Bermeo Ramos por ser una pieza fundamental, para subir este peldaño, su esfuerzo por darme una calidad de vida digna ha sido exitoso y por ello viviré siempre agradecido. En reconocimiento a su ayuda absoluta, les dedico esta meta con mucho cariño.

A mis hermanos, y a mi familia, quienes han sido mi sostén en épocas de declive, les dedico mi empeño y corazón.

RESPONSABILIDAD

La responsabilidad, derecho de la investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones que aparecen en el presente Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor/a y los derechos académicos otorgados a la Universidad Agraria del Ecuador.

Ing. Abel Andrey Gómez Bermeo

Ci.1205678889

RESUMEN

Se ha expresado que la pectina cítrica junto con el almidón de yuca puede funcionar. Debido a la presencia de *Rhizoctonia solani* y *Sarocladium oryzae* se ha ocasionado un daño significativo a un grupo de agricultores del Cantón Bolívar, por tal motivo la presente investigación está orientada para conocer de qué manera incide *B. thuringiensis* y *B. subtilis* para la prevención de *R. solani* y *S. oryzae* en el cultivo de arroz. Para el desarrollo de la investigación se empleó un diseño de tratamientos en arreglo de parcelas divididas, en el cual el factor que se ubicó en parcelas grandes correspondió a los métodos de siembra (Factor A) y el factor que se ubicó en parcelas pequeñas estuvo referido a las cepas de *Bacillus sp.* (Factor B). Se obtuvo un total de 8 tratamientos, evaluados mediante un diseño de Bloques Completos al Azar. Para la comparación de medias se empleó el Test de Tukey. De acuerdo a los resultados obtenidos, se indica que *B. subtilis* puede usarse como agente de control biológico, ya que demostró tener capacidad de competencia y antagonismo frente a *R. solani*, por tanto, es eficaz para su control. Por otro lado *B. subtilis* y *B. thuringiensis* no ejercen un control eficaz para *S. oryzae*. El testigo químico Azoxystrobin + Tridemorph sobresalió entre los demás tratamientos, ejerciendo un control eficaz en el manejo de las enfermedades evaluadas, influyendo significativamente en su producción y rentabilidad.

Palabras clave: eficacia, antagonismo, enfermedades, producción, rentabilidad.

SUMMARY

Due to the presence of *Rhizoctonia solani* and *Sarocladium oryzae*, significant damage has been caused to a group of farmers in the Bolivar Canton, for this reason the present investigation is oriented to know how *B. thuringiensis* and *B. subtilis* affect the prevention of *R. solani* and *S. oryzae* in rice cultivation. For the development of the research, a treatment design was used in a divided plot arrangement, in which the factor that was located in large plots corresponded to the planting methods (Factor A) and the factor that was located in small plots was referred to to strains of Bacillus sp. (Factor B). a total of 8 treatments were obtained, evaluated through a Randomized Complete Block design. For the comparison of means, the Tukey test was used. According to the results obtained, it is indicated that *B. subtilis* can be used as a biological control agent, since it proved to have competition and antagonism capacity against *R. solani*, therefore, it is effective for its control. On the other hand, *B. subtilis* and *B. thuringiensis* do not exert effective control for *S. oryzae*. The chemical control Azoxystrobin + Tridemorph stood out among the other treatments, exerting an effective control in the management of the evaluated diseases, significantly influencing its production and profitability.

Keywords: efficacy, antagonism, diseases, production, profitability.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	14
Caracterización del tema.....	15
Planteamiento del problema.....	16
Justificación e importancia	17
Delimitación del problema	18
Planteamiento del problema.....	18
Objetivos	18
Hipótesis a defender	19
Aporte técnico conceptual	19
Aplicación practica	19
CAPÍTULO 1	20
MARCO TEÓRICO	20
1.1 Estado del arte.....	20
1.2 Bases científicas y teóricas.....	22
1.3 Fundamentación legal	37
CAPÍTULO 2	39
ASPECTOS METODOLÓGICOS	39
2.1 Métodos.....	39
2.2 Variables	39
2.2.3 Operacionalización de las variables	44
2.3 Población y muestra.....	45
2.5 Estadística descriptiva e inferencial	45
2.6 Diseño Experimental	46
2.7 Cronograma de Actividades	48
RESULTADOS.....	49
DISCUSIÓN	61

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	71
APÉNDICE.....	83

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Gráfico de costos totales de producción de los tratamientos	59
Anexo N° 2. Diseño de los tratamientos por parcelas divididas	71
Anexo N° 4. Establecimiento del diseño experimental	72
Anexo N° 3. Estaquillamiento de las parcelas	72
Anexo N° 5. Preparación de terreno.....	73
Anexo N° 6. Fertilización	74
Anexo N° 7. Lechuguin.....	74
Anexo N° 8. Semillero	75
Anexo N° 9. Segunda aplicación de fertilizante.....	75
Anexo N° 10. Aplicación de tratamientos fúngicos	76
Anexo N° 11. Productos biológicos	76
Anexo N° 12. Diferenciación de tratamientos.....	77
Anexo N° 13. Segunda aplicación de productos fúngicos	77
Anexo N° 14. Visita del tutor	78
Anexo N° 15. Visita de tutor de tesis a cultivo	78
Anexo N° 16. Evaluación de las enfermedades	79
Anexo N° 17. Seguimiento del cultivo	79
Anexo N° 18. Cultivo de arroz a los 65 días.....	80
Anexo N° 19. Evaluación de variables	80
Anexo N° 20. Segunda evaluación de variables	81
Anexo N° 21. Recolección de datos.....	81
Anexo N° 22. Recolección de datos a evaluar	82
Anexo N° 23. Recolección de datos.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de severidad para la evaluación de los daños producidos por <i>R. solani</i>	40
Tabla 2. Categorías de severidad para la evaluación de los daños producidos por <i>S. oryzae</i>	41
Tabla 3. Operacionalización de las variables	44
Tabla 4. Esquema del Análisis de la varianza (ANDEVA).....	46
Tabla 5. Descripción de los tratamientos a evaluar en campo	47
Tabla 6. Cronograma de actividades.....	48
Tabla 7. Índice de incidencia de <i>R. solani</i> en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de <i>Bacillus</i> bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.	49
Tabla 8. Índice de severidad de <i>R. solani</i> en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de <i>Bacillus</i> bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.	50
Tabla 9. Índice de incidencia de <i>S. oryzae</i> en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de <i>Bacillus</i> bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.	51
Tabla 10. Índice de severidad de <i>S. oryzae</i> en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de <i>Bacillus</i> bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.	52
Tabla 11. Eficacia de los tratamientos para <i>R. solani</i> en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de <i>Bacillus</i> bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.	53
Tabla 12. Eficacia de los tratamientos para <i>S. oryzae</i> en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de <i>Bacillus</i> bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.	54
Tabla 13. Promedio de Altura en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de <i>Bacillus</i> bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.	55
Tabla 14. Promedio de número de macollos por m ² en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de <i>Bacillus</i> bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.	56

Tabla 15. Promedio de rendimiento en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de Bacillus bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.	57
Tabla 16. Costo de producción en USD dólares por hectárea de los tratamientos de estudio de la variedad de arroz Iniap 14 sometido a la aplicación de dos cepas de Bacillus sp y una molécula química.....	58
Tabla 17. Análisis económico por hectárea, de la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de Bacillus sp. Bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.	60
Tabla 18. datos de Incidencia de Rhizoctonia	83
Tabla 19. Análisis de varianza de la Incidencia de Rizhoctonia	83
Tabla 20. Incidencia de Sarocladium	84
Tabla 21. Análisis de varianza de Incidencia de Sarocladium.....	84
Tabla 22. Datos de Severidad de Rhizoctonia	85
Tabla 23. Análisis de varianza de Severidad de Rizhoctonia	85
Tabla 24. Datos de Severidad de Sarocladium	86
Tabla 25. Análisis de varianza de Severidad Sarocladium.....	86
Tabla 26. Datos de altura de la planta.....	87
Tabla 27. Análisis de varianza de la altura de la planta	87
Tabla 28. Datos de macollos m2.....	88
Tabla 29. Análisis de varianza de macollos m2.....	88
Tabla 30. Datos de rendimiento	89
Tabla 31. Análisis de varianza de rendimiento	89
Tabla 32. Datos de Eficacia de los tratamientos para Rhizoctonia.....	90
Tabla 33. Análisis de varianza de Eficacia de los tratamientos para Rhizoctonia	90
Tabla 34. Datos de Eficacia de los tratamientos para Sarocladium	91
Tabla 35. Análisis de varianza de Eficacia de los tratamientos para Sarocladium	91

INTRODUCCIÓN

El arroz constituye el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, por lo que es considerado uno de los cultivos más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha (FAO, 2020). Reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT, 2021) indican que la producción de arroz en América Latina y el Caribe alcanzó un total de 25 628 592 toneladas, que corresponde a 6,90 % de disminución en comparación a la producción del año 2019.

En Ecuador se sembraron aproximadamente 308 211 hectáreas en el 2020 y la producción nacional fue de 5,02 t/ha, lo cual representó un 13,14 % de disminución en relación al año 2019 donde se obtuvo una producción nacional de 5,78 t/ha; cabe recalcar que la superficie cosechada para ese año fue mayor de 288 797 hectáreas. La Región Costa es considerada la principal zona de producción de arroz, siendo Guayas y Los Ríos las provincias con mayor participación en la producción nacional, las cuales suman el 95,15 %; Guayas con 72,60 %, Los Ríos 22,55 %. Sin embargo la provincia con mayor producción fue Loja con 8,96 t/ha, aunque con un bajo porcentaje de superficie sembrada (SIPA, 2021).

El arroz es afectado por varios agentes infecciosos, que pueden ocasionar daños severos en el cultivo, por lo que es importante, que el productor sepa identificar y efectúe un monitoreo frecuente en su plantación, con la finalidad de detectar mediante los síntomas iniciales la presencia del agente causal, para proceder a tomar medidas de control, siendo los hongos uno de los principales problemas fitosanitarios, debido a que se aprovechan de los nutrientes de la planta afectando así el crecimiento y desarrollo de la misma, provocando altas pérdidas de producción (Compant, 2005).

Entre los hongos más comunes y que se estudiarán en esta investigación son *Rhizoctonia solani* y *Sarocladium oryzae* ya que son los más incidentes, sus daños se reportan al inicio del macollamiento siendo más evidentes al final del mismo; ambos afectan al tallo y con infecciones severas puede llegar hasta la hoja bandera, donde los daños pueden llegar hasta 40 % (Regato R. , 2016). Dada la importancia económica del arroz, se pretende buscar la forma de aumentar los rendimientos, utilizando las alternativas de la agricultura sostenible, en las que se utilicen tecnologías amigables con el medio ambiente.

Cada vez es mayor el interés de la reducción de plaguicidas químicos y la introducción de sistemas de control biológico, la implementación de bacterias para el manejo de hongos patógenos ha resultado ser una opción biológica muy eficaz, de la cual disponemos, pero aún se requiere seguir desarrollando investigación. Entre los microorganismos que se usan para este fin se encuentran las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB según sus siglas en inglés), las cuales aportan beneficios a las plantas y al ecosistema.

Aparte de ejercer un efecto antagónico, estos microorganismos tienen la capacidad de ejercer un efecto positivo sobre el crecimiento de las plantas mediante diversos mecanismos que incluyen la producción de fitohormonas, la solubilización de fosfatos, la fijación de nitrógeno y el control biológico de patógenos (Verdesoto, 2018). Dentro de las alternativas biológicas para controlar los daños causados por *Rhizoctonia solani* y *Sarocladium oryzae*, los cuales se expondrán en la presente investigación, disponemos de dos cepas de *Bacillus spp.* Estudios realizados han demostrado de forma independiente sus potencialidades como controlador biológico de hongos patógenos (García, 2015).

Caracterización del tema

En la actualidad, disponemos de diferentes métodos de control para hongos, de los cuales los químicos han sido la primera alternativa a lo largo de la historia, siendo uno de los grandes problemas que presenta la agricultura sostenible. Por lo

que para disminuir los costos de producción y los niveles de residuos químicos en los productos agrícolas, conservación por el medio ambiente y la falta de productos eficaces en muchos casos, sitúa al control biológico como una alternativa o al menos un complemento del control químico (Ortega, 2020).

Los hongos *Rhizoctonia solani* y *Sarocladium oryzae* son agentes causales de enfermedades importantes del cultivo de arroz, que se han presentado en el país desde hace muchos años, causando pérdidas de significancia económica, por lo que los agricultores intentan buscar alternativas de prevención de las mismas. Ecuador es un gran consumidor de arroz, por lo que es necesario que se le impriman mayor dinamismo y esfuerzo en la búsqueda de métodos alternativos que sean amigables con el medio ambiente para el control de estas enfermedades.

Las cepas de *Bacillus spp.* han demostrado de forma independiente sus potencialidades como control biológico de patógenos (Federici, 2015). Estas bacterias son bacilos gram positivos, aerobios o anaerobios facultativos, catalasa positiva y esporulados. Esta última característica le ofrece la capacidad de resistir a los cambios ambientales, lo que resulta sumamente interesante para la producción de inoculantes. Por lo que resulta ser una alternativa biológica de gran interés y eficiente para el control de los patógenos en estudio.

Planteamiento del problema

El cultivo de arroz es atacado por varios hongos, entre estos tenemos: *Pyricularia grisea*, *Bipolaris oryzae*, *Gerlachia oryzae*, *Rhizoctonia solani*, *Sarocladium oryzae*, *Gaeumannomyces graminis*, *Cercospora oryzae*, *Alternaria padwickii* y algunas especies de los géneros *Phyllosticta* y *Curvularia* (Iglesias, Delgado y Batista, 2018). La mayoría de estos hongos se han detectado en diversos estudios realizados en varias partes del mundo, afectando el cultivo de arroz y causando grandes pérdidas económicas.

En el Cantón Simón, provincia del Guayas, la presencia de *Rhizoctonia solani* y *Sarocladium oryzae* ha ocasionado un daño significativo a un grupo de agricultores. Lo cual ha generado un incremento en los costos de insumos agrícolas para mantener en buen estado la plantación y a su vez obtener una cosecha que cumpla con los estándares de calidad. Por lo que se pretende reducir la presencia de estos agentes causales en el cultivo de arroz, mediante el manejo de técnicas como alternativa para el control de los mismos y al aumento de producción.

Por lo antes expuesto, es de mucha importancia implementar métodos de control biológico mediante las bacterias *B. thuringiensis* y *B. subtilis* con la finalidad de reducir el daño económico causado por los hongos antes expuestos para mantener e incrementar los niveles de producción. En la presente investigación se evaluará la eficacia de las dos cepas de *Bacillus spp.* a fin de comparar con un testigo para determinar su eficacia en el control de *R. solani* y *S. oryzae*, a fin de identificar la mejor alternativa para el combate de los mismos, que a la vez sea amigable con el medio ambiente y reduzca costos económicos. Para lo cual se evaluará en dos variedades de arroz bajo dos métodos de siembra.

Justificación e importancia

En la actualidad, unos de los principales objetivos de la agricultura es la tarea de disminuir el uso de plaguicidas y a la vez encontrar y desarrollar alternativas de control biológico, por un lado, para reducir el riesgo de presencia de residuos en los frutos, por otro, fomentar la seguridad laboral del agricultor y, por último, preservar el medio ambiente. Debido a que los agricultores arroceros para el manejo de las enfermedades utilizan de primera instancia productos químicos en diferentes épocas y sin resultados satisfactorios.

Por otra parte, la importancia de proteger el medio ambiente nos anima a buscar alternativas con productos biológicos con el objeto de reducir el inóculo y que causen menor impacto en la salud de las personas y el ecosistema, por lo que

es necesario realizar estudios con agentes de control biológico que están disponibles en el mercado.

Ante lo expuesto, es precisamente que surge la idea de fomentar e incentivar un tema de gran importancia, como lo es la sustitución de plaguicidas, en este caso de fungicidas para el control de *R. solani* y *S. oryzae*, utilizando organismos vivos (*B. thuringiensis* y *B. subtilis*) dentro de un programa de manejo integrado de plagas. Comparando y evaluando la eficacia antagónica de ambas cepas; con el objetivo de demostrarle al agricultor que existen alternativas biológicas que son igual de eficaces y que contribuyen a una agricultura sostenible.

