



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGRONOMÍA, MENCIÓN
PROTECCIÓN VEGETAL**

**PROYECTO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

Magister en Agronomía, mención Protección Vegetal

Evaluación de fungicidas biológicos para el control de *Rhizoctonia solani* y
Gaeumannomyces graminis, en tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) en
Babahoyo.

AUTOR:

Ing. Gualberto Isaúl Ramírez González

TUTOR:

Ing. Carlos Belezaca Pinargote, Ph.D.

Babahoyo, 2021

Dedicatoria

A Dios Todopoderoso, por fortalecerme cada día, por iluminar mi existencia.

A mis padres, por su infinito amor, por haberme guiado con sabios consejos.

A mi esposa Vanessa y a mi hijo Santiago.

A mi hija Khristell, quien me cuida desde el cielo.

A mis hermanas Marisol, Natividad y demás familiares.

A mis compañeros y amigos.

A los agricultores y productores de arroz, por el esfuerzo y sacrificio que realizan en el campo.

Agradecimientos

A la Universidad Técnica de Babahoyo y sus Autoridades, que me han permitido cursar mis estudios de cuarto nivel y desarrollar mi trabajo experimental en los predios de esta Institución de Educación Superior.

Agradezco infinitamente a mi tutor de tesis Ing. Carlos Belezaca Pinargote, Ph.D., por su orientación e importante aporte en la realización de este estudio, por sus contribuciones en el ámbito científico y por proporcionarme sus conocimientos y experiencia para la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

Especial agradecimiento merecen los miembros del Tribunal de Sustentación, Ingenieras Victoria Rendón Ledesma, Rosa Guillén Mora y Marlon López Izurieta, por sus contribuciones para la mejora del presente documento.

Es importante agradecer a los docentes del Programa de Maestría en Agronomía, mención Protección Vegetal por sus conocimientos impartidos y sus importantes experiencias compartidas.

A mis padres por haberme incentivado a que culmine mis estudios de cuarto nivel, por su interés en mi superación personal y crecimiento como profesional.

A mi familia, amigos y personas especiales en mi vida, como lo es mi esposa Vanessa quien ha sido el pilar fundamental de mi vida, por su total ayuda mientras cursamos la maestría, por ser la fuente de mi inspiración.

A mis compañeros de clase, por haberme permitido convivir durante más de 18 meses en el aula, compartiendo anécdotas y experiencias enriquecedoras.

¡Gracias a todos!.

Certificación

El suscrito, Docente de la Universidad Técnica de Babahoyo, en mi calidad de Tutor, certifico que el Trabajo de Titulación denominado: “*Evaluación de fungicidas biológicos para el control de Rhizoctonia solani y Gaeumannomyces graminis, en tres variedades de arroz (Oryza sativa) en Babahoyo*”, realizado por el Ingeniero **Gualberto Isaúl Ramírez González**; ha sido revisado periódicamente y cumple los requisitos académicos, científicos y formales que establece el Reglamento para tal efecto.

Babahoyo, 23 de agosto de 2021



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS EULOGIO BELEZACA
PINARGOTE**

Ing. Carlos Eulogio Belezaca Pinargote, Ph.D.

Director de Tesis

Informe del Sistema Urkund

El suscrito, Dr. Carlos Belezaca Pinargote, Docente de Posgrado de la Universidad Técnica de Babahoyo, certifica que la tesis de Maestría titulada “**Evaluación de fungicidas biológicos para el control de *Rhizoctonia solani* y *Gaeumannomyces graminis*, en tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) en Babahoyo**”, perteneciente a. Ing. Agr. **Gualberto Isaúl Ramírez González**, Maestrante del programa de Maestría en Agronomía con Mención en Protección Vegetal, fue sometido a un análisis en la plataforma URKUND, donde presentó un 95% de originalidad y un 5 % de similitud con otros trabajos publicados, verificando las correcciones pertinentes y considerando el Reglamento de Titulación de Posgrado de la Universidad Técnica de Babahoyo.

Original

Document Information

Analyzed document	Proyecto Gualberto Ramirez Gonzalez URKUND.docx (D111516981)
Submitted	8/20/2021 6:15:00 PM
Submitted by	Carlos Belezaca Pinargote
Submitter email	cbelezaca@uteq.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	cbelezaca.uteq@analysis.urkund.com

Sources included in the report



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS EULOGIO BELEZACA
PINARGOTE**

Ing. Carlos Eulogio Belezaca Pinargote, Ph.D.