Delimitación del problema

Esta investigación se realizará en la zona agrícola del cantón Simón Bolívar, provincia del Guayas, con una duración de 4 meses aproximadamente.

Planteamiento del problema

¿De qué manera incide *B. thuringiensis* y *B. subtilis* para la prevención de *R. solani* y *S. oryzae* en el cultivo de arroz, en el cantón Simón Bolívar?

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar el efecto fúngico con componentes biológico y químico para la prevención de *R. solani* y *S. oryzae* en arroz bajo dos métodos de siembra.

Objetivos Específicos

- Verificar el efecto antagonista de *B. thuringiensis* y *B. subtilis* en la variedad de arroz Iniap 14, a través de la incidencia, la severidad y la eficacia en el control de *R. solani* y *S. oryzae*, en la zona de Simón Bolívar.

- Identificar el control con mayor efectividad en el control de *R. solani* y *S. oryzae* a través de la actividad fúngica.
- Valorar el efecto antagonista de *B. thuringiensis* y *B. subtilis* en la producción de arroz mediante el peso de los granos y el rendimiento.
- Analizar económicamente los tratamientos en base al rendimiento y costo de producción.

Hipótesis a defender

Al menos una de las cepas de *Bacillus spp.* evita la presencia de los agentes causales de la investigación.

Aporte técnico conceptual

En la presente investigación se intenta evaluar dos cepas de *Bacillus sp.* Como agentes de control biológico para el control de *R. solani* y *S. oryzae*; con la finalidad de brindar información sobre una de las alternativas más eficientes, la aplicación de bacterias antagónicas, a saber *B. thuringiensis* y *B. subtilis*. Por tanto, se plantea aplicar los resultados de esta investigación en el cantón Simón Bolívar, provincia Guayas y sus alrededores.

Aplicación practica

Los resultados que se obtengan en la presente, sean estos positivos o negativos, permitirán conocer el potencial de *B. thuringiensis* y *B. subtilis* en la prevención y control de los hongos *R. solani* y *S. oryzae*; de ser positivos se expondrá y recomendará como una alternativa más eficaz que el control químico a los agricultores de la zona, disminuyendo el impacto ambiental del mismo. Esta investigación estará a disposición de estudiantes, agricultores y profesionales que busquen información respecto a la investigación de la misma.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Estado del arte

Mojica et al., (2015) realizaron una evaluación con el fin de determinar la capacidad antagónica de 64 cepas de *Bacillus thuringiensis* sobre *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici* y *Fusarium oxysporum* mediante estudios de cultivos duales en placas de Petri, obteniendo como resultado que 16 cepas de *B. thuringiensis* redujeron significativamente el crecimiento radial micelial de *R. solani*, 19 cepas el crecimiento de *P. capsici* y 8 cepas el de *F. oxysporum*, después de tres días de incubación a 25°C. Además, cabe recalcar que se observó un incremento en el porcentaje de germinación, en el caso del tratamiento de inoculación con *B. thuringiensis* sobre *R. solani*.

Además, Amaíz et al., (2015) ejecutaron un ensayo en el Centro de Investigaciones Microbiológicas de la Universidad de Carabobo, con el objetivo de estudiar el comportamiento antifúngico de un consorcio bacteriano denominado "Lp" como agente biocontrolador del hongo fitopatógeno *R. solani* en cultivos duales in vitro. Tal consorcio bacteriano estaba constituido por *Acinetobacter iwoffii*, *Enterobacter aerogenes*, *Pseudomonas alcaligenes* y *Bacillus spp.* Donde obtuvieron como resultado que la aplicación de Lp estimuló el crecimiento de plántulas de arroz en pruebas de germinación en condiciones de laboratorio. Por otro lado, estudios en campo indicaron un incremento de 44% en la producción de grano de arroz en cultivos tratados con Lp. Concluyendo en que estos resultados demuestran que cada bacteria de este consorcio bacteriano presentan efectos antagónicos y puede ser empleados como agente biocontrolador de *R. solani*.

Igualmente, Martínez (2019) efectuaron una investigación en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, donde analizaron la reacción de diferentes aplicaciones de *B. thuringiensis* sobre varios cortes de tejidos afectados por *Rhizoctonia spp.* La primera aplicación se basó en la dispersión de *B. thuringiensis*

previo a la inserción de *Rhizoctonia spp.* en el medio de cultivo, la segunda fue la aspersión de *B. thuringiensis* sobre el micelio de *Rhizoctonia spp.* y la tercera constó de una división en el medio de cultivo. En los resultados obtenidos pudieron evidenciar que las distintas aplicaciones de *B. thuringiensis* inhibieron el crecimiento micelial de *Rhizoctonia spp.* y la formación de esclerocios, sin embargo la aplicación en donde se asperjo *B. thuringiensis* sobre el micelio de *Rhizoctonia spp.* impidió completamente el crecimiento de *Rhizoctonia spp.* y a su vez la formación de esclerocios, concluyendo así que esta es una alternativa eficaz como agente de biocontrol de *Rhizoctonia spp.*

También, Regato (2016) llevó a cabo una investigación con el objeto de evaluar la eficacia antagónica de la mezcla de *T. harzianum* y *B. subtilis* sobre los hongos fitopatógenos *Rhizoctonia spp.*, *Gaeumannomyces graminis var. Graminis*, *Sarocladium oryzae*, *Ustilaginoidea virens*. Para lo cual, evaluaron cuatro dosis en campo (0.75, 1.00, 1.25, 1.50kg/ha) a los 20 y 45 días después del trasplante, frente a un testigo químico y absoluto. Donde obtuvieron como resultado que la menor incidencia de tallos infectados por *R. solani*, fue con la dosis de 1,5 kg/ha de la mezcla de *T. harzianum* y *B. subtilis*; mientras que para la incidencia de *Gaeumannomyces graminis var graminis* fue con el testigo químico, sobre el control de *Sarocladium oryzae* no hubo diferencias significativas, aunque la menor infección de observó la mezcla de *T. harzianum* y *B. subtilis* a 0.75kg/ha; al igual que para falso carbón.

De igual manera, Nagendran et al., (2019) realizaron una investigación en el Departamento de patología de la Universidad Agrícola Tamil Nadu, India. Con el objetivo de identificar el potencial antagonista de 60 cepas bacterianas contra el tizón de la vaina del arroz provocado por *R. solani*. en condiciones vitro, entre las cepas bacterianas, *P. fluorescens* Tu (Pf) 19 y Kk (Pf) 24 y *B. subtilis* Tn (Bs) 7 y Kk (Bs) 19 mostraron una inhibición máxima del crecimiento micelial y germinación esclerótica de *R. solani*. Estos antagonistas efectivos también fueron probados en cultivo en macetas y experimentos de campo utilizando la variedad de arroz TPS5,

donde demostraron la máxima reducción de la enfermedad del tizón de la vaina (75% y 47,59%) sobre el control.

1.2 Bases científicas y teóricas

1.2.1 Importancia del cultivo de arroz

El arroz es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia Poacea. Se conoce que existen 19 especies, siendo el arroz común (*Oryza sativa* L.), la especie de mayor importancia en la alimentación humana. El arroz se empezó a cultivar hace alrededor de 10 000 años, en regiones húmedas del Asia tropical y subtropical. Este cereal constituye el alimento básico para la mayor parte de las familias a nivel mundial; además, es uno de los cereales mayormente cultivados, con una producción promedio anual de aproximadamente 476 millones de toneladas métricas (Bonilla et al., 2019).

La importancia del cultivo de arroz en Ecuador radica en que es uno de los principales productos de la canasta básica de los hogares ecuatorianos. Su participación en el PIB representa apenas el 1,55 % y la mayor parte de la producción esta destina al consumo interno (96%), dejando muy poco margen a la exportación (4%) (Quijije et al., 2019). Los principales problemas del sector arroceros en Ecuador radican en la falta de un correcto manejo agropecuario, problemas del medio físico (clima y plagas), problemas de baja sustentabilidad de la producción, y problemas generados por la falta de participación del Estado en el agro (poca inversión, falta de investigación y la no regulación de precios) (Poveda y Andrade, 2018).

En la actualidad los agricultores están en busca de nuevos mercados, puesto que los actuales son inestables, para lo cual se pretende mantener e incrementar la producción arroceros siendo esta más competitiva. Su bajo costos de producción y su alta demanda lo convirtieron en uno de los cultivos más populares de muchos agricultores, sin embargo, a pesar de que el cultivo no requería de grandes inversiones, en los últimos años estos se han incrementado a nivel mundial, debido

a los precios de los fertilizantes y plaguicidas, dando lugar a la disminución en el beneficio de la producción, lo que provoca desesperación en los agricultores quienes de a poco han dejado la actividad arrocera para dedicarse a otras actividades comerciales (Tang et al., 2016).

1.2.2 Taxonomía

Según, Wei y Huang (2019) la taxonomía del arroz es la siguiente:

Reino: Plantae

Sub Reino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Monocotiledonea

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Ehrhartoidea

Tribu: Oryzae

Género: *Oryza*

Especie: *sativa* L.

1.2.3 Morfología de la planta

1.2.3.1 Raíz

Las raíces son fibrosas, delgadas y fasciculadas. El arroz presenta dos tipos de raíces: las seminales o temporales, las cuales se originan de la radícula y son de naturaleza temporal; y las adventicias o permanentes, que poseen una libre ramificación que se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas sustituyen a las raíces seminales. La punta de la raíz está protegida por un conjunto de células que asemejan a la forma de un dedal, llamada caleorriza la cual facilita su penetración en el suelo, no más de 20 cm (Liu et al., 2015).

1.2.3.2 Tallo

El tallo está formado por nudos y entrenudos, el septo es la parte interna del nudo que separa dos entrenudos adyacentes. Siendo cilíndrico, liso, nudoso, y de aproximadamente 60 - 120 cm de longitud, en cada uno se forma una hoja, una yema, esta última puede desarrollarse y formar un hijo. El entrenudo maduro es hueco, finamente estriado, su brillo y color dependen de la variedad; la longitud del entrenudo varía, siendo mayor en los entrenudos de la parte superior del tallo, los entrenudos en la base del tallo son muy cortos y se van engrosando hasta formar una sección sólida (Alvarez, 2018).

1.2.3.3 Hojas

Las hojas de las plantas de arroz, se encuentran envainadas alternadamente a lo largo del tallo; presentan un limbo lineal, agudo, largo y plano. La primera hoja que aparece en la base del tallo principal o de los hijos se denomina prófalo, no presenta lámina y está constituida por dos brácteas aquilladas, los bordes del prófalo aseguran por el dorso, los hijos jóvenes al tallo; en cada nudo, con excepción al nudo de la panícula, se desarrolla una hoja, que se encuentra debajo de la panícula se la conoce como hoja bandera. De acuerdo, a la presencia de bello las hojas se clasifican como lisas, intermedias o pubescentes (Alvarez, 2018).

1.2.3.4 Panícula

Las flores de la planta de arroz, están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula; esta se encuentra sobre el extremo apical del tallo y se inicia sobre el último nudo denominado nudo ciliar o base de la panícula. Es una inflorescencia que presenta un eje principal llamado raquis, que se extiende desde el nudo ciliar hasta el ápice. Según el tipo, se clasifica en abierta, compacta o intermedia y según el ángulo de inserción de las ramificaciones primarias puede ser erecta, colgante o intermedia (Kadam et al., 2017).

1.2.3.5 Grano

El grano es el ovario maduro, comúnmente llamado semilla. El grano descascarado de arroz (cariópse) con el pericarpio parduzco se conoce como arroz café; el grano de arroz sin cáscara con un pericarpio rojo, es el arroz rojo; y el negro que tiene barba es el puyón. Recién cosechado el grano está formado por el cariópse y cáscara, esta última compuesta de glumas. Industrialmente se considera al arroz cáscara aquel comprendido por el conjunto de cariópse y glumas. A su vez el cariópse, está formado por el embrión, el endosperma, capas de aleurona, tegmen y el pericarpio (Rodas, 2015).

1.2.4 Fases de Crecimiento

De acuerdo con Garcés y Medina (2018), el ciclo de vida del cultivo del arroz se divide en tres fases: Vegetativa, Reproductiva y de Maduración. A su vez, estas fases de crecimiento pueden dividirse en etapas fenológicas, las cuales determinan el estado de desarrollo del cultivo. En cada fase de crecimiento se determinan los diferentes componentes que influyen en el rendimiento del cultivo. El factor clima y el manejo agronómico serán las determinantes para que la variedad pueda expresar todo su potencial genético en la definición de cada componente.

1.2.4.1 Fase Vegetativa

Esta inicia con la germinación de la semilla y termina con la diferenciación del primordio floral. Se caracteriza por un activo macollamiento, del cual depende el número de panículas por unidad de área, debido a que los macollos que no desarrollen una panoja se llaman macollos infértiles (Maqueira et al., 2018). La duración de esta fase puede variar, de acuerdo a la variedad, al clima y al manejo agronómico. Generalmente, esta fase tiene una duración de entre 35 y 50 días. La diferencia en el ciclo de vida entre una u otra variedad, estará determinada por la mayor o menor duración de la fase vegetativa (Wang et al., 2015).

1.2.4.2 Fase Reproductiva

Se caracteriza con la diferenciación del primordio floral y termina con la floración del cultivo. Se produce un declinamiento del número de macollos, la emergencia de la hoja bandera, el engrosamiento del tallo por el crecimiento interno de la panoja, la emergencia de la misma y la floración. En esta fase se determina el número de espiguillas que tendrá cada panícula. Su duración oscila entre 30 y 35 días. Esta fase solo puede ser percibida cuando abrimos la planta e internamente vemos el desarrollo de la panícula (Garcés y Medina, 2018).

1.2.4.3 Fase de Maduración

Inicia con la etapa de floración y termina con la madurez del grano. Una vez que el ovario ha sido fertilizado y el grano de arroz comienza a crecer. En este periodo el grano incrementa su tamaño y peso; debido a que el almidón y azúcares se translocan desde las vainas, hoja bandera, y vástagos donde fueron acumulados en la fase vegetativa hacia el grano (Barahona-Amores et al., 2018). En esta fase se determina cuántas espiguillas se convertirán en granos efectivos y el peso individual de cada uno de ellos. Su duración oscila entre 30 y 45 días, dependiendo de la variedad y el factor clima (He et al., 2018).

1.2.5 Métodos de siembra

En el cultivo del arroz se utilizan varios métodos de siembra, y está siempre dependerá de las facilidades que tenga el productor y del área a sembrar. Se conoce tradicionalmente dos sistemas de siembra; la siembra directa (con semilla seca en suelos secos o fangueados o pre-germinada en suelos fangueados) y siembra indirecta o por trasplante. Es muy importante que el agricultor siempre se asegure de la viabilidad de la germinación de la semilla, efectuando antes de la siembra una prueba de germinación de la misma, con el fin de evitar bajas densidades de siembra (Barona et al., 2020).

1.2.5.1 Métodos de siembra directa

Siembra con chuzo o con barreta: Este método es empleado en terrenos donde la mecanización o la implementación de animales de labranza es difícil o no es factible. En este método, la semilla se coloca en agujeros individuales, depositando entre 5 a 10 granos de semilla por postura a una distancia de 30 centímetros en cuadro. Sin embargo, se debe tener cuidado de no depositar muchas semillas en un solo agujero para que se produzca un macollamiento adecuado. En este método de siembra se recomienda la cantidad de 100 libras de semilla de buena calidad por manzana (Botta et al., 2015).

Siembra en surcos con tracción animal: Para este método se utilizan animales de labranza, es empleado principalmente por pequeños agricultores. La siembra con este método tiene tan buenos resultados como la siembra mecanizada, debido a que un gran número de agricultores han logrado disminuir la distancia entre los surcos de siembra. Es recomendado surcar a una distancia de 30 centímetros y depositar la semilla a chorro corrido o en agujeros, posterior a esto tapar la semilla. En este método se recomienda utilizar de 120 a 150 libras de semilla por manzana (Pérez, Rodríguez y Cun 2018).

Siembra al voleo con semilla seca: Este método se puede hacer a mano, con voleadoras manuales o acopladas al tractor o con avión. Una vez que la semilla está distribuida en el suelo, se da un pase de rastra para taparla y así reducir el daño ocasionado por las aves y otros animales. La profundidad a la que se deposita la semilla, no debe ser mayor de cinco centímetros. Este método siembra es más rápida, sin embargo, la germinación no es uniforme debido a que la semilla queda colocada a diferentes profundidades, además del daño a veces considerable por los pájaros en la semilla que no se logró tapar adecuadamente. En este método es recomendable utilizar entre 200- 220 libras de semilla por manzana (Alvarez, 2018).

Siembra mecanizada en surcos: En este método se utilizan sembradoras, que son herramientas de siembras haladas por un tractor, las cuales depositan la

semilla a chorro corrido a distancias que pueden variar de 15 a 30 centímetros. Para este tipo de siembra, se requiere de suelos bien preparados, para permitir una adecuada distribución de la semilla. Las ventajas de este método, es la rapidez y la uniformidad tanto en la distribución como en la colocación de la semilla a una determinada profundidad, lo que resulta en una germinación uniforme. Otra ventaja, es que muchas sembradoras permiten adicionalmente fertilizar simultáneamente a la siembra. Con este sistema es recomendado utilizar entre 150 a 180 libras de por manzana (Alvarez, 2018).

1.2.5.2 Métodos de siembra en suelos fangueados

Siembra con semilla seca o semilla pregerminada: Cuando el terreno se encuentran fangueado y listo para la siembra, se toma la semilla y la cantidad de la misma que se va a utilizar, sea que este en condiciones de pregerminación o seca, seguidamente se esparce al voleo. En la siembra al voleo, se pretende que la distribución de la semilla sea lo más uniforme posible, para lo cual se recomienda que la persona que esparce la semilla pase de ida y vuelta por el mismo lugar. Una vez tirada la semilla se drenan los terrenos, evitando dejar charcos (Ruiz, 2019).

1.2.5.3 Métodos de siembra indirecta:

La siembra por transplante: En este método se trasplantan plántulas que han crecido inicialmente en semilleros o almácigos para luego ser transplantadas al campo. Se debe tener cuidado al momento de arrancar las plántulas del almacigo o semillero, con el fin de no ocasionar daño ni al follaje ni a las raíces. Generalmente el trasplante se realiza cuando las plántulas tienen de 20 a 30 días de crecimiento. La ventaja de este sistema es que se usa poca semilla por área de siembra y es efectivo cuando se quiere erradicar malezas nocivas o cuando se intenta producir semilla certificada. Sin embargo, la principal desventaja es el uso de mucha mano de obra. Puede ser trasplante manual al azar, manual de surcos o mecánico (con máquinas transplantadoras) (Herrera et al., 2017).

1.2.6 Enfermedades fúngicas del arroz

Dentro de las principales enfermedades fúngicas que atacan al cultivo del arroz se encuentran: piriculariosis, mancha parda, mancha lineal, escaldadura foliar, pudrición de la vaina, pudrición del tallo, pudrición negra de la hoja envainadora y el manchado del grano, identificándose al aire como una vía de dispersión de estos hongos (Suárez et al., 2018).

1.2.6.1 *Sarocladium oryzae*

Esta enfermedad se la describió por primera vez por Sawada en 1912 y se reportó primero en Taiwán. El agente causal se clasificó inicialmente como *Acrocyldrum oryzae*. Actualmente se conoce como *Sarocladium oryzae*, con pérdidas estimadas entre un 20 a 60%. Es un hongo filamentoso, relacionado con la pudrición de la vaina, esta enfermedad era hasta hace poco considerada de baja relevancia pero cuya incidencia ha aumentado en todo el mundo en el cultivo del arroz, convirtiéndose en una plaga de interés económico (Côrtes et al., 2021).

S. oryzae posee una gran viabilidad patogénica. Su presencia en el campo es mayormente favorecida por la alta humedad, formando una capa blanca de micelio y conidios entre la vaina infectada y el tallo. Puede sobrevivir en los residuos de la cosecha y ser transmitido por semillas. Los daños pueden ser visualizados en las vainas de las hojas superiores, particularmente en la llamada bandera, formando manchas oblongas con centros grises y bordes marrones, llegando en muchos casos a cubrir toda el área de la vaina. En infecciones severas, las panículas no suele emerger totalmente y lo hacen acompañadas por pudriciones que impiden la producción de granos (Guimarães et al., 2017).

S. oryzae provoca la pudrición de la vaina del arroz y produce las fitotoxinas cerulenina y ácido helvólico. Ambas toxinas demuestran actividad antimicrobiana, pero únicamente la producción de ácido helvólico en la vaina del arroz se correlaciona con la virulencia. Se analizaron aislados de *S. oryzae* que diferían en la producción de toxinas para estudiar su interacción con la comunidad de endófitos

bacterianos cultivables en arroz. La diversidad de la comunidad se observó en el borde de las lesiones de pudrición de la vaina del arroz. En comparación con las vainas sanas, la diversidad de endófitos aumentó en gran manera cuando se infectaron con los aislados de *S. oryzae* menos virulentos que producían bajas cantidades de toxinas (Peeters et al., 2021).

De igual manera Peeters et al., (2020) asegura que la pudrición de la vaina conduce a pérdidas considerables en el cultivo de arroz. Debido a que es conocido que *S. oryzae* produce las toxinas cerulenina y ácido helvólico, pero no se ha establecido claramente su papel en la patogenicidad. Los aislados de *S. oryzae* que evaluaron de diferentes regiones productoras de arroz se pueden agrupar en tres linajes filogenéticos. Cuando se cultivaron in vitro, estos diferían en crecimiento, color y capacidad para formar sectores. Los aislados del linaje menos patógeno produjeron los niveles más altos de cerulenina in vitro, pero en planta, se reflejó una producción de ácido helvólico, pero no de cerulenina, por lo que se la correlacionó fuertemente con la gravedad de la enfermedad.

Los síntomas de la enfermedad son lesiones oblongas y alargadas con borde café y centro grisáceo que aparecen tanto en la hoja bandera como en las vainas superiores, conforme progresa la enfermedad las lesiones se hacen más grandes. El ataque severo de este patógeno en edades tempranas no permite que la panícula emerja completamente y hace que en algunas ocasiones se pudra; y en el caso de que las panículas logran emerger, estas presentan flores curvas y de color café oscuro. También puede causar esterilidad y el vaneamiento de los granos (Yulia et al., 2019).

1.2.6.2 *Rhizoctonia solani*

R. solani es un hongo, descubierto por Kühn en 1858, es reconocido por ser un fitopatógeno ampliamente extendido, dañino y muy versátil. Este hongo tiene un rango extenso de plantas hospederas de las cuales se puede alimentar y causar

daños como el decaimiento de las semillas, dampingoff, pudrición de la raíz y algunas enfermedades foliares (Albornoz, 2018).

R. solani, es la especie más importante dentro del género Rhizoctonia, es un patógeno de gran impacto agrícola transmitido por el suelo con una diversidad considerable en agresividad, morfología cultural y rango de hospedadores. A pesar de sus antecedentes como patógeno perjudicial de cultivos de importancia económica alrededor del mundo y entre la gran cantidad de enfermedades con las que se ha asociado, el tizón de la vaina en arroz es una de las enfermedades de gran importancia, especialmente en las regiones productoras de arroz de América. Sin embargo, debido a la falta de genotipos de arroces resistentes, de información sobre los mecanismos de las interacciones huésped-patógeno y otros aspectos moleculares de la patogenicidad, las opciones de manejo eficaces se han limitado en una combinación de opciones de control cultural y químico (Ajayi y Bradley, 2018).

Tizón de la vaina (*R. solani*) forma manchas de color oscuro de forma elíptica que se tornan de color verde con centro blanco grisáceo. Afecta principalmente a tallos y hojas, causando la muerte del tejido, no hay variedades tolerantes ni resistentes a esta enfermedad. La diseminación y desarrollo del hongo es favorecido por las temperaturas elevadas (30°C), alta humedad relativa (más de 96%), la alta densidad de siembra y a los exceso de fertilizantes nitrogenados (Dodman y Flentje, 2020).

La mayoría de los síntomas de esta enfermedad se observan en la base de los tallos a nivel del agua de riego, comenzando con una mancha circular, acuosa, oblonga, de color verde de aproximadamente 1 cm de longitud. Luego crecen hasta alcanzar de 2-4 x 1-1,5 cm de longitud, presentándose en el centro un color marrón claro o blanquecino, con un halo alrededor de color marrón. En condiciones favorables para el hongo, la enfermedad puede llegar hasta las hojas superiores, produciendo síntomas similares a los que ocurren en las vainas y si estas

condiciones persisten las lesiones pueden unirse y provocar el secamiento de las hojas y tallos, las pérdidas en rendimiento pueden llegar de un 5% hasta un 50% (Cardona, 2019).

Los síntomas de este de la incidencia de este hongo, aparecen cuando la planta está en fase de macollamiento, ocasionalmente se presenta en plantas jóvenes y los síntomas consisten en una mancha verde grisácea circular o elíptica de 1 cm de longitud que se da en la vaina de la hoja cerca de la línea de agua. Las lesiones se agrandan aproximadamente de 2 a 3 cm de longitud, en el centro de la lesión se puede apreciar un tono verde pálido o Blanco, rodeado por un borde irregular café purpura, estas lesiones pueden destruir por completo las hojas jóvenes y posteriormente causar la muerte (Papavizas, 2020).

1.2.7 Control Biológico

El Control Biológico, es definido por Espinoza (2007) como “la regulación de un organismo como consecuencia de la actividad de otro, lográndose con ello un equilibrio poblacional”. En el medio ambiente existe una interacción continua entre los patógenos potenciales y sus antagonistas, de tal manera que estos últimos benefician a la planta ya que impiden a que en la mayoría de los casos se desarrollen la enfermedad.

Un gran número de especies del género *Bacillus spp.* han demostrado mediante investigaciones y ensayos tener actividad antagonica contra diversos microorganismos fitopatógenos sean estos hongos o bacterias de cultivos agrícolas, tales como maíz, arroz, frutales, entre otros (Villa et al., 2017).

El estudio del potencial de *Bacillus spp.* inició por el descubrimiento de la actividad insecticida de las proteínas Cry producidas por *B. thuringiensis*; en la actualidad diversas especies del género *Bacillus spp.* (*B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. amyloliquefaciens* y *B. licheniformis*) son ampliamente estudiadas y evaluadas para mitigar la incidencia de agentes patógenos de importancia agrícola (Tuñon, 2018).

1.2.7.1 *Bacillus subtilis*

Según Dunlap (2019) se clasifica taxonimocamente de la siguiente manera:

Reino: Bacteria

Filo: Firmicutes

Clase: Bacilli

Orden: Bacillales

Familia: Bacillaceae

Genero: *Bacillus* (Conh, 1872)

Especie: *subtilis* (Ehrenberg, 1835)

B. subtilis son bacilos Gram positivos de aproximadamente 0,8 mm de diámetro por 2 a 3 mm de largo con bordes redondeados. Presentan esporas esféricas y centrales que no deforman el bacilo. Generalmente forman colonias, de 2 a 4 mm de diámetro, de forma beta hemolíticas con hemólisis completa, que pueden dar un aspecto liso, mucoso o rugoso; los bordes de estas pueden ser onduladas o extendidas en el medio y ocasionalmente dan la apariencia de cultivos mixtos (Lu, Guo y Liu, 2018).

Es un eficaz controlador biológico, que promueve el desarrollo de las plantas y previene o controla las enfermedades del suelo causadas por *Sclerotium*, *Fusarium spp.*, *Verticillium spp.*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora capsici*, *Pythium spp* y *R. solani* agente causal de la pudrición del tallo en arroz; inclusive es capaz de controlar nematodos (Khochamit et al., 2015).

B. subtilis induce la expresión del factor alternativo de la ARN polimerasa Sigma B, la cual se encarga de dirigir la expresión de un conjunto de genes, aproximadamente 200, que le permiten a la célula poner en marcha una serie de procesos destinados para ser capaz de sobrevivir bajo condiciones adversas. La pérdida de este factor (Sigma B) conduce a un incremento en la sensibilidad frente

a diversos tipos de estrés metabólicos y ambientales. Por lo que, la inducción de sigma B y la de los genes, le confieren a la bacteria una protección general, defensiva y preventiva frente a múltiples tipos de estrés (por ejemplo, la presencia de otros microorganismos, hongos, antagónicos) (Bartolini, 2019).

1.2.7.1.1 Mecanismo de acción de *B. subtilis*

B. subtilis es capaz de tolerar en gran manera los factores ambientales y se lo ha empleado como biocontrolador de muchos hongos fitopatógenos. A pesar de que la antibiosis, mecanismo antagónico más utilizado por los microorganismos biocontroladores para inhibir a los hongos fitopatógenos, no es el único. Los principales mecanismos de acción pueden ser la competencia por espacio o nutrientes, interacciones directas con el patógeno (micoparasitismo y lisis enzimática), producción de bacteriocinas y otros compuestos antagonistas derivados del metabolismo secundario como los péptidos que presentan actividad antimicrobiana o antifúngica y la inducción de resistencia en las plantas (Bacab, 2019).

B. subtilis actúa formando un biofilm alrededor de las raíces, colonizándola de tal manera que por competencia evitan el desarrollo de hongos y bacterias patógenas, de igual forma esta protección reduce el ataque por nematodos y estimula en gran manera la producción de pelos absorbentes. Además, produce sustancias que promueven el desarrollo vegetativo, como lo son, las enzimas solubilizadoras de fosfatos que aumentan la disponibilidad de elementos importantes para el desarrollo de la planta induciendo el crecimiento de raíces (Vivas y Tomala, 2018).

1.2.7.2 *Bacillus thuringiensis*

B. thuringiensis (*Bt*) es una bacteria Gram Positiva, aerobia, formadora de esporas. Cuando empieza el proceso de esporulación produce cristales paraesporales de origen protéico con propiedades insecticidas. Dicho cristal está constituido por d-endotoxinas, clasificadas en dos grupos: toxinas Cry (Crystal) y

toxinas Cyt (Cytolitic). Estas toxinas separa a esta bacteria de otras especies del género *Bacillus* (Velásques, Rojas y Cerón, 2018). El comité de nomenclatura de toxinas de Bt define a las toxinas Cry como d-endotoxinas que tienen similitud de secuencia primaria con las toxinas Cry reportadas y que presentan o actividad pesticida o algún efecto tóxico experimentalmente verificable hacia un organismo blanco (Crickmore et al., 2014).

B. thuringiensis es eficaz como promotor del crecimiento vegetal, y como inoculante para el sector agrícola. Se han descrito mediante investigaciones, cepas productoras de auxinas (fitohormonas), cepas que mejoran la disponibilidad de fósforo en el suelo al tener la capacidad de solubilizar fosfatos inorgánicos, y cepas que secretan quitinasas o bacteriocinas con actividad antimicrobiana que otorgan protección contra hongos y bacterias patógenas de plantas. También se ha destacado la implementación de ciertas cepas como ingrediente activo de bionematicidas (Sauka, 2017).

El estudio profundo de las proteínas Cry, origino el interés de los investigadores hacia la bacteria *B. thuringiensis* como agente de control biológico, ya que debido a sus cualidades, estas actúan contra una gran pluralidad de insectos, hongos y bacterias plagas; aunque, aún existe cierto porcentaje de estas bacterias que no poseen este tipo de proteínas o son poco sensibles a estas, lo que ha provocado que se sigan aislando y distinguiendo cepas de *B. thuringiensis* (García et al., 2018).