Director de Tesis

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Certificación	iv
Resumen.....	3
Abstract	4
INTRODUCCIÓN	5
I. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.1. Formulación del problema	7
1.2. Justificación.....	7
1.3. Objetivos	8
1.3.1. Objetivo general	8
1.3.2. Objetivos específicos	8
II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. Generalidades del cultivo	9
2.2. Enfermedades a estudiar en el Cultivo de Arroz	9
2.2.1. <i>Rhizoctonia solani</i>	10
2.2.2. <i>Gaeumannomyces graminis</i>	11
2.3. Incidencia y severidad de enfermedades.....	12
2.4. Manejo Integrado de Plagas en Arroz.....	13
2.4.1. Utilización de variedades resistentes y/o tolerantes para el control de enfermedades en el cultivo de arroz	13
2.4.2. Control Cultural.....	14
2.4.3. Métodos o Sistemas de Siembra.....	15
2.4.4. Control Biológico	15
2.4.5. Productos biológicos.....	16
2.5. Estudios realizados respecto al manejo integrado de enfermedades	16

III. METODOLOGÍA	18
3.1. Ubicación y descripción del sitio experimental.....	18
3.2. Materiales y Equipos.....	18
3.2.1. Material Experimental	18
3.2.2. Material de campo	19
3.2.3. Insumos	19
3.3. Factores a estudiar	19
3.4. Tratamientos y diseño experimental	19
3.5. Esquema del análisis de varianza	20
3.6. Manejo del ensayo	20
3.6.1. Preparación del terreno	21
3.6.2. Siembra	21
3.6.3. Riego	21
3.6.4. Fertilización.....	21
3.6.5. Control de malezas	21
3.6.6. Control de insectos plaga	21
3.6.7. Cosecha	22
3.7. Datos evaluados.....	22
3.7.1. Incidencia y severidad de las enfermedades	22
3.7.2. Eficacia de los fungicidas.....	22
3.7.3. Altura de planta (m).....	23
3.7.4. Número de macollos	23
3.7.5. Número de panículas	23
3.7.6. Porcentaje de granos vanos por panículas.....	23
3.7.7. Peso de 1000 granos	23
3.7.8. Rendimiento de grano	24
3.8. Análisis estadístico	24

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1. Resultados obtenidos de la investigación.....	25
4.1.1. Incidencia y severidad de <i>Gaeumannomyces graminis</i>	25
4.1.2. Severidad de <i>G. graminis</i>	27
4.1.3. Incidencia de <i>Rhizoctonia solani</i>	29
4.1.4. Severidad de <i>R. solani</i>	31
4.1.5. Eficacia de los fungicidas.....	33
4.1.6. Altura de planta	38
4.1.7. Número de macollos	40
4.1.8. Número de panículas	42
4.1.9. Grano por panícula	44
4.1.10. Granos vanos.....	46
4.1.11. Peso de 1000 granos.....	48
4.1.12. Producción	50
4.2. Pruebas estadísticas aplicadas	52
4.3. Análisis e interpretación de datos	53
4.4. Discusión de Resultados	55
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones	59
VI. BIBLIOGRAFÍA	60
Anexos	66
Anexo 1: Diseño del Experimento.....	66
Anexo 2. Reporte de análisis fitopatológico.	67
Anexo 3. Anexo fotográfico.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS A EMPLEADOS EN EL ESTUDIO.....	19
TABLA 2. ESQUEMA DE ANÁLISIS DE VARIANZA.....	20
TABLA 3. INCIDENCIA DE <i>G. GRAMINIS</i> EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.....	26
TABLA 4. SEVERIDAD DE <i>GAEUMANNOMYCES GRAMINIS</i> EN FUNCIÓN LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.....	28
TABLA 5. INCIDENCIA DE <i>R. SOLANI</i> EN FUNCIÓN A VARIEDADES Y FUNGICIDAS.	30
TABLA 6. SEVERIDAD DE <i>R. SOLANI</i> EN FUNCIÓN A VARIEDADES Y FUNGICIDAS.....	32
TABLA 7. ALTURA DE PLANTA EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.....	39
TABLA 8. NÚMERO DE MACOLLOS EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.....	41
TABLA 9. NÚMERO DE PANÍCULAS EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.....	43
TABLA 10. GRANOS POR PANÍCULAS EN FUNCIÓN A LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.	45
TABLA 11. PESO DE 1000 GRANOS COMO RESPUESTA A LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS. ..	49
TABLA 12. PRODUCCIÓN COMO RESPUESTA A LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS.	51
TABLA 13. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN Y PROBABILIDAD ENTRE VARIABLES.	54