B. thuringiensis no solo se restringe a la aplicación en la agricultura, sino que mediante investigaciones se ha podido extender a la biorremediación de ambientes contaminados, ya que *B. thuringiensis* es capaz de degradar totalmente compuestos xenobióticos. De este modo, esta bacteria no solo sería simplemente un entomopatógeno exitoso, ya que debido a la diversidad de propiedades que posee esta bacteria, se están abriendo un escenario de nuevas aplicaciones biotecnológicas, que están a la vista para ser evaluadas con mayor precisión y tal

vez explotadas. Posterior a esto, los resultados que se obtengan de estos estudios van a profundizar sobre lo presentado y serán decisivos en este sentido (Crickmore et al., 2020).

1.2.7.2.1 Mecanismo de acción de *B. thuringiensis*

Hace algunos años, Barboza et al., (1999) seleccionaron algunas encimas de *B. thuringiensis* para controlar hongos patógenos, debido a que algunos autores pudieron evidenciar y demostrar mediante ensayos e investigaciones un efecto inhibitor de esta bacteria, que actuaba sobre la pared celular de algunos hongos fitopatógenos, por lo cual concluyeron que la acción sinérgica entre quitinasas y proteínas Cry eran aplicables a la hipótesis de control biológicos sobre ciertos hongos (Jouzani et al., 2017).

La capacidad de sobrevivir a largos tiempos de almacenamiento, ha colocado a las bacterias del género *Bacillus* en un puesto importante del mundo de los controladores biológicos. *B. thuringiensis* posee esta gran capacidad de adaptación y es un patógeno eficiente que produce unos cristales parasporales fuertemente nocivos y específicos. Estas toxinas se hallan codificadas por genes cry, y su peligrosidad está unida a la sección terminal C de las cadenas polipeptídicas (Bhatt et al., 2020).

1.2.8 Control Químico

El control químico es un factor crucial en los programas de manejo integrado de plagas alrededor del mundo y es poco probable que desaparezca, debido a que sirve para controlar brotes poblacionales o mitigar su dispersión. Sin embargo, este control enfrenta un desafío, el cual es reconocer la efectividad biológica de los plaguicidas bajo condiciones locales para diversificar el mecanismo de mortalidad de la plaga. Debido a que el uso de un ingrediente activo único para el control de plagas propicia o genera la resistencia acelerada (Correa et al., 2018).

El uso descontrolado de plaguicidas, en vez de disminuir los problemas de plagas, por lo general los incrementa, bien sea por desbalances ecológicos o por la inducción de resistencia de los patógenos a los productos. Por lo que en muchos casos, los agricultores realizan aplicaciones excesivas de productos químicos para el control de plagas en varias ocasiones, lo que ha generado ataques devastadores por algunos patógenos que no pudieron ser controlados. Por tanto, el costo elevado dentro de los gastos de producción, junto con las pérdidas cuantiosas por plagas fuera de control, ha representado serias limitaciones para la producción de los cultivos (Chirinos et al., 2020).

1.3 Fundamentación legal

De acuerdo con Agrocalidad (2016) el Art. 1 de la Ley de Sanidad Vegetal, publicada en el Registro Oficial Suplemento Nro. 315, de 16 de abril del 2004, establece: “Corresponde al Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través del Servicio Ecuatoriano de Sanidad Vegetal (SESA), estudiar, prevenir y controlar las plagas, enfermedades y pestes que afecten los cultivos agrícolas y a la vez regular también el desarrollo de actividades, servicios y la aplicación de medidas fito y zoonosanitarias, con base a los principios técnico-científicos para la protección y mejoramiento de la sanidad animal y vegetal, así como para el incremento de la producción, la productividad y garantía de los derechos a la salud y a la vida; y el aseguramiento de la calidad de los productos agropecuarios, dentro de los objetivos previstos en la planificación, los instrumentos internacionales en materia de sanidad agropecuaria, que forman parte del ordenamiento jurídico nacional.”

El Art. 1 de la Resolución Nro. 0305 de 30 de diciembre del 2016, ha resuelto en la parte pertinente lo siguiente: “Actualizar el procedimiento para elaborar estudios de Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) por vía de ingreso, para el establecimiento de requisitos fitosanitarios de importación de plantas, productos vegetales y artículos reglamentados”.

El Art. 11 de la Ley de Sanidad Vegetal sobre la participación y control social, señala: “Se constituirá el Consejo Consultivo de Sanidad Agropecuaria para la formulación, observación, seguimiento, veeduría y evaluación de las políticas públicas, el mismo que se integrará con ciudadanas y ciudadanos representantes de la sociedad civil, de las organizaciones de productores y consumidores en general, empresas públicas, privadas, comunitarias y mixtas, mediante el proceso de selección y designación, previsto en la Ley”.

En el capítulo 4 con el título de las campañas fitosanitaria nos indica lo siguiente: Art. 20.- En caso de apareamiento de plagas o enfermedades inusitadas, con caracteres alarmantes y que amenacen los intereses agrícolas del país, el Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria las estudiará de inmediato, determinando las medidas de prevención y control a adoptarse.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 Métodos

Se emplearon los métodos teóricos- científicos, usando técnicas analíticas, empírico – experimental donde se evaluó la eficacia antagonista de *B. Thuringiensis* y *B. subtilis*, a fin de determinar qué cepa de *Bacillus sp.* resulta ser más eficaz contra los hongos *R. solani* y *S. oryzae* y a la vez represente el menor costo de producción.

2.2 Variables

2.2.1 Variables independientes

La variable independiente son las cepas *B. Thuringiensis*; *B. subtilis* y el fungicida químico Azoxystrobin + Tridemorph, en la variedad de arroz Iniap 14 con dos métodos de siembra (por trasplante y al voleo) sobre *R. solani* y *S. oryzae*, plagas del cultivo de arroz.

2.2.2 Variables dependientes

2.2.2.1 Índice de Incidencia de *R. solani* (%)

Esta variable se determinó en base al número de plantas que presentaron *Rizhooctonia*. Para lo cual se seleccionaron 30 plantas al azar. Se partió con la toma de datos 20 días después de terminadas las aplicaciones correspondientes, a partir de la presencia de la madurez fisiológica, el porcentaje se contabilizó mediante la siguiente formula (Aguilar et al., 2017):

$$I = \frac{\text{Numero de macollos infectados}}{\text{Total de macollos evaluados}} \times 100$$

2.2.2.2 Índice de Severidad de *R. solani* (%)

La severidad evalúa la frecuencia con la que se presentan las diferentes categorías de daño en relación con el total de plantas enfermas. Para esta variable, se tomaron 30 plantas, a las cuales se implementaron 6 categorías de severidad respecto al porcentaje de macollos afectados por *Rizhoctonia*; donde 0 indica la ausencia de la enfermedad y 6 una infección muy severa. Acorde con la metodología propuesta (Aguilar et al., 2017).

Tabla 1. Categorías de severidad para la evaluación de los daños producidos por *R. solani*

Grado	(%)	Síntoma	Daño
0	0	Sin síntoma	
1	1 - 5%	Leve amarillamiento de la vaina	Incipiente
2	6 - 15%	Quemado leve	Visible
3	16 - 30%	Quemado leve a moderado hasta 3 cm	Poco severo
4	31 - 50%	Quemado intenso hasta 6 cm	Medianamente severo
5	51 - 80%	Quemado intenso hasta 10 cm	Severo
6	81 - 100%	Quemado intenso mayor a 10 cm	Extremadamente severo

Elaborado por: El autor, 2022

2.2.2.3 Índice de Incidencia de *S. oryzae* (%)

Esta variable se determinó en base al número de plantas que presentaron *Sarocladium oryzae*. Para lo cual se seleccionaron 30 plantas al azar. 21 días después de la aplicación que se realizó en prefloración. La incidencia se midió en número de tallos afectados sobre número de tallos evaluados, el porcentaje se contabilizó mediante la siguiente fórmula (Orrala, 2021):

$$I = \frac{\text{Numero de tallos infectados}}{\text{Total de tallos evaluados}} \times 100$$

2.2.2.4 Índice de Severidad de *S. oryzae* (%)

Para esta variable, se tomaron 30 plantas, a las cuales se implementaron 4 categorías de severidad respecto al porcentaje de tallos afectados por *Sarocladium oryzae*; donde 1 indica la ausencia de la enfermedad y 4 una infección muy severa. Acorde con la metodología propuesta (Orrala, 2021).

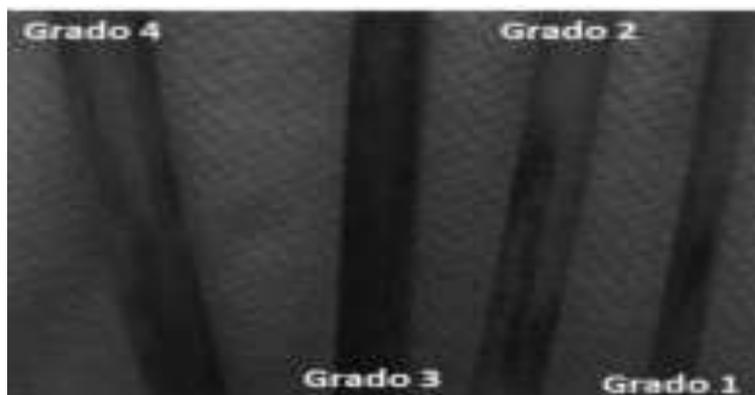


Ilustración 1. Escaramática para *Sarocladium*.

Tabla 2. Categorías de severidad para la evaluación de los daños producidos por *S. oryzae*

Categoría de Severidad	Follaje afectado (%)
1	0,1 - 25
2	26 - 50
3	51 - 75
4	76 - 100

Elaborado por: El autor, 2022

2.2.2.5 Eficacia de los tratamientos

Se evaluó de manera visual 20 plantas dentro del área útil de cada parcela a los 30 días luego de las aplicaciones de los tratamientos y la eficacia de los tratamientos biológicos y químico se determinó mediante la siguiente fórmula (Orrala, 2021):

$$Eficacia (\%) = \frac{(IT - it)}{IT} \times 100$$

Dónde:

IT = infección del testigo

it = infección del tratamiento

2.2.2.6 Altura de la planta

En veinte plantas tomadas al azar, se midió la altura al momento de la cosecha. Los datos se expresaron en metros.

2.2.2.7 Número de macollos por m²

En cada parcela experimental se contó el número de macollos, 15 días después de la aplicación de los tratamientos, para lo cual se tomaron en cuenta las plantas que se encontraron dentro del metro cuadrado, del área útil de la parcela.

2.2.2.8 Peso de 1000 semillas

Dentro del área útil de cada parcela, se tomaron 1000 granos de arroz de cada una de las parcelas experimentales y se pesaron en una balanza de precisión. Sus resultados se determinaron en gramos.

2.2.2.9 Rendimiento/ha

Se pesó en una balanza los granos obtenidos en cada parcela experimental, y posteriormente se registró el dato en Kilogramo por hectárea, cuyo peso se lo ajustó al 14% de humedad, mediante el empleo de la siguiente fórmula (Briones, 2014):

$$Pa = \frac{Pm (100 - hi)}{(100 - Hd)} \times \frac{100}{ac}$$

Donde

Pa= peso ajustado al tratamiento.

Hi= humedad inicial al momento de pesar.

Hd= humedad deseada al 14%

Pm= Peso de muestra

ac= área cosechada

2.2.2.10 Análisis económico

El costo de los tratamientos se lo calculó con el total de egresos y la utilidad, se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{U = IB - CT}$$

IB = Ingreso Bruto

CT = Costos Totales

Relación Beneficio/Costo, se obtuvo utilizando la siguiente fórmula (Briones, 2014):

$$\textit{Relación Beneficio / Costo} = \frac{\textit{Ingresos Totales}}{\textit{Costos Totales}}$$

2.2.3 Operacionalización de las variables

Tabla 3. Operacionalización de las variables

TIPO DE VARIABLE		DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE MEDICIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Cepas de <i>Bacillus sp.</i> en dos métodos de siembra de arroz.	Se establecieron los tratamientos para determinar la eficacia de los mismos en campo. Se registraron las diversas observaciones que se vayan manifestando en la investigación.	Evaluación de las cepas <i>B. Thuringiensis</i> y <i>B. subtilis</i> en dos métodos de siembra en el cultivo de arroz sobre el manejo de <i>R. solani</i> y <i>S. oryzae</i> .	Comportamiento de las cepas de <i>B. Thuringiensis</i> y <i>B. subtilis</i> , y la influencia de los métodos de siembra al voleo y por trasplante.	Cuantitativa	Metodología
DEPENDIENTE	Eficacia antagonista de las cepas de <i>Bacillus sp.</i> sobre el desarrollo de <i>R. solani</i> y <i>S. oryzae</i> .		Eficacia antagonista de las cepas de <i>B. Thuringiensis</i> y <i>B. subtilis</i> sobre <i>R. solani</i> y <i>S. oryzae</i> en condiciones de campo.	Incidencia y severidad de los hongos. Eficacia de los tratamientos. Altura de planta. Numero de macollos en m ² Peso de 1000 granos Rendimiento kg/ha.	Cuantitativa/ Cualitativa	Metodología

Elaborado por: El autor, 2022

2.3 Población y muestra

Se estableció un ensayo en condiciones de campo con un total de veinticuatro parcelas experimentales distribuidas en el área experimental, las cuales estuvieron establecidas en un área de 1040 m² delineadas de acuerdo al Diseño Experimental que se utilizó, con una densidad poblacional de 400 plantas por cada parcela, respecto al método de siembra por trasplante, en el periodo comprendido de Diciembre 2021 – Marzo 2022. La descripción de los tratamientos evaluados se encuentra en el inciso 2.6. Como testigo absoluto agua.

2.4 Técnicas de recolección de datos

El tipo de medición fue cuantitativa, por medición directa a los tratamientos estudiados que son los biofungicidas; un testigo químico y un testigo absoluto, con la incidencia y escala de severidad de *R. solani* y *S. oryzae* en la zona de estudio.

2.5 Estadística descriptiva e inferencial

Los datos fueron valorados estadísticamente mediante el análisis de Varianza (ANDEVA) con la prueba de rango múltiple de Tukey para la comparación de medias. Estos análisis se realizaron previo a la comprobación de igualdad de varianzas y normalidad de los datos, todos al 5% de probabilidad de error tipo 1; utilizando la versión estudiantil del software Infostat. El modelo de ANDEVA que se aplicó a los datos, considerando el tipo de diseño experimental, se detalla en la Tabla 1.

2.5.1 Esquema del Análisis de la varianza (ANDEVA)

Tabla 4. Esquema del Análisis de la varianza (ANDEVA)

Fuente de variación	Formula	Grados libertad
Factor A	$(a - 1)(2 - 1)$	1
Error A	$(a - 1)(r - 1)(2 - 1)(4 - 1)$	3
Repeticiones	$(r - 1)(4 - 1)$	3
Factor B	$(b - 1)(4 - 1)$	3
Interacción AB	$(a - 1)(b - 1)(2 - 1)(4 - 1)$	3
Error b	$a(b - 1)(r - 1)2(4 - 1)(4 - 1)$	18
Total	$abr - 1$	31

Elaborado por: El autor, 2022

2.6 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de tratamientos en arreglo de parcelas divididas, en el cual el factor que se ubicó en parcelas grandes correspondieron a los métodos de siembra (Factor A) y el factor que se ubicó en parcelas pequeñas estuvo referido a las cepas de *Bacillus sp.* (Factor B). Considerando los niveles de cada uno de estos factores, este experimento tuvo un total de 8 tratamientos, los cuales se detallan en Tabla 3. El arreglo de tratamientos antes indicados se evaluó bajo un diseño de Bloques Completos al Azar.

Las parcelas grandes tuvieron un ancho de 20 m y 5 m de longitud; mientras que las parcelas pequeñas tuvieron un ancho de 5 m y la longitud antes mencionada. El área útil en cada parcela pequeña tuvo un ancho de 2,5 m y una longitud de 2,5 m, dentro de la cual se consideró un total de 100 plantas. Las características adicionales al área de ensayo pueden observarse del Croquis del Anexo.

Tabla 5. Descripción de los tratamientos a evaluar en campo

Tratamientos	Método de siembra (Factor A)	Cepas (Factor B)
1		b1: <i>B. subtilis</i> ¹
2	a1: Al voleo	b2: <i>B. Thuringiensis</i> ²
3		b3: Azoxystrobin + Tridemorph ³
4		b4: Testigo absoluto
5		b1: <i>B. subtilis</i>
6	a2: Por trasplante	b2: <i>B. Thuringiensis</i>
7		b3: Azoxystrobin + Tridemorph
8		b4: Testigo absoluto

¹ Producto BACTERPLUS inoculante microbiano con acción fungicida; *Bacillus subtilis* 5.9 x 10¹² ufc/gr.

² Producto CRISTAL-Bt inoculante microbiano con acción fungicida; *Bacillus Thuringiensis* 5.6 x 10¹² ufc/gr.

³ TOPGUN fungicida de acción protectante; Azoxystrobin 125 g/lt + Tridemorph 215 g/lt.

Elaborado por: El autor, 2022

2.7 Cronograma de Actividades

Tabla 6. Cronograma de actividades

Actividades	2021						2022		
	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	Febrero	Abril	Junio
Elaboración de sinopsis, revisión de metodología y Objetivos	X								
Presentación y Defensa de Anteproyecto		X	X						
Evaluar el efecto fúngico con componentes biológico y químico para la prevención de <i>R. solani</i> y <i>S. oryzae</i> .						X	X		
Evaluación de las variables independiente antes mencionadas.							X		
Toma de Datos							X		
Análisis Estadístico								X	
Trámites Post Grado								X	
Defensa de Tesis									X

Elaborado por: El autor, 2022

RESULTADOS

Índice de incidencia de *R. solani*

En los resultados del índice de incidencia de *R. solani* se observó significancia entre métodos de siembra ($p= 0.0023$) y entre cepas ($p= 0.0000$). El tratamiento con Azoxystrobin + Tridemorph fue el que presentó el menor porcentaje de incidencia de *R. solani* en los dos métodos de siembra, con un 1.25 % al voleo y 0,56 % en trasplante (Tabla 5). El tratamiento testigo en el cual no se aplicó ningún tratamiento biológico o químico presentó el mayor porcentaje de incidencia, siendo el más alto en el método de siembra al voleo con 44,3 %. La acción controladora de las cepas de *Bacillus* no fue tan efectiva sobre la incidencia natural de *R. solani*. La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos reflejó diferencias estadísticas, los tratamientos 3 y 4 fueron superiores y diferentes estadísticamente a los demás tratamientos.

Tabla 7. Índice de incidencia de *R. solani* en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de *Bacillus* bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.

CEPAS	METODOS DE SIEMBRA	PROMEDIOS (%)
T1 (<i>B. subtilis</i>)	Al voleo	19,45 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)		24,25 b
T3 (Azoxystrobin + Tridemorph)		1,25 a
T4 (Testigo)		44,3 d
T5 (<i>B. subtilis</i>)	Trasplante	12,83 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)		17,33 b
T7 (Azoxystrobin + Tridemorph)		0,56 a
T8 (Testigo)		36,93 c
Promedio		19,61
Significancia		**
CV(Bloques*Métodos de siembra)		7,97
CV(Bloques*Métodos de siembra*Cepas)		13,86

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $P \leq 0,05$.

** : Significante

Elaborado por: El autor, 2022

Índice de Severidad de *R. solani*

El análisis de la varianza correspondiente a índice de severidad de *R. solani* muestra significancia entre métodos de siembra ($p= 0.2452$) y entre cepas ($p= 0.0000$). La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos reflejó diferencias estadísticas, siendo el tratamiento con Azoxystrobin + Tridemorph superior y diferente estadísticamente a los demás tratamientos, debido a que presentó el menor grado de severidad de *R. solani* en los dos métodos de siembra, con un 0,75 % al voleo y 0,5 % en trasplante (Tabla 6). El tratamiento testigo en el cual no se aplicó ningún tratamiento biológico o químico presentó el mayor grado de severidad, siendo el más alto en el método de siembra al voleo con 5,75 %.

Tabla 8. Índice de severidad de *R. solani* en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de *Bacillus* bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.

CEPAS	METODOS DE SIEMBRA	PROMEDIOS (Grado)
T1 (<i>B. subtilis</i>)	Al voleo	2,75 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)		3,5 b
T3 (Azoxystrobin + Tridemorph)		0,75 a
T4 (Testigo)		5,75 c
T5 (<i>B. subtilis</i>)	Trasplante	2,5 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)		3 b
T7 (Azoxystrobin + Tridemorph)		0,5 a
T8 (Testigo)		5,25 c
Promedio		3
Significancia		**
CV(Bloques*Métodos de siembra)		24,53
CV(Bloques*Métodos de siembra*Cepas)		14,96

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $P \leq 0,05$.

** : Significante

Elaborado por: El autor, 2022

Índice de incidencia de *S. oryzae*

En los resultados del índice de incidencia de *S. oryzae* se observó significancia entre métodos de siembra ($p= 0.0001$) y entre cepas ($p= 0.0000$). El tratamiento con Azoxystrobin + Tridemorph fue el que presentó el menor porcentaje de incidencia de *S. oryzae* en los dos métodos de siembra, con un 5,15 % al voleo y 3,56 % en trasplante (Tabla 7). El tratamiento testigo en el cual no se aplicó ningún tratamiento biológico o químico presentó el mayor porcentaje de incidencia, siendo el más alto en el método de siembra al voleo con 73,48 %. La acción controladora de las cepas de *Bacillus* no fue efectiva sobre la incidencia natural de *S. oryzae*. La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos reflejó diferencias estadísticas, los tratamientos 3 y 4 fueron superiores y diferentes estadísticamente a los demás tratamientos.

Tabla 9. Índice de incidencia de *S. oryzae* en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de *Bacillus* bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.

CEPAS	MÉTODOS DE SIEMBRA	PROMEDIOS (%)
T1 (<i>B. subtilis</i>)	Al voleo	39,78 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)		46,4 b
T3 (Azoxystrobin + Tridemorph)		5,15 a
T4 (Testigo)		73,48 c
T5 (<i>B. subtilis</i>)	Trasplante	31,63 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)		38,38 b
T7 (Azoxystrobin + Tridemorph)		3,56 a
T8 (Testigo)		65,28 c
Promedio		37,95
Significancia		**
CV(Bloques*Métodos de siembra)		1,90
CV(Bloques*Métodos de siembra*Cepas)		5,36

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $P \leq 0,05$.

** : Significante

Elaborado por: El autor, 2022

Índice de severidad de *S. oryzae*

El análisis de la varianza correspondiente a índice de severidad de *S. oryzae* no reportó significancia entre métodos de siembra ($p=0.4950$), pero si entre cepas ($p=0.0000$). La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos reflejó diferencias estadísticas, siendo el tratamiento con Azoxystrobin + Tridemorph superior y diferente estadísticamente a los demás tratamientos, debido a que presentó el menor grado de severidad de *S. oryzae* en los dos métodos de siembra, con un 1,5 % al voleo y 1 % en trasplante (Tabla 8). El tratamiento testigo en el cual no se aplicó ningún tratamiento biológico o químico presentó el mayor grado de severidad, siendo el más alto en el método de siembra al voleo con 4 %.

Tabla 10. Índice de severidad de *S. oryzae* en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de *Bacillus* bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.

CEPAS	METODOS DE SIEMBRA	PROMEDIOS (Grado)
T1 (<i>B. subtilis</i>)	Al voleo	3,25 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)		3,25 b
T3 (Azoxystrobin + Tridemorph)		1,5 a
T4 (Testigo)		4 b
T5 (<i>B. subtilis</i>)	Trasplante	3 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)		3,5 b
T7 (Azoxystrobin + Tridemorph)		1 a
T8 (Testigo)		4 b
Promedio		2,94
Significancia		*
CV(Bloques*Métodos de siembra)		15,54
CV(Bloques*Métodos de siembra*Cepas)		13,31

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $P \leq 0,05$.

*: Significante

Elaborado por: El autor, 2022

Eficacia de los tratamientos para *R. solani*

En los resultados de eficacia para *R. solani* no se observó significancia entre métodos de siembra ($p= 0.1156$), pero si entre cepas ($p= 0.0000$). La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos reflejo diferencias estadísticas. Como esta variable fue evaluada en función de los testigos de acuerdo con el método de siembra implementado, los datos reflejan que los testigos presentaron 0 % de eficacia. Los tratamientos a base de las cepas de *Bacillus* presentaron un porcentaje de eficacia similar. Siendo el tratamiento químico Azoxystrobin + Tridemorph el que obtuvo los mejores resultados en cuanto a esta variable en los dos métodos de siembra con un 97 % al voleo y 98 % en trasplante (Tabla 9).

Tabla 11. Eficacia de los tratamientos para *R.solani* en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de *Bacillus* bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.

CEPAS	METODOS DE SIEMBRA	PROMEDIOS (%)
T1 (<i>B. subtilis</i>)	Al voleo	56 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)		44 b
T3 (Azoxystrobin + Tridemorph)		97 a
T4 (Testigo)		0 c
T5 (<i>B. subtilis</i>)	Trasplante	65 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)		53 b
T7 (Azoxystrobin + Tridemorph)		98 a
T8 (Testigo)		0 c
Promedio		51,74
Significancia		*
CV(Bloques*Métodos de siembra)		12,15
CV(Bloques*Métodos de siembra*Cepas)		10,60

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $P \leq 0,05$.

*: Significante

Elaborado por: El autor, 2022

Eficacia de los tratamientos para *S. oryzae*

En los resultados de eficacia para *S. oryzae* no se observó significancia entre métodos de siembra ($p= 0.1230$), pero si entre cepas ($p= 0.0000$). La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos reflejo diferencias estadísticas. Como esta variable fue evaluada en función de los testigos de acuerdo con el método de siembra implementado, los datos reflejan que los testigos presentaron 0 % de eficacia. Los tratamientos a base de las cepas de *Bacillus* no fueron eficaces para el control de *S. oryzae* debido a que presentaron un porcentaje de eficacia menor al 50 %, a diferencia de T5M2 (*B. subtilis*/ trasplante) quien obtuvo el 51 %. Siendo el tratamiento químico Azoxystrobin + Tridemorph el que obtuvo los mejores resultados en cuanto a esta variable en los dos métodos de siembra con un 93 % al voleo y 95 % en trasplante (Tabla 10).

Tabla 12. Eficacia de los tratamientos para *S. oryzae* en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de *Bacillus* bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.

CEPAS	METODOS DE SIEMBRA	PROMEDIOS (%)
T1 (<i>B. subtilis</i>)	Al voleo	46 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)		34 b
T3 (Azoxystrobin + Tridemorph)		93 a
T4 (Testigo)		0 c
T5 (<i>B. subtilis</i>)		52 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)	Trasplante	41 b
T7 (Azoxystrobin + Tridemorph)		95 a
T8 (Testigo)		0 c
Promedio		45,34
Significancia		*
CV(Bloques*Métodos de siembra)		8,73
CV(Bloques*Métodos de siembra*Cepas)		5,41

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $P \leq 0,05$.

*: Significante

Elaborado por: El autor, 2022

Altura de la planta

El análisis de varianza correspondiente a la altura de la planta demostró que hubo significancia entre métodos de siembra ($p=0.0191$) y entre cepas ($p=0.0000$). La prueba de Tukey realizada a las medias de altura de la planta en los tratamientos no reflejó diferencias estadísticas. El tratamiento químico Azoxystrobin + Tridemorph obtuvo los promedios más altos de altura en los dos métodos de siembra con un 0,98 cm al voleo y 0,99 cm en trasplante (Tabla 11). El testigo estadísticamente se comportó igual al resto de los tratamientos obteniendo una altura promedio de 0,82 cm al voleo y 0,83 cm en trasplante, es decir las medias más baja entre los tratamientos.

Tabla 13. Promedio de Altura en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de Bacillus bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.

CEPAS	METODOS DE SIEMBRA	PROMEDIOS (cm)
T1 (<i>B. subtilis</i>)	Al voleo	0,95 a
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)		0,94 a
T3 (Azoxystrobin + Tridemorph)		0,98 a
T4 (Testigo)		0,82 a
T5 (<i>B. subtilis</i>)	Trasplante	0,96 a
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)		0,96 a
T7 (Azoxystrobin + Tridemorph)		0,99 a
T8 (Testigo)		0,83 a
Promedio		0,93
Significancia		**
CV(Bloques*Métodos de siembra)		0,91
CV(Bloques*Métodos de siembra*Cepas)		0,89

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $P \leq 0,05$.

** : Significante

Elaborado por: El autor, 2022

Número de macollos por m²

El análisis de varianza correspondiente al número de macollos por m² demostró significancia entre métodos de siembra ($p=0.0000$) y entre cepas ($p=0.0000$). La prueba de Tukey realizada a las medias de los tratamientos reflejó diferencias estadísticas. Los promedios respecto a esta variable variaron por el método de siembra, debido a que con el método de siembra al voleo la densidad poblacional es mayor, llegando a alcanzar una densidad de hasta 250 plts/m² por otro lado con el método de siembra por trasplante se determinó una densidad de 16 plts/m². Los datos reflejan que los testigos presentaron el número de macollos más bajo. Los tratamientos a base de las cepas de *Bacillus* presentaron un promedio de macollos similar. Siendo el tratamiento químico Azoxystrobin + Tridemorph el que obtuvo los mejores resultados en cuanto a esta variable en los dos métodos de siembra.

Tabla 14. Promedio de número de macollos por m² en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de *Bacillus* bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.

CEPAS	MÉTODOS DE SIEMBRA	PROMEDIOS (N° de macollos)
T1 (<i>B. subtilis</i>)	Al voleo	341,5 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)		341 b
T3 (Azoxystrobin + Tridemorph)		358,5 a
T4 (Testigo)		245,5 b
T5 (<i>B. subtilis</i>)	Trasplante	36,75 d
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)		35,25 d
T7 (Azoxystrobin + Tridemorph)		47,25 d
T8 (Testigo)		24,75 d
Promedio		178,81
Significancia		**
CV(Bloques*Métodos de siembra)		1,55
CV(Bloques*Métodos de siembra*Cepas)		1,90

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $P \leq 0,05$.

** : Significante

Elaborado por: El autor, 2022

Rendimiento/ha

El análisis de varianza para rendimiento presentó significancia entre cepas ($p= 0.0000$), mientras que para el Factor A (métodos de siembra) ($p= 0.8190$) y para Interacción (A x B) ($p= 0.9699$) no existió diferencias significativas. En la prueba de Tukey al 5 % para la Interacción (A x B) del rendimiento en Kg (Tabla 13) demuestra que no hubo diferencia estadística entre los tratamientos biológicos y químicos encontrándose en el rango "A". La Interacción T7M2 (Azoxystrobin + Tridemorph - Trasplante) obtuvo el mayor rendimiento respecto a esta variable con un valor de 14,25 kg/parcela. Los tratamientos testigos en el cual no se aplicó ningún tratamiento biológico o químico presentó el menor rendimiento, siendo el más bajo en el método de siembra al voleo con 7,13 kg/parcela. Cabe mencionar que el porcentaje de humedad de la semilla de arroz a la cosecha fue del 16 %.

Tabla 15. Promedio de rendimiento en la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de Bacillus bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.

CEPAS	METODOS DE SIEMBRA	PROMEDIOS KG	
		POR PARCELA	POR HECTAREA
T1 (<i>B. subtilis</i>)	Al voleo	13,12	5 124 a
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)		12,23	4 780 a
T3 (Azoxystrobin + Tridemorph)		13,91	5 436 a
T4 (Testigo)		6,34	2 476 a
T5 (<i>B. subtilis</i>)	Trasplante	13,25	5 176 a
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)		12,34	4 821 a
T7 (Azoxystrobin + Tridemorph)		14,25	5 567 a
T8 (Testigo)		7,13	2 786 a
Promedio			11,57
Significancia			*
CV(Bloques*Variedad)			3,00
CV(Bloques*Variedad*Cepas)			2,22

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, Tukey $P \leq 0,05$.