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1.** EFICACIA DE FUNGICIDAS Y DOSIS EN EL CONTROL DE *G. GRAMINIS*. EN DONDE:
B1= RENASTE (150 ML HA⁻¹) + SERENADE (500 ML HA⁻¹) + TIMOREX (1000 ML HA⁻¹),
B2= RENASTE (300 ML HA⁻¹) + SERENADE (1000 ML HA⁻¹) + TIMOREX (1500 ML HA⁻¹),
B3= PROPICONAZOL (500 ML HA⁻¹) + TEBUCONAZOL (500 ML HA⁻¹), **B4**= SIN APLICACIÓN DE FUNGICIDAS. LAS BARRAS DE ERROR DEMUESTRAN EL DESVÍO ESTÁNDAR.34
- FIGURA 2.** INTERACCIÓN VARIEDADES CON FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE *G. GRAMINIS*. EN DONDE: **A1**= LAP-001-2020, **A2**= LAP-002-2020, **A3**= LAP-003-2020, **B1**= RENASTE (150 ML HA⁻¹) + SERENADE (500 ML HA⁻¹) + TIMOREX (1000 ML HA⁻¹), **B2**= RENASTE (300 ML HA⁻¹) + SERENADE (1000 ML HA⁻¹) + TIMOREX (1500 ML HA⁻¹), **B3**= PROPICONAZOL (500 ML HA⁻¹) + TEBUCONAZOL (500 ML HA⁻¹), **B4**= SIN APLICACIÓN DE FUNGICIDAS. LAS BARRAS DE ERROR DEMUESTRAN EL DESVÍO ESTÁNDAR.....35
- FIGURA 3.** EFICACIA DE FUNGICIDAS Y DOSIS EN EL CONTROL DE *R. SOLANI*. EN DONDE: **B1**= RENASTE (150 ML HA⁻¹) + SERENADE (500 ML HA⁻¹) + TIMOREX (1000 ML HA⁻¹), **B2**= RENASTE (300 ML HA⁻¹) + SERENADE (1000 ML HA⁻¹) + TIMOREX (1500 ML HA⁻¹), **B3**= PROPICONAZOL (500 ML HA⁻¹) + TEBUCONAZOL (500 ML HA⁻¹), **B4**= SIN APLICACIÓN DE FUNGICIDAS. LAS BARRAS DE ERROR DEMUESTRAN EL DESVÍO ESTÁNDAR.....36
- FIGURA 4.** INTERACCIÓN DE VARIEDADES CON FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE *R. SOLANI*. EN DONDE: **A1**= LAP-001-2020, **A2**= LAP-002-2020, **A3**= LAP-003-2020, **B1**= RENASTE (150 ML HA⁻¹) + SERENADE (500 ML HA⁻¹) + TIMOREX (1000 ML HA⁻¹), **B2**= RENASTE (300 ML HA⁻¹) + SERENADE (1000 ML HA⁻¹) + TIMOREX (1500 ML HA⁻¹), **B3**= PROPICONAZOL (500 ML HA⁻¹) + TEBUCONAZOL (500 ML HA⁻¹), **B4**= SIN APLICACIÓN DE FUNGICIDAS. LAS BARRAS DE ERROR DEMUESTRAN EL DESVÍO ESTÁNDAR.....37
- FIGURA 5.** GRANOS VANOS (%) Y GRANOS LLENOS (%) EN LAS VARIEDADES (A), TRATAMIENTOS CON FUNGICIDAS Y DOSIS (B) E INTERACCIÓN VARIEDADES CON FUNGICIDAS Y DOSIS (C). EN DONDE: **A1**= LAP-001-2020, **A2**= LAP-002-2020, **A3**= LAP-003-2020, **B1**= RENASTE (150 ML HA⁻¹) + SERENADE (500 ML HA⁻¹) + TIMOREX (1000 ML HA⁻¹), **B2**= RENASTE (300 ML HA⁻¹) + SERENADE (1000 ML HA⁻¹) + TIMOREX (1500 ML HA⁻¹), **B3**= PROPICONAZOL (500 ML HA⁻¹) + TEBUCONAZOL (500 ML HA⁻¹), **B4**= SIN APLICACIÓN DE FUNGICIDAS. BARRAS CON UNA LETRA EN COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES (p>0,05) SEGÚN LA PRUEBA DE TUKEY AL 5 % DE PROBABILIDAD.48