*: Significante

Elaborado por: El autor, 2022

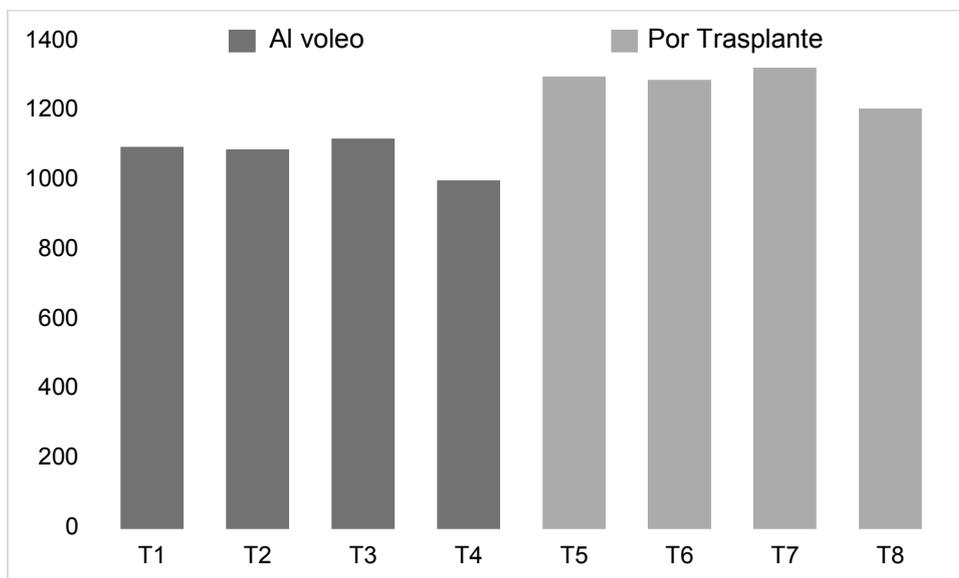
Análisis económico

Tabla 16. Costo de producción en USD dólares por hectárea de los tratamientos de estudio de la variedad de arroz Iniap 14 sometido a la aplicación de dos cepas de *Bacillus* sp y una molécula química.

Concepto o Actividad	Unidad	Precio Unitario	CT/ Ha	Costo en USD por tratamiento							
				T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8
Preparación de terreno											
Arada (1 pase)	Hora	30	1	30	30	30	30	30	30	30	30
Rastra (1 pases)	Hora	30	1	30	30	30	30	30	30	30	30
Fanguero (1 pase)	Hora	30	1	30	30	30	30	30	30	30	30
Control de malezas (Herbicidas - pre-siembra)											
Pendimetalina	L	9	3	27	27	27	27	27	27	27	27
Butacloor	L	7,5	2	15	15	15	15	15	15	15	15
Aplicación	Jornal	10	1	10	10	10	10	10	10	10	10
Siembra											
Iniap 14	Kg	1,20	100	120	120	120	120	120	120	120	120
Lechuguin	Jornal	10	1	-	-	-	-	10	10	10	10
Siembra por Trasplante	Tarea	10	20	-	-	-	-	200	200	200	200
Siembra al voleo	Jornal	10	1	10	10	10	10	-	-	-	-
Primera fertilización a la siembra											
10-30-10	Saco	38	3	114	114	114	114	114	114	114	114
Aplicación	Jornal	10	1	10	10	10	10	10	10	10	10
Control de malezas (Herbicidas – post-emergente)											
Propanil + Tricopyr	L	9	2	18	18	18	18	18	18	18	18
Quinclorac	500 cc	22	1	22	22	22	22	22	22	22	22
Aplicación	Jornal	10	2	20	20	20	20	20	20	20	20
Control de insectos											
Tiametoxam + Landacialotrina	250 cc	10	1	10	10	10	10	10	10	10	10
Acetamiprid	100 gr	5	2	10	10	10	10	10	10	10	10
Lufenuron + Propenofos	100 cc	10	1	10	10	10	10	10	10	10	10
Aplicación	Jornal	10	2	20	20	20	20	20	20	20	20
Segunda fertilización											
30-0-26	saco	44	2	88	88	88	88	88	88	88	88

Sulfato de amonio	saco	29	1	29	29	29	29	29	29	29	29
Aplicación	Jornal	10	1	10	10	10	10	10	10	10	10
Fungicidas Biológicos											
<i>B. subtilis</i>	L	18	1	18	-	-	-	18	-	-	-
<i>B. thuringiensis</i>	L	17,5	1	-	17,5	-	-	-	17,5	-	-
Azoxystrobin + Tridemorph	500 cc	35	1	-	-	35	-	-	-	35	-
Aplicación	Jornal	10	2	20	20	20	-	20	20	20	-
Tercera fertilización											
Uran	saco	45	2	90	90	90	90	90	90	90	90
Sulfato de amonio	saco	29	1	29	29	29	29	29	29	29	29
Aplicación	Jornal	10	1	10	10	10	10	10	10	10	10
Cosecha											
Costo por quintal	Saca de 90 kg	2	-	113,86	106,2	120,8	55	115	107,13	123,7	61,9
Terreno											
Arriendo	Ha	170	1	170	170	170	170	170	170	170	170
Total USD por hectárea				1083,86	1075,7	1107,8	987	1285	1276,63	1310,7	1193,9

Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 1. Gráfico de costos totales de producción de los tratamientos

Elaborado por: El autor, 2022

La producción por kilogramos en la siembra del arroz Iniap 14 en las condiciones del cantón “Simón Bolívar” en el T3 fue de 5 436 kg/ha, con un costo de producción total de \$ 1 107,8; que al ser vendido en \$ 32/90 kg, tuvo un ingreso bruto de \$ 1 932,8 generando una utilidad de \$ 825/ha. La relación Beneficio-Costo fue de 1,74; lo cual indica que por cada unidad monetaria invertida, se obtiene \$ 1,74 de utilidad.

Tabla 17. Análisis económico por hectárea, de la variedad de arroz Iniap 14 sometida a la aplicación de dos cepas de Bacillus sp. Bajo dos métodos de siembra. Simón Bolívar, 2021.

Tratamientos	Parámetros					
	Costo de producción	Rendimiento Kg/ha	Precio (90 kg)	Ingreso bruto	Utilidad	Relación Beneficio/Costo
T 1	1 083,86	5 124	32	1 821,86	738	1,68
T 2	1 075,7	4 780	32	1 699,55	623,85	1,58
T 3	1 107,8	5 436	32	1 932,8	825	1,74
T 4	987	2 476	32	880,35	-106,65	0,89
T 5	1 285	5 176	32	1 840,35	555,35	1,43
T 6	1 276,63	4 821	32	1 714,13	437,5	1,34
T 7	1 310,7	5 567	32	1 979,37	668,67	1,51
T 8	1 193,9	2 786	32	990,57	-203,33	0,82

Elaborado por: El autor, 2022

DISCUSIÓN

Al realizar la verificación del efecto antagonista de *B. thuringiensis* y *B. subtilis* en la variedad de arroz Iniap 14. Se demostró que el tratamiento con Azoxystrobin + Tridemorph fue el tratamiento más eficaz, debido a que aportó mejor efecto antagonista sobre los patógenos en estudio, presentando menor porcentaje de incidencia de *R. solani* con 1.25 % al voleo, y 0.56 % en trasplante, mientras que el porcentaje de incidencia de *S. oryzae* fue de 5.15 % al voleo y 3.56 % en trasplante. Dichos valores resultan diferentes lo que mostró el testigo, el cual presentó un mayor porcentaje de incidencia siendo este de 36.93 % para *R. solani* y de 73.48 % para *S. oryzae*. De igual manera, se indica que la acción controladora de las cepas de *Bacillus* no resultaron ser efectivas contra la incidencia de *S. oryzae*, sin embargo *B. subtilis* puede usarse como agente de control biológico sobre *R. solani*. En cuanto al índice de severidad de *R. solani* y *S. oryzae*, se mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo el Azoxystrobin + Tridemorph el que presentó menor grado de severidad en trasplante, mientras que el testigo resultó tener el mayor porcentaje de severidad.

Mojica et al., (2015), en la evaluación de la capacidad antagonistas de 64 cepas de *Bacillus thuringiensis* sobre *R. solani* reporta reducción significativa del crecimiento micelial de este patógeno. Amaíz et al., (2015), concuerda con Mojica, ya que en su investigación orientada al estudio del comportamiento antifúngico de un consorcio bacteriano (*Acinetobacter iwoffii*, *Enterobacter aerogenes*, *Pseudomonas alcaligenes* y *Bacillus spp*) empleado como biocontrolador de *R. solani* en cultivos duales in vitro, expresa que cada uno de las bacterias de este consorcio presentan un efecto antagónico eficaz sobre *R. solani*. De igual manera Martínez (2019), señala que diferentes aplicaciones de *B. thuringiensis* sobre varios cortes de tejidos afectados por *Rhizoctonia spp*. Inhiben el crecimiento micelial de este patógeno. y la formación de esclerocios concluyendo así que esta es una alternativa eficaz como agente de biocontrol de *Rhizoctonia spp*. Siendo contradictorio a lo expuesto en el presente proyecto de investigación en el que se detalla que las cepas de *Bacillus* empleadas no aportaron la eficacia esperada.

En relación a la eficacia de la actividad antifúngica, se determina que los tratamientos a base de las cepas de *Bacillus* presentaron un porcentaje de eficacia

similar en el control de *R. solani*, sin embargo, sobre *S. oryzae* la eficiencia de estos hongos fue menor del 50 %, por lo que se considera al tratamiento Azoxystrobin + Tridemorph el que obtuvo los mejores resultados en cuanto a esta variable en los dos métodos de siembra con porcentajes superiores al 93 %. El empleo *B. subtilis* influye significativamente en la producción y rentabilidad de arroz siendo similar al tratamiento químico en esta variable. Sin embargo, Villarreal-Delgado *et al.* (2018), detallan que el uso de pesticidas destinados al control de fitopatógenos, ocasiona daños en la salud, gran impacto ambiental y resistencia microbiana, por lo que impulsan el uso de las diferentes cepas de *Bacillus* como control biológico de diferentes patógenos, ya cuentan con una potencial actividad metabólica. Rodríguez (2021), indica que la dosificación para controlar el fitopatógeno de manera efectiva debe ser mayor a 0.4 litros. Regato (2016) evaluó la eficacia antagónica de la mezcla de *T. harzianum* y *B. subtilis* sobre los hongos fitopatógenos *Rhizoctonia spp.* *Gaeumannomyces graminis var. Graminis*, *Sarocladium oryzae*. De la cual obtuvo como resultado que la menor incidencia de tallos infectados por *R. solani*, fue con la dosis de 1,5 kg/ha de la mezcla de *T. harzianum* y *B. subtilis*; mientras que para la incidencia de *Gaeumannomyces graminis.var graminis* fue con el testigo químico.

De acuerdo al análisis económico realizado, la relación Beneficio-Costo fue de 1.74. El T3 presentó el mayor rendimiento, obteniendo 5 436 kg/ha, con un costo de producción total de \$ 1 107,8; que al ser comercializado en \$ 32/90 kg, tuvo un ingreso bruto de \$ 1 932,8 generando una utilidad de \$ 825/ha, seguido del T1 que tuvo un costo de producción de \$ 1083.24, presentando un rendimiento de 5124 kg/ha, obteniendo una ganancia de \$ 738/ha, estableciéndose una relación Beneficio-Costo de 1.68.

López (2022) en el análisis económico que realizó en su investigación sobre el efecto de productos fungicidas en la sanidad de arroz, indica que obtuvo mejor beneficio aplicando la mezcla de *B. subtilis*. + *trichoderma sp* obteniendo una ganancia de \$ 437,24. El beneficio reportado por López es inferior al obtenido en la presente investigación. Lo que puede estar relacionado al método de siembra empleado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos, se delinear las siguientes conclusiones:

RECOMENDACIONES

Analizadas las conclusiones, se recomienda:

1. Se recomienda el uso de la bacteria *B. subtilis* en el manejo de *R. solani*, ya que resultó ser la más promisorias de las bacterias evaluadas *B. subtilis* puede usarse como agente de control biológico, ya que demostró tener capacidad de competencia y antagonismo frente a *R. solani*, por tanto es eficaz para su control. Por otro lado *B. subtilis* y *B. thuringiensis* no ejercen un control eficaz para *S. oryzae*.
 2. Bajo la incidencia natural de los patógenos en estudio, el testigo químico Azoxystrobin + Tridemorph sobresalió entre los demás tratamientos, ejerciendo un control eficaz en el manejo de las enfermedades evaluadas, influyendo significativamente en su producción y rentabilidad.
 3. Los métodos de siembra empleados en el actual estudio, tuvieron cierta influencia en la incidencia de las enfermedades evaluadas, siendo esta mayor en el método de siembra al voleo, sin embargo, no influyó en su producción, ni en su rentabilidad. en la disminución de la incidencia de dicha enfermedad.
1. Utilizar variedades de arroz que presenten resistencia a enfermedades, empleando el método de siembra por trasplante, debido a reduce el porcentaje de incidencia de enfermedades.
 2. Realizar trabajos utilizando diferentes cepas de *Bacillus sp.* frente a diferentes enfermedades y cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Garcés, G., & Medina, J. (2018). La fisiología del cultivo del arroz en el programa AMTEC. *FEDEARROZ - Fondo Nacional del Arroz*, 7-22.
- García, A., Reyes, A., Ruíz, E., & Ibarra, J. (2018). Aislados nativos de *Bacillus thuringiensis* del sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(3) 539-546.
- Orrala, K. (2021). *Efecto de fungicidas para el manejo de manchado de grano de arroz (Oryza sativa)*. Guayaquil: Universidad De Guayaquil.
- Aguilar, R., Maldonado, A., Zapata, Y., More, M., Galecio, M., & Namó, P. (2017). Etiología de la enfermedad de pudrición de vaina y tallo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) var. Nir. 1, fundo Mambré, valle del Chira, Piura-Perú. *Revista de Investigación Científica*, 14(1): 31-38.
- Alvarez, E. (2018). *Cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. El Salvador : Centro Internacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.
- Amaíz, L., Vargas, R., Medina, L., Izzeddin, N., & Valbuena, O. (2015). Evaluación del efecto antagonista de un consorcio bacteriano sobre *Rhizoctonia solani* Kühn en cultivos de arroz. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, Vol. 6 No. 1 p. 19-30.
- Bacab, A. (2019). *Antagonismo de Bacillus subtilis sobre hongos fitopatógenos y su efecto en Capsicum spp.* Yucatán: Tecnológico Nacional de Mexico.
- Briones, G. (2014). *Efecto de Trichoderma asperellum sobre la incidencia y severidad de Rhizoctonia solani y Gaeumannomyces graminisen la zona Daule*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- FAO. (2020). *fao.org*. Obtenido de FAO web site: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- FAOSTAT. (16 de Febreo de 2021). *Fao.org*. Obtenido de fao web site: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Federici, M. (2015). *Aislamiento o Carecterizacion de bacterias nativas del genero Bacillus*. Uruguay: Instituto Nacional de investigacion Agropecuaria.
- Martinez, A. (2019). *Evaluación del efecto de Bacillus thuringiensis sobre el desarrollo de Rhizoctonia spp. en condiciones in vitro*. Guyaquil: Universidad Catolica de Santiago de Guayaquil.