FIGURA 6. PRODUCCIÓN DE GRANOS POR ESPIGAS EN LAS VARIETADES ESTUDIADAS. CAJAS CON UNA LETRA EN COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES ($P > 0,05$) SEGÚN LA PRUEBA DE TUKEY AL 5 % DE PROBABILIDAD.....55

Resumen

El arroz (*Oryza sativa*) es un alimento básico de vital importancia para más de la mitad de la población a nivel mundial y durante su ciclo de vida es afectado por un sinnúmero de patógenos. Entre estos, *Rhizoctonia solani* y *Gaeumannomyces graminis* causan mermas significativas en los rendimientos. El manejo integrado como el uso de variedades resistentes, uso de herramientas químicas, botánicas, biológicas, entre otras, tiene una mayor aplicación en el control de enfermedades en el cultivo. Ante lo expuesto, el objetivo de la presente investigación se fundamenta en evaluar fungicidas ecológicos para el control de *R. solani* y *G. graminis*, en tres variedades de arroz. El ensayo fue realizado en el cantón Babahoyo, km 9 de la vía Babahoyo – Montalvo, con localización geográfica (UTM) 672845,34 de longitud Este y 9796946,78 de latitud Sur. El experimento fue constituido por 12 tratamientos dispuestos en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial A (variedades) x B (fungicidas), con tres repeticiones. Los tratamientos fueron (Factor A: variedades): LAP-001-2020, LAP-002-2020 y LAP-003-2020. (Factor B: Fungicidas y dosis): (B1) Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), (B2) Renaste (300 ml ha⁻¹) + Serenade (1000 ml ha⁻¹) + Timorex (1500 ml ha⁻¹), (B3) Propiconazol (500 ml ha⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha⁻¹) y (B4) Sin aplicación de fungicidas. Las variables evaluadas fueron: incidencia y severidad de *R. solani* y *G. graminis*, eficacia de fungicidas, altura de planta, número de macollos, número de panículas, % de granos vanos, peso de 1000 granos y rendimiento. Se determinó que las variedades con la aplicación de fungicidas y dosis presentaron menor incidencia en relación al testigo absoluto, similar comportamiento fue observado en la severidad de *R. solani*. Respecto a la altura de planta la variedad LAP-002-2020 fue quien destacó. El número de macollos y panícula no fue diferente ($p > 0,05$) en las variedades. En la variable número de granos por panícula destacó la variedad LAP-002-2020. Sin embargo, en la variable granos vanos, la variedad LAP-003-2020 reportó menor porcentaje de vaneamiento frente a las demás variedades. Esta variedad en combinación con los fungicidas y dosis, presentaron los mejores rendimientos por hectárea. Se concluye que las variedades LAP-001-2020, LAP-002-2020 y LAP-003-2020 combinadas con los fungicidas y dosis minimizaron la incidencia de *G. graminis* y *R. solani*, respecto al testigo absoluto. Entre tanto, el uso de la variedad LAP-003-2020 y el programa fitosanitario basado en la aplicación de Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), además de integrar otras prácticas de manejo permitirá minimizar la incidencia y severidad de *G. graminis* y *R. solani*.

Palabras claves: Condiciones climáticas, Manchado de grano, Manejo fitosanitario, Productividad.

Abstract

Rice (*Oryza sativa*) is a vital staple food for more than half of the world's population and during its life cycle it is affected by countless pathogens. Among these, *Rhizoctonia solani* and *Gaeumannomyces graminis* cause significant losses in yields. Integrated management such as the use of resistant varieties, use of chemical, botanical, biological tools, among others, has a greater application in the control of diseases in the crop. Given the above, the objective of this research is based on evaluating ecological fungicides for the control of *R. solani* and *G. graminis*, in three varieties of rice. The test was carried out in the Babahoyo canton, km 9 of the Babahoyo - Montalvo road, with geographical location (UTM) 672,845.34 of East longitude and 9796946.78 of South latitude. The experiment consisted of 12 treatments arranged in a randomized complete block design with factorial arrangement A (varieties) x B (fungicides), with three repetitions. The treatments were (Factor A: varieties): LAP-001-2020, LAP-002-2020 and LAP-003-2020. (Factor B: Fungicides and doses): (B1) Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), (B2) Renaste (300 ml ha⁻¹) + Serenade (1000 ml ha⁻¹) + Timorex (1500 ml ha⁻¹), (B3) Propiconazole (500 ml ha⁻¹) + Tebuconazole (500 ml ha⁻¹) and (B4) Without application of fungicides. The variables evaluated were: incidence and severity of *R. solani* and *G. graminis*, efficacy of fungicides, plant height, number of tillers, number of panicles, % of empty grains, weight of 1000 grains and yield. It was determined that the varieties with the application of fungicides and doses had a lower incidence in relation to the absolute control, similar behavior was observed in the severity of *R. solani*. Regarding the height of the plant, the LAP-002-2020 variety was the one that stood out. The number of tillers and panicles was not different ($p > 0.05$) in the varieties. In the variable number of grains per panicle, the LAP-002-2020 variety stood out. However, in the variable grains vain, the variety LAP-003-2020 reported a lower percentage of vaneamiento compared to the other varieties. This variety in combination with fungicides and doses, presented the best yields per hectare. It is concluded that the varieties LAP-001-2020, LAP-002-2020 and LAP-003-2020 combined with fungicides and doses minimized the incidence of *G. graminis* and *R. solani*, with respect to the absolute control. Meanwhile, the use of the LAP-003-2020 variety and the phytosanitary program based on the application of Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), in addition Integrating other management practices will minimize the incidence and severity of *G. graminis* and *R. solani*.

Keywords: Climatic conditions, Grain staining, Phytosanitary management, Productivity.

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa*) es un alimento básico de vital importancia para más de la mitad de la población a nivel mundial. Del total de la producción mundial el 90 % corresponde a Asia; en América Latina y el Caribe la producción es apenas el 6 % y en África 4 % (Amato, 2015).

Esta gramínea contiene un alto valor nutritivo como tiamina o vitamina B1, riboflamina o vitamina B2 y niacina o B3, así como fósforo y potasio (Walter et al., 2008). En el mercado, este producto está regido por tipos y calidad. Además, este cultivo genera millones de empleo, especialmente en zonas del sector rural, aún después de cosechado (Lopes, 2016).

En Ecuador, se siembran aproximadamente 308.211 ha, logrando una producción de 1.546.523 toneladas (t), y rendimiento promedio 5,05 t ha⁻¹. En la provincia de Los Ríos se siembran aproximadamente 79.379 ha, alcanzando una producción de 358.501 t y un rendimiento promedio de 4,52 t ha⁻¹ (SIPA, 2021).

Existen variedades provenientes de países aledaños, donde es importante verificar si al sembrarlas en nuestro país, son resistentes a múltiples enfermedades, que si no se controlan a tiempo pueden repercutir en el desarrollo y producción de esta gramínea, ya que los microorganismos pueden afectar al cultivo, provocando enfermedades desde la germinación hasta su madurez del mismo, lo que incide en el rendimiento y calidad de la producción (Briones, 2014).

Este mismo autor indica que, el cultivo de arroz, a nivel mundial se ve afectado por más de 70 enfermedades provocadas por hongos, bacterias, virus, y nematodos, de las cuales se estima que alrededor de una docena reducen la producción en América Latina.

Según Martínez *et al.* (2008), el Tizón de la Vaina causado por el hongo *Rhizoctonia solani* Kühn, es considerada a nivel mundial la segunda enfermedad de mayor importancia en el cultivo del arroz. Por otro lado, el hongo *Gaeumannomyces graminis* es el agente causal de la enfermedad de la pudrición negra del tallo en el cultivo de arroz, afectando a

este en la fase de llenado y maduración de la panícula, siendo difícil de combatir y existiendo pocos fungicidas eficaces para su control (Prabhu y Filippi, 2002).

Según Achicano (2001), el uso de variedades resistentes tiene una mayor aplicación en el control de enfermedades causadas por hongos, dado que, en el caso de enfermedades severas como las royas, los marchitamientos vasculares y las pudriciones radiculares, se controlan satisfactoriamente mediante el uso de variedades resistentes. Actualmente, existe una gran necesidad utilizar tecnologías y variedades adaptadas a las diferentes épocas de siembra, que permitan incrementar los rendimientos agrícolas y explotar mayor número de áreas posibles.