- Quijije, B., Carvajal, S., Garcia, K., & Cedeño, W. (2019). Costo, volumen y utilidad del cultivo de arroz, cantón Samborondón (Ecuador). Vol. 40 (Nº 7) . *Revista Espacios*, 16.
- Regato, R. (2016). *Efecto de Biohealth (Cepas de T. harzianum y B. subtilis) sobre enfermedades fungosas en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Regato, R. (2016). *Efecto de Biohealth (Cepas de Trichoderma harzianum y Bacillus subtilis) sobre enfermedades fungosas en el cultivo de arroz*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Rodas, P. (2015). *Determinar el efecto de la fertilización química y orgánica en la producción agronómica de cuatro variedades de arroz (Oryza sativa L.)*. Mocache-Quevedo: Universidad Tecnica de Quevedo.
- SIPA. (2021). *sipa.agricultura.gob.ec*. Obtenido de sipa web site: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/bananos>
- Tang, L., Quiang, L., Yang, W., & Jianying, W. (2016). ¿Los servicios agrícolas contribuyen al ahorro de costos? La evidencia de los productores de arroz chinos. *China Agricultural Economic Review*, 23-28.
- Tuñon, J. (2018). *Prospeccion y caracterizacion de microorganismos rizosfericos contra patogenos de cultivares de arroz en la Republica de Panamá*. Panamá: Universidad de Panamá.
- Velásques, L., Rojas, D., & Cerón, J. (2018). Proteínas de Bacillus thuringiensis con actividad citotóxica: Parasporinas. *Rev. Colomb. Biotecnol. Vol. XX*, 89 - 100.
- Villa, E., Parra, F., Cira, L., & Villalobos, S. (2017). El género Bacillus como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 95-131.
- Vivas, L., & Tomala, F. (2018). *Efecto de siete dosis de Nemix-C (Bacillus subtilis y Bacillus licheniformis) sobre la incidencia de enfermedades en el cultivo de arroz*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Ajayi-Oyetunde, O. O., & Bradley, C. A. (2018). Rhizoctonia solani: Taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. *Plant Pathology*, 67(1), 3-17. <https://doi.org/10.1111/ppa.12733>
- Albornoz Buchelli, R. (2018). *Tizón de la vaina (Rhizoctonia solani) una enfermedad potencialmente importante en el cultivo del arroz en Colombia*. Corporación

- Barahona-Amores, L. A., Gordón-Mendoza, R., Samaniego-Sánchez, R., & Castillo-Vega, G. (2018). Coeficientes genéticos de dos variedades de arroz en distintas fechas de siembra. *Ciencia Agropecuaria*, 28, 75-92.
- Barona, M. A. A., Díaz, R. J. S., Parra, R. Á., & Ramone, E. R. (2020). Estratificación ambiental de arroz por análisis de la interacción genotipo x ambiente con cinco métodos. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 45-57.
- Bartolini, M. (2019). *Desarrollo y mecanismos de acción de cepas bacterianas del género Bacillus como biocontroladoras (bioantifúngicos) de hongos fitopatógenos*. <http://rehip.unr.edu.ar/xmlui/handle/2133/21471>
- Bhatt, P., Huang, Y., Zhang, W., Sharma, A., & Chen, S. (2020). Enhanced Cypermethrin Degradation Kinetics and Metabolic Pathway in *Bacillus thuringiensis* Strain SG4. *Microorganisms*, 8(2), 223. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020223>
- Bonilla Bolaños, A. G., Singaña Tapia, D. A., Bonilla Bolaños, A. G., & Singaña Tapia, D. A. (2019). La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: análisis de los cultivos de arroz y maíz duro en Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 29(1), 70-83. <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.06>
- Botta, G. F., Tolón-becerra, A., Lastra-bravo, X., Hidalgo, R., Rivero, D., & Agnes, D. (2015). Alternatives for handling rice (*Oryza sativa* L.) straw to favor its decomposition in direct sowing systems and their incidence on soil compaction. *Geoderma*, 239-240, 213-222. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.10.021>
- Campaña Verdesoto, A. M. (2018). *Identificación microbiológica y molecular mediante PCR en tiempo real de dos bacterias del género Bacillus, de interés agrobiotecnológico*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15698>
- Cardona, R. (2019). Identification of SSR markers linked to resistance of rice1. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 36, 1-29.
- Correa-Méndez, A., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L. U., Cruz-Lázaro, E. de la, Márquez-Quiroz, C., Salinas-Hernández, R. M., Correa-Méndez, A., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L. U., Cruz-Lázaro, E. de la, Márquez-Quiroz, C., & Salinas-Hernández, R. M. (2018). Control químico del

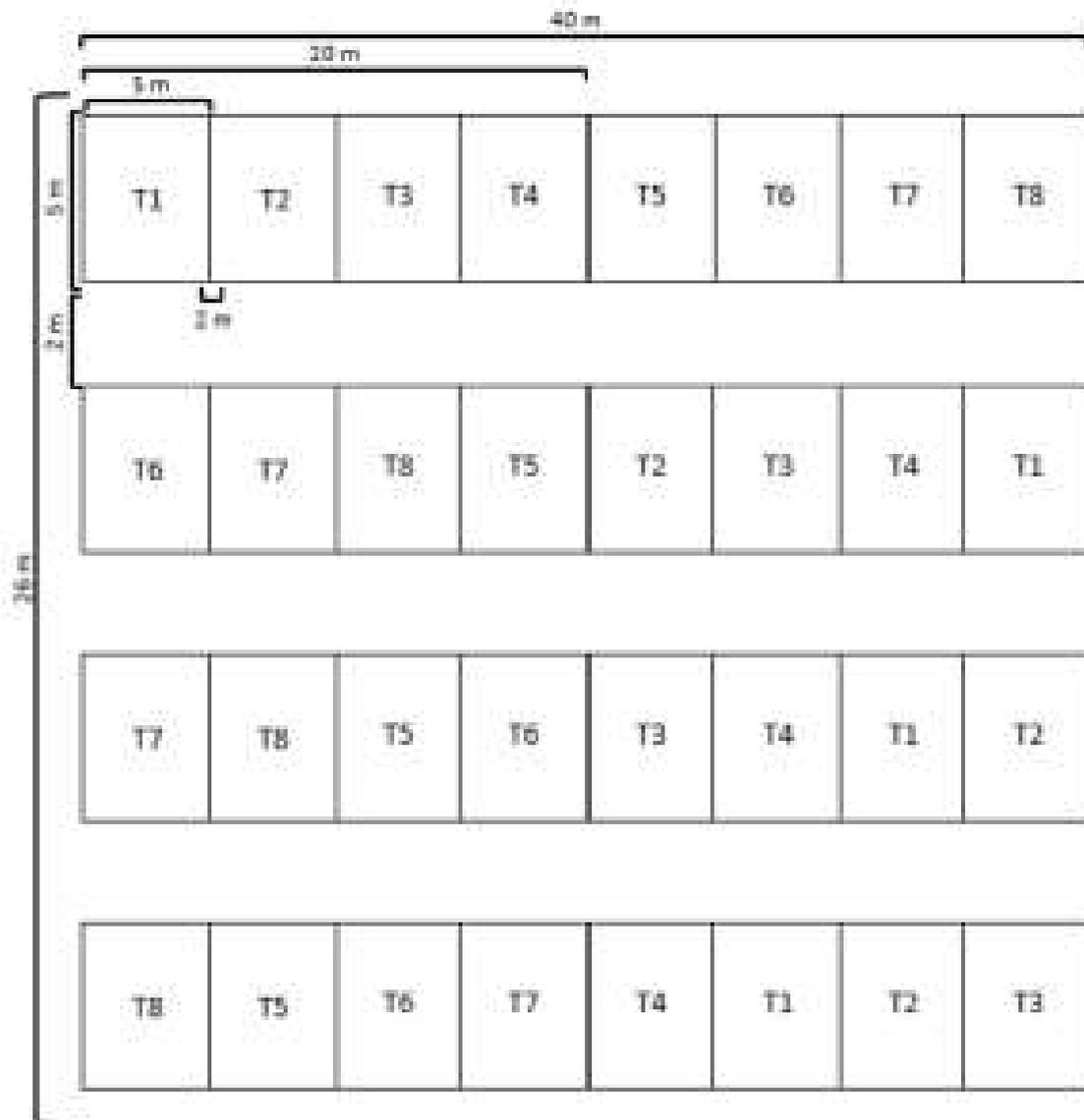
- ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(14), 319-326. <https://doi.org/10.19136/era.a5n14.1340>
- Côrtes, M. V. D. C. B., Guimarães, R. A., Freire, D. M. G., Prabhu, A. S., & Silva-Lobo, V. L. da. (2021). An overview of the virulence factors and the biocontrol potential of *Sarocladium oryzae*. *Fungal Biology Reviews*, 37, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.04.001>
- Crickmore, N., Berry, C., Panneerselvam, S., Mishra, R., Connor, T. R., & Bonning, B. C. (2020). A structure-based nomenclature for *Bacillus thuringiensis* and other bacteria-derived pesticidal proteins. *Journal of Invertebrate Pathology*, 107438. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107438>
- Dodman, R. L., & Flentje, N. T. (2020). The Mechanism and Physiology of Plant Penetration by *Rhizoctonia Solani*. En *Rhizoctonia Solani, Biology and Pathology* (pp. 149-160). University of California Press. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1525/9780520318243-012/html>
- Dunlap, C. A. (2019). Taxonomy of registered *Bacillus* spp. Strains used as plant pathogen antagonists. *Biological Control*, 134, 82-86. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.04.011>
- Guimarães, R. A., Lobo, V. L. da S., Côrtes, M. V. C. B., Filippi, M. C. C. de, & Prabhu, A. S. (2017). Characterization of *Sarocladium oryzae* and its reduction potential of rice leaf blast. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 47, 41-52. <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4742738>
- He, Z., Li, S., Wang, Y., Dai, L., & Lin, S. (2018). Monitoring Rice Phenology Based on Backscattering Characteristics of Multi-Temporal RADARSAT-2 Datasets. *Remote Sensing*, 10(2), 340. <https://doi.org/10.3390/rs10020340>
- Herrera, E. A. O., Martínez, E. J. C., & Hidalgo, E. I. Á. (2017). Comparación de un sistema de intensificación del cultivo de arroz (SICA) con sistemas tradicionales de siembra en la zona de Churute, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 10(1), 1-6.
- Iglesias, D. C. H. I. P., Delgado, Ms. I. R., & Batista, D. C. R. M. G. (2018). Principales enfermedades que afectan al cultivo del arroz en Ecuador y alternativas para su control. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 16-27.

- Jouzani, G. S., Valijanian, E., & Sharafi, R. (2017). *Bacillus thuringiensis*: A successful insecticide with new environmental features and tidings. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *101*(7), 2691-2711. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8175-y>
- Kadam, N. N., Tamilselvan, A., Lawas, L. M. F., Quinones, C., Bahuguna, R. N., Thomson, M. J., Dingkuhn, M., Muthurajan, R., Struik, P. C., Yin, X., & Jagadish, S. V. K. (2017). Genetic Control of Plasticity in Root Morphology and Anatomy of Rice in Response to Water Deficit. *Plant Physiology*, *174*(4), 2302-2315. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00500>
- Khochamit, N., Siripornadulsil, S., Sukon, P., & Siripornadulsil, W. (2015). Antibacterial activity and genotypic–phenotypic characteristics of bacteriocin-producing *Bacillus subtilis* KKU213: Potential as a probiotic strain. *Microbiological Research*, *170*, 36-50. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2014.09.004>
- Liu, S., Wei, H., Li, Z., Li, S., Yan, H., He, Y., & Tian, Z. (2015). Effects of Graphene on Germination and Seedling Morphology in Rice. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, *15*(4), 2695-2701. <https://doi.org/10.1166/jnn.2015.9254>
- Lu, Z., Guo, W., & Liu, C. (2018). Isolation, identification, and characterization of novel *Bacillus subtilis*. *Journal of Veterinary Medical Science*, *advpub*. <https://doi.org/10.1292/jvms.16-0572>
- Maqueira, L. A., Roján, O., Torres, K., Duque, D., & Torres, W. (2018). Duración de las fases fenológicas, su influencia en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, *39*(1), 68-73.
- Marcelo Garcia, P. C. C. (2015). Efecto de *Bacillus* sp. Nativo sobre el crecimiento de *Rhizoctonia solani* y *Trichoderma asperellum*, en condiciones de laboratorio. *Universidad Nacional de Trujillo*. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4570>
- Nagendran, S., .K, S., & thiruvudainambi. (2019). *Assessment on antagonistic potential of Bacterial bio agents Pseudomonas fluorescens and Bacillus subtilis against Rhizoctonia solani Kühn. An incitant of Sheath blight of rice.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27993.57446/1>

- Ortega-Enriquez, J. Z. (2020). Control biológico de compuestos bioactivos a partir de hongos endófitos contra plagas de insectos. *INVURNUS*, 24-29. <https://doi.org/10.46588/invurnus.v15i2.26>
- Papavizas, G. C. (2020). Colonization and Growth of *Rhizoctonia Solani* in Soil. En *Rhizoctonia Solani, Biology and Pathology* (pp. 108-122). University of California Press. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1525/9780520318243-010/html>
- Peeters, K. J., Audenaert, K., & Höfte, M. (2021). Survival of the fittest: How the rice microbial community forces *Sarocladium oryzae* into pathogenicity. *FEMS Microbiology Ecology*, 97(2). <https://doi.org/10.1093/femsec/fiaa253>
- Peeters, K. J., Haeck, A., Harinck, L., Afolabi, O. O., Demeestere, K., Audenaert, K., & Höfte, M. (2020). Morphological, Pathogenic and Toxigenic Variability in the Rice Sheath Rot Pathogen *Sarocladium Oryzae*. *Toxins*, 12(2), 109. <https://doi.org/10.3390/toxins12020109>
- Pérez Iglesias, H. I., Rodríguez Delgado, I., & Cun Carrión, J. V. (2018). *Preparación del suelo, siembra y atenciones culturales en el cultivo de arroz*. Machala: Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/14409>
- Poveda, G., & Andrade, C. (2018). Producción sostenible de arroz. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, marzo. <https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html>
- Ruiz Ponce, R. S. (2019). Influencia de la edad de trasplante y número de plántulas por golpe en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad La Puntilla en el Distrito de Marcavelica-Sullana-2018. *Universidad San Pedro*. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe//handle/USANPEDRO/14198>
- Sauka, D. H. (2017). *Bacillus thuringiensis*: ¿nuevas aplicaciones para un viejo conocido? *Revista Argentina de Microbiología*, 49(2), 123-124. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.05.001>
- Suárez, C. W., Pico, J. T., & Delgado, A. G. (2018). *1er Congreso internacional: Determinación de Enfermedades Fúngicas de Arroz (Oryza sativa L.) en la Provincia de Orellana*. Sacha, EC: INIAP/AGLATAM, 2018 p. 1-8. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5403>

- T. Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta Bravo, S., Solis, L., Geraud-Pouey, F., T. Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta Bravo, S., Solis, L., & Geraud-Pouey, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: La magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 84-99. https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276
- Wang, L., Sun, S., Jin, J., Fu, D., Yang, X., Weng, X., Xu, C., Li, X., Xiao, J., & Zhang, Q. (2015). Coordinated regulation of vegetative and reproductive branching in rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(50), 15504-15509. <https://doi.org/10.1073/pnas.1521949112>
- Wei, X., & Huang, X. (2019). 1—Origin, taxonomy, and phylogenetics of rice. En J. Bao (Ed.), *Rice (Fourth Edition)* (pp. 1-29). AACC International Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811508-4.00001-0>
- Yulia, E., Syafira, S. R. D., Widiyanti, F., & Kurniawan, W. (2019). Assessment of *Sarocladium oryzae* Growth Inhibition, the Causal Agent of Rice Sheath Rot Disease, Using Methanol Extract of Binahong Leaves. *CROPSAVER - Journal of Plant Protection*, 2(1), 15-21. <https://doi.org/10.24198/cs.v2i1.22301>

ANEXOS



Anexo N° 2. Diseño de los tratamientos por parcelas divididas

Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 4. Establecimiento del diseño experimental

Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 3. Estaquillamiento de las parcelas

Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 5. Preparación de terreno
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 6. Fertilización
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 7. Lechuguin
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 8. Semillero
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 9. Segunda aplicación de fertilizante
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 10. Aplicación de tratamientos fúngicos
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 11. Productos biológicos
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 12. Diferenciación de tratamientos
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 13. Segunda aplicación de productos fúngicos
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 14. Visita del tutor
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 15. Visita de tutor de tesis a cultivo
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 16. Evaluación de las enfermedades
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 17. Seguimiento del cultivo
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 18. Cultivo de arroz a los 65 días
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 19. Evaluación de variables
Elaborado por: El autor, 2022