El manejo integrado de las enfermedades requiere de medidas preventivas, cuyos componentes son la resistencia genética, las prácticas culturales, el control químico y el biológico, teniendo como objetivo la reducción del inóculo del patógeno a niveles tolerables (Martínez *et al.*, 2014).

Por lo expuesto, el presente trabajo de investigación tiene la finalidad de evaluar el efecto de fungicidas biológicos en el control de *Rhizoctonia solani* y *Gaeumannomyces graminis*, en tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) en Babahoyo.

I. CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

El cultivo de arroz es uno de los principales productos agrícolas de mayor consumo a nivel mundial. Dado que la población crece de manera acelerada, es indispensable que los cultivos sean más productivos y con mayor tolerancia a plagas y enfermedades, a fin de suplir la demanda alimenticia de los seres humanos.

El arroz es susceptible al daño provocado por plagas, lo cual incide en el rendimiento y calidad de la producción. Los hongos *R. solani* y *G. graminis*, son microorganismos que pueden afectar al cultivo si no se controlan a tiempo, siendo necesario aplicar medidas preventivas y de erradicación fitosanitaria.

Entre las medidas de control se presentan químicas, biológicas, genéticas y culturales y otras. Por lo que evaluar fungicidas biológicos para el control de *R. solani* y *G. graminis*, en tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) en Babahoyo, constituye una alternativa que permita incrementar los rendimientos por unidad de superficie, reduciendo los costos de producción y evitando impactos colaterales en el medio ambiente.

1.2. Justificación

El cultivo de arroz es susceptible a enfermedades provocadas por hongos que causan graves pérdidas económicas en los países en los cuales se cultiva, siendo afectado hasta en un 40 % por la incidencia de las enfermedades fúngicas, lo cual repercute en la calidad y cantidad de la cosecha.

Debido a que el arroz es una gramínea de importancia económica, evaluar fungicidas biológicos para disminuir la incidencia de *R. solani* y *G. graminis*, podría ser una alternativa de manejo integrado que permita minimizar los desórdenes fisiológicos ocasionados por estos patógenos, a fin de lograr reducir la brecha de rendimiento por

unidad de superficie, con menor costos de producción y evitando impactos colaterales en el medio ambiente.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar fungicidas ecológicos para el control de *R. solani* y *G. graminis*, en tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) en Babahoyo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la incidencia de la enfermedad de la vaina (*R. solani*) y pudrición negra del tallo (*G. graminis*) en tres variedades de arroz.
- Identificar el fungicida biológico y la dosis más eficaz para el control de *R. solani* y *G. graminis*, en tres variedades de arroz en Babahoyo.
- Estimar el tiempo de protección (residualidad) que otorgan las aplicaciones de fungicidas en el cultivo de arroz.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del cultivo

El arroz constituye la base nutricional para gran parte de la población mundial. A nivel mundial se siembran aproximadamente 148 millones de hectáreas, su producción y consumo lo convierten en el cultivo alimenticio más importante, proporciona 20 % de energía y 15 % de proteína per cápita. Se estima que para el año 2025 la población será de aproximadamente 8,3 billones de personas y que el 50 % de ellas consumirá arroz, es por ello que la producción actual de arroz en el mundo debe aumentarse en un 70 % para responder a esta demanda (Martínez *et al.*, 1998).

Este autor también menciona que la combinación de variedades semi-enanas modernas con prácticas apropiadas de manejo han permitido en América Latina un incremento del rendimiento de 75 % en los sectores de riego y tierras bajas, al pasar de 2,5 a 4,4 t ha⁻¹.

López *et al.* (2017), reportan que el cultivo de arroz es fundamental en la economía del país y uno de los más relevantes en términos socioculturales porque demanda una gran cantidad de mano de obra en su proceso productivo y representa un hábito masivo de consumo. Un gran número de familias depende económicamente del proceso productivo del cultivo, al igual que del proceso industrial molinero y su comercialización.

2.2. Enfermedades a estudiar en el Cultivo de Arroz

Los daños ocasionados por las enfermedades, suelen variar cada año y de un cultivo a otro; esto va a depender de las condiciones ambientales, la susceptibilidad de las variedades, las razas de los microorganismos y de las condiciones que predisponen la enfermedad (Pérez *et al.*, 2018).

2.2.1. *Rhizoctonia solani*

Este hongo es causante del añublo de la vaina, por lo general este agente patógeno disminuye la producción de arroz influenciado por el manejo del cultivo y el uso de fungicidas. El incremento de la enfermedad ha conllevado a la disminución paulatina de los rendimientos entre un 20 y 40 % (Prabhu *et al.*, 2002).

R. solani, es un hongo hidrófilo y termófilo transmitido por el suelo, constituye la segunda enfermedad en importancia económica después de la *Pyricularia*. Provoca lesiones principalmente en la vaina, que en un inicio tienen forma ovoide de color gris verdoso, con una longitud que varía entre 1 y 3 cm de largo. Posteriormente, el centro de la lesión se torna blanco-grisácea, con un margen marrón, cuando las lesiones llegan a unirse secan la hoja y la vaina, y pueden provocar la muerte de la planta entera (Delgado *et al.*, 2004).

Gutiérrez (2007), señala que el arroz es uno de los cultivos que es afectado por varias enfermedades causadas por hongos, entre las cuales el complejo del manchado de las vainas foliares es considerada una de las de mayor frecuencia en cultivares de arroz del país. La enfermedad es causada por varias especies del género *Rhizoctonia*: *R. solani* (tizón de la vaina), *R. oryzae* (mancha de la vaina) y *R. oryzae-sativae* (mancha agregada de la vaina). La sintomatología producida por las tres especies es similar, dificultando la diferenciación en condiciones de campo.

La utilización inapropiada de recursos, los desequilibrios biológicos y algunas limitantes pueden impedir que las variedades exhiban su máxima productividad, lo cual conlleva la realización de numerosos desafíos tanto en el mejoramiento genético como en el agronómico, entre otros. Las prácticas agronómicas como el suministro adecuado de nitrógeno y la densidad de siembra favorecen el establecimiento de una plantación óptima y homogénea con mínimos daños causados por algunas plagas (Rodríguez *et al.*, 2002).

Schurt *et al.* (2012), indica que las lesiones por *Rhizoctonia* spp. se manifiestan en condiciones de altas temperaturas (28 a 32 °C) y de alta humedad relativa (más de 96 %). El añublo de la vaina es más grave en el sistema de riego que en el de secano. La temperatura de la planta depende de la temperatura ambiental; su humedad relativa, en cambio, está muy influida por la densidad de plantas del cultivo.

A mayor densidad, mayor humedad relativa. Además, este hongo aumenta en condiciones de elevada humedad y temperatura. La densidad de siembra incide en la humedad, por tanto, una alta densidad de siembra y elevadas dosis de fertilizantes, tienden a incrementar el efecto de esta enfermedad. El desarrollo de esta enfermedad puede ser vertical u horizontal, siendo esta última más rápida y más grave, sobre todo durante la estación húmeda y en parcelas con un contenido elevado de abonos nitrogenados. La integración de factores agrometeorológicos y factores agronómicos es fundamental para diseñar una estrategia de manejo de la enfermedad.

La etapa más crítica para el desarrollo de la enfermedad se presenta en fase de macollamiento (entre los 40-50 días después de la siembra), considerándose la temperatura de 30 - 32 °C y la humedad mayor al 95%, condiciones favorables para el desarrollo de la infección. El combate se puede realizar de manera integrada utilizando variedades tolerantes, incorporación de rastrojos, aplicaciones nitrogenadas adecuadas, densidades de siembra recomendadas, uso de control biológico (*Trichoderma* sp.) y por último el uso de control químico con productos como clorotalonil, oxiclورو de cobre, tolclofosmetil, benomil, carbendazina, entre otros (Rodríguez *et al.*, 2001).

2.2.2. *Gaeumannomyces graminis*

Peixoto *et al.* (2013) indican que *G. graminis* es el hongo que provoca la enfermedad conocida como pudrición de la hoja envainadora en el cultivo del arroz, produce graves daños en los estados de llenado, cuajado y maduración de la panícula; afecta los rendimientos, debido a que se reduce el número de tallos productivos, la panícula emerge incompleta, y se produce un llenado incompleto de los granos o madurez prematura. Este hongo es difícil de combatir existiendo pocos fungicidas recomendados para su control.