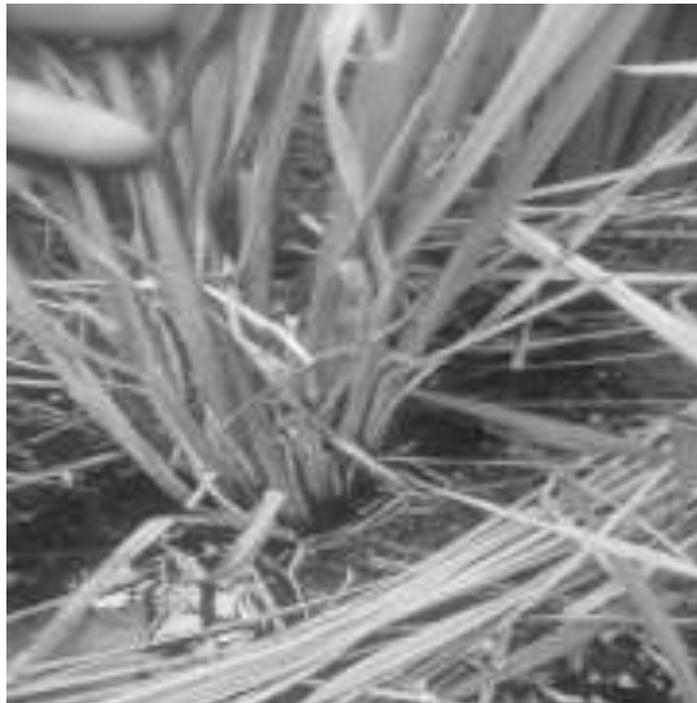
Anexo N° 20. Segunda evaluación de variables
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 21. Recolección de datos.
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 22. Recolección de datos a evaluar
Elaborado por: El autor, 2022



Anexo N° 23. Recolección de datos.
Elaborado por: El autor, 2022

APÉNDICE

Tabla 18. datos de Incidencia de *Rhizoctonia*

Cepas	Índice de Incidencia de <i>Rhizoctonia</i>					
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Σ	ȳ
Al voleo						
T1 (<i>B. subtilis</i>)	18,5	21	16,3	22	77,8	19,45 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)	26,2	22	27,5	21,3	97	24,25 b
T3 (TOPGUN)	0	1,75	2,25	1	5	1,25 a
T4 (testigo)	46	48,5	36,7	46	177,2	44,3 d
Σ	90,7	93,25	82,75	90,3	357	89,25
Trasplante						
T5 (<i>B. subtilis</i>)	14,5	10,3	12,5	14	51,3	12,83 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)	17,3	18,5	16	17,5	69,3	17,33 b
T7 (TOPGUN)	1	0	1,25	0	2,25	0,56 a
T8 (testigo)	36,5	38	37,2	36	147,7	36,92 c
Σ	69,3	66,8	66,95	67,5	270,55	67,64

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 19. Análisis de varianza de la Incidencia de *Rizhoctonia*

Split-plot AOV Table for Incidencia de Rizhoctonia

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloques	3	9,02	3,01		
M. Siembra	1	233,55	233,55	95,58	0,0023
Error Bloques*Siembra	3	7,33	2,44		
Cepa	3	6435,04	2145,01	290,39	0,0000
M. Siembra*Cepa	3	59,87	19,96	2,70	0,0762
Error Bloques*Siembra*Cepa	18	132,96	7,39		
Total	31	6877,77			
Grand Mean		19,611			
CV (Bloques*Siembra)		7,97			
CV (Bloques*Siembra*Cepa)		13,86			

Tukey 6,55

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 20. Incidencia de *Sarocladium*

Cepas	Índice de Incidencia de <i>Sarocladium</i>					
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Σ	ȳ
Al voleo						
T1 (<i>B. subtilis</i>)	40,2	38,6	37,5	42,8	159,1	39,78 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)	48,6	45,5	48	43,5	185,6	46,4 b
T3 (TOPGUN)	5,5	4,7	4,8	5,6	20,6	5,15 a
T4 (testigo)	69,3	76,6	75,8	72,2	293,9	73,48 c
Σ	163,6	165,4	166,1	164,1	659,2	164,8
Variedad V2 (Trueno)						
T5 (<i>B. subtilis</i>)	30,8	32,7	32,5	30,5	126,5	31,63 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)	36,6	38,5	40,2	38,2	153,5	38,38 b
T7 (TOPGUN)	3,75	4,2	2,8	3,5	14,25	3,56 a
T8 (testigo)	64,5	66,8	64,8	65	261,1	65,28 c
Σ	135,65	142,2	140,3	137,2	555,35	138,84

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 21. Análisis de varianza de Incidencia de *Sarocladium*

Split-plot AOV Table for Incidencia de *Sarocladium*

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloques	3	6,0	2,00		
M. Siembra	1	337,0	337,03	647,77	0,0001
Error Bloques*Siembra	3	1,6	0,52		
Cepa	3	17126,6	5708,87	1379,92	0,0000
M. Siembra*Cepa	3	64,1	21,38	5,17	0,0094
Error Bloques*Siembra*Cepa	18	74,5	4,14		
Total	31	17609,8			

Grand Mean 37,955

CV (Bloques*Siembra) 1,90

CV (Bloques*Siembra*Cepa) 5,36

Tukey 4,92

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 22. Datos de Severidad de *Rhizoctonia*

Cepas	Índice de Severidad de <i>Rhizoctonia</i>					
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Σ	ȳ
Al voleo						
T1 (<i>B. subtilis</i>)	2	3	3	3	11	2,75 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)	4	3	3	4	14	3,5 b
T3 (TOPGUN)	0	1	1	1	3	0,75 a
T4 (testigo)	6	5	6	6	23	5,75 c
Σ	12	12	13	14	51	12,75
Trasplante						
T5 (<i>B. subtilis</i>)	3	2	3	2	10	2,5 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)	3	3	3	3	12	3 b
T7 (TOPGUN)	1	0	1	0	2	0,5 a
T8 (testigo)	6	5	5	5	21	5,25 c
Σ	13	10	12	10	45	11,25

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 23. Análisis de varianza de Severidad de *Rizhoctonia*

Split-plot AOV Table for Severidad de *Rizhoctonia*

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloques	3	0,750	0,2500		
M. Siembra	1	1,125	1,1250	2,08	0,2452
Error Bloques*Siembra	3	1,625	0,5417		
Cepa	3	96,750	32,2500	160,14	0,0000
M. Siembra*Cepa	3	0,125	0,0417	0,21	0,8903
Error Bloques*Siembra*Cepa	18	3,625	0,2014		
Total	31	104,000			

Grand Mean 3,0000

CV (Bloques*Siembra) 24,53

CV (Bloques*Siembra*Cepa) 14,96

Tukey 1,06

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 24. Datos de Severidad de *Sarocladium*

Cepas	Indice de Severidad de <i>Sarocladium</i>					
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Σ	\bar{Y}
Al voleo						
T1 (<i>B. subtilis</i>)	3	3	4	3	13	3,25 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)	3	4	3	3	13	3,25 b
T3 (TOPGUN)	1	2	1	2	6	1,5 a
T4 (testigo)	4	4	4	4	16	4 b
Σ	11	13	12	12	48	12
Trasplante						
T5 (<i>B. subtilis</i>)	3	3	3	3	12	3 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)	4	3	4	3	14	3,5 b
T7 (TOPGUN)	1	1	1	1	4	1 a
T8 (testigo)	4	4	4	4	16	4 b
Σ	12	11	12	11	46	11,5

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 25. Análisis de varianza de Severidad *Sarocladium*

Split-plot AOV Table for Severidad *Sarocladium*

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloques	3	0,1250	0,0417		
M. Siembra	1	0,1250	0,1250	0,60	0,4950
Error Bloques*Siembra	3	0,6250	0,2083		
Cepa	3	33,6250	11,2083	73,36	0,0000
M. Siembra*Cepa	3	0,6250	0,2083	1,36	0,2857
Error Bloques*Siembra*Cepa	18	2,7500	0,1528		
Total	31	37,8750			

Grand Mean 2,9375

CV(Bloques*Siembra) 15,54

CV(Bloques*Siembra*Cepa) 13,31

Tukey 0,96

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 26. Datos de altura de la planta

Cepas	Altura					
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Σ	\bar{y}
Al voleo						
T1 (<i>B. subtilis</i>)	0,94	0,96	0,94	0,95	3,79	0,95 a
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)	0,93	0,95	0,93	0,94	3,75	0,94 a
T3 (TOPGUN)	0,99	0,98	0,97	0,97	3,91	0,98 a
T4 (testigo)	0,81	0,82	0,82	0,81	3,26	0,82 a
Σ	3,67	3,71	3,66	3,67	14,71	3,68
Trasplante						
T5 (<i>B. subtilis</i>)	0,96	0,95	0,97	0,96	3,84	0,96 a
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)	0,95	0,96	0,96	0,96	3,83	0,96 a
T7 (TOPGUN)	0,98	0,99	0,99	0,98	3,94	0,99 a
T8 (testigo)	0,82	0,85	0,83	0,82	3,32	0,83 a
Σ	3,71	3,75	3,75	3,72	14,93	3,73

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 27. Análisis de varianza de la altura de la planta

Split-plot AOV Table for Altura

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloques	3	0,00048	0,00016		
M. Siembra	1	0,00151	0,00151	21,35	0,0191
Error Bloques*Siembra	3	0,00021	0,00007		
Cepa	3	0,11998	0,03999	593,69	0,0000
M. Siembra*Cepa	3	0,00016	0,00005	0,80	0,5078
Error Bloques*Siembra*Cepa	18	0,00121	0,00007		
Total	31	0,12355			
Grand Mean		0,9262			
CV (Bloques*Siembra)		0,91			
CV (Bloques*Siembra*Cepa)		0,89			

Tukey 0,020

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 28. Datos de macollos m2

Cepas	Macollos m2					
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Σ	\bar{y}
Al voleo						
T1 (<i>B. subtilis</i>)	344	340	342	340	1366	341,5 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)	340	343	340	341	1364	341 b
T3 (TOPGUN)	360	352	358	364	1434	358,5 a
T4 (testigo)	240	242	256	244	982	245,5 b
Σ	1284	1277	1296	1289	5146	1286,5
Trasplante						
T5 (<i>B. subtilis</i>)	37	36	37	37	147	36,75 d
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)	34	36	34	37	141	35,25 d
T7 (TOPGUN)	48	46	48	47	189	47,25 d
T8 (testigo)	24	25	24	26	99	24,75 d
Σ	143	143	143	147	576	144

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 29. Análisis de varianza de macollos m2

Split-plot AOV Table for Macollo

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloques	3	28	9		
M. Siembra	1	652653	652653	84668,51	0,0000
Error Bloques*Siembra	3	23	8		
Cepa	3	21445	7148	616,39	0,0000
M. Siembra*Cepa	3	11272	3757	324,00	0,0000
Error Bloques*Siembra*Cepa	18	209	12		
Total	31	685631			
Grand Mean		178,81			
CV (Bloques*Siembra)		1,55			
CV (Bloques*Siembra*Cepa)		1,90			

Tukey 8,34

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 30. Datos de rendimiento

Cepas	Rendimiento					
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Σ	\bar{Y}
Al voleo						
T1 (<i>B. subtilis</i>)	12,9	13,32	13,14	13,12	52,48	13,12 a
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)	11,86	11,91	12,92	12,23	48,92	12,23 a
T3 (TOPGUN)	13,90	13,85	13,82	14,07	55,64	13,91 a
T4 (testigo)	6,74	6,62	5,66	6,34	25,36	6,34 a
Σ	45,4	45,7	45,54	45,76	182,4	45,6
Trasplante						
T5 (<i>B. subtilis</i>)	14,10	13,45	13,12	12,33	53	13,25 a
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)	12,44	12,25	12,43	12,24	49,36	12,34 a
T7 (TOPGUN)	14,35	14,15	14,24	14,26	57	14,25 a
T8 (testigo)	7,33	7,14	7,13	6,92	28,52	7,13 a
Σ	48,22	46,99	46,92	45,75	187,88	46,97

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 31. Análisis de varianza de rendimiento

Split-plot AOV Table for rendimien

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloques	3	0,282	0,0939		
M. Siembra	1	0,938	0,9384	5,61	0,0986
Error Bloque*Siembra	3	0,502	0,1672		
Cepa	3	262,374	87,4580	623,33	0,0000
M. Siembra*cepa	3	0,599	0,1997	1,42	0,2688
Error Bloque*Siembra*cepa	18	2,526	0,1403		
Total	31	267,220			
Grand Mean		11,571			
CV(Bloque*M. Siembra)		3,53			
CV(Bloque*Siembra*cepa)		3,24			

Tukey 0,72

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 32. Datos de Eficacia de los tratamientos para *Rhizoctonia*

Cepas	Eficacia de los tratamientos para <i>Rhizoctonia</i>					
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Σ	\bar{Y}
Al voleo						
T1 (<i>B. subtilis</i>)	59,78	56,70	55,59	52,17	224,24	56,06 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)	43,04	54,64	25,07	53,70	176,45	44,11 b
T3 (TOPGUN)	100,00	96,39	93,87	97,83	388,09	97,02 a
T4 (testigo)	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0 c
Σ	202,83	207,73	174,52	203,70	788,78	197,19
Trasplante						
T5 (<i>B. subtilis</i>)	60,27	72,89	66,40	61,11	260,68	65,17 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)	52,60	51,32	56,99	51,39	212,30	53,07 b
T7 (TOPGUN)	97,26	100,00	96,64	100,00	393,90	98,48 a
T8 (testigo)	0	0	0	0	0	0 c
Σ	210,14	224,21	220,03	212,5	866,87	216,72

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 33. Análisis de varianza de Eficacia de los tratamientos para *Rhizoctonia*

Split-plot AOV Table for Eficacia de Rizochthonia

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloques	3	88,2	29,4		
M. Siembra	1	190,6	190,6	4,82	0,1156
Error Bloques*Siembra	3	118,5	39,5		
Cepa	3	39059,8	13019,9	432,55	0,0000
M. Siembra*Cepa	3	140,2	46,7	1,55	0,2354
Error Bloques*Siembra*Cepa	18	541,8	30,1		
Total	31	40139,1			
Grand Mean		51,739			
CV (Bloques*Siembra)		12,15			
CV (Bloques*Siembra*Cepa)		10,60			

Tukey 13,22

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 34. Datos de Eficacia de los tratamientos para *Sarocladium*

Cepas	Eficacia de los tratamientos para <i>Sarocladium</i>					
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Σ	\bar{Y}
Al voleo						
T1 (<i>B. subtilis</i>)	41,99	49,61	50,53	40,72	182,85	45,71 b
T2 (<i>B. thuringiensis</i>)	29,87	40,60	36,68	39,75	146,90	36,72 b
T3 (TOPGUN)	92,06	93,86	93,67	92,24	371,84	92,96 a
T4 (testigo)	0	0	0	0	0	0 c
Σ	163,92	184,07	180,87	172,71	701,58	175,40
Trasplante						
T5 (<i>B. subtilis</i>)	52,25	51,05	49,85	53,08	206,22	51,55 b
T6 (<i>B. thuringiensis</i>)	43,26	42,37	37,96	41,23	164,81	41,20 b
T7 (TOPGUN)	94,19	93,71	95,68	94,62	378,19	94,55 a
T8 (testigo)	0	0	0	0	0	0 c
Σ	189,69	187,13	183,49	188,92	749,23	187,31

Elaborado por: El autor, 2022

Tabla 35. Análisis de varianza de Eficacia de los tratamientos para *Sarocladium*

Split-plot AOV Table for Eficacia *Sarocladium*

Source	DF	SS	MS	F	P
Bloques	3	19,8	6,6		
M. Siembra	1	71,0	71,0	4,54	0,1230
Error Bloques*Siembra	3	47,0	15,7		
Cepa	3	35608,8	11869,6	1971,25	0,0000
M. Siembra*Cepa	3	42,5	14,2	2,35	0,1061
Error Bloques*Siembra*Cepa	18	108,4	6,0		
Total	31	35897,6			
Grand Mean		45,338			
CV (Bloques*Siembra)		8,73			
CV (Bloques*Siembra*Cepa)		5,41			

Tukey 5,90

Elaborado por: El autor, 2022