La falta de rotación de cultivos de los campos, la mala preparación del suelo, deficiente control de malezas, deficiencias en el tratamiento de semillas y aplicación de fungicidas en campo, son factores que contribuyen al incremento de la incidencia de *G. graminis* y otros hongos fitopatógenos de suelo. El manejo integrado de esas enfermedades requiere un conjunto de medidas preventivas, cuyos componentes son la resistencia genética, las prácticas culturales, el control químico y el biológico, teniendo como objetivo la reducción del inóculo del patógeno a niveles tolerables (Martínez *et al.*, 2014).

2.3. Incidencia y severidad de enfermedades

Rodríguez *et al.* (2018), señalan que, en los últimos años, el arroz ha tenido un aumento paulatino de la producción, dado que se están utilizando variedades más productivas y la implementación de tecnologías como el uso de fertilizantes y agroquímicos para el control de plagas y enfermedades en el cultivo.

Sin embargo, este aumento en la producción y las variaciones climáticas, ha contribuido al aumento en la incidencia y/o severidad de algunas enfermedades de esta importante gramínea. En este sentido, para Gómez (2014), la incidencia se refiere a la cantidad de individuos o partes contables de un individuo, que han sido afectadas por una determinada enfermedad respecto al total analizado, y se expresa en porcentaje. La incidencia se calcula dividiendo el número de plantas enfermas para el total de plantas, y este resultado se multiplica por 100.

Este autor también expresa que la severidad es una estimación visual mediante la cual se establecen los grados de infección en una determinada planta sobre la base de la cantidad de tejido vegetal enfermo. Esta determinación es subjetiva y hace referencia al % del área necrosada o enferma de una hoja, fruto, espiga, etc.

La incidencia y severidad de *R. solani* puede incrementarse por la elevada aplicación de fertilizantes nitrogenados y altas densidades de siembra. La cuantificación de las enfermedades es importante para el diseño de estrategias de manejo de las mismas. Los estudios respecto a la intensidad y prevalencia de una enfermedad son primordiales para comprender la relación entre una enfermedad y las pérdidas causadas por estas. Solamente midiendo la enfermedad se puede demostrar la magnitud de la pérdida (Lavilla y Ivancovich, 2016).

Estos autores también dan a conocer que la incidencia es el porcentaje o proporción de individuos (plantas, hojas, flores, folíolos, frutos, espigas, etc.) enfermos en relación al total. En cada individuo se evalúa la presencia o ausencia de enfermedad, sin determinar niveles de enfermedad. Este parámetro es objetivo y sencillo y se determina para estudiar la velocidad y patrón de avance de las enfermedades, y no necesita un entrenamiento especial para su empleo por parte del evaluador.

La severidad se refiere al porcentaje de la superficie del órgano enfermo (hojas, tallos,

raíces o frutos) y varía entre 0 y 100. La severidad es un parámetro que refleja con precisión la relación de la enfermedad con el daño que le provoca al cultivo. Su evaluación es más compleja que la determinación de la incidencia, dado que puede ser subjetiva y por lo tanto requiere de un entrenamiento previo por parte del evaluador. El cálculo de Severidad se realiza mediante la fórmula $(S) = (\text{área de tejido enfermo} / \text{área total (sano + enfermo)}) \times 100$ (Lavilla y Ivancovich, 2016).

Estudios de incidencia, severidad y detección de virus fitopatógenos en lechuga, realizados por Pérez *et al.* (2016), en el estado de Querétaro, México, muestran que para determinar la incidencia de virosis se dividió el número de plantas con síntomas virales entre el número de plantas totales, y se multiplicó por 100.

2.4. Manejo Integrado de Plagas en Arroz

El Manejo Integrado de Plagas (MIP), consiste en un sistema que utiliza todas las técnicas y métodos más apropiados para mantener en lo posible, las poblaciones de plagas a niveles por debajo de aquellos que ocasionan daño económico. El control de la enfermedad se puede lograr mediante un sólo procedimiento, pero en la mayoría de los casos exige la utilización de medidas múltiples e implica un programa integrado de manipulación del ambiente y de los factores reglamentarios, culturales, biológicos, físicos y químicos. Generalmente, la toma de decisión sobre el manejo de una enfermedad, se fundamenta en la teoría del umbral económico que se refiere al nivel de población más bajo capaz de ocasionar daño económico o afectar la producción.

La utilización de nuevas variedades, incluyendo la utilización de prácticas culturales mejoradas, ha promovido la consolidación del cultivo. Por lo que es de gran importancia evaluar nuevas variedades priorizando los sistemas y densidades de siembra, dado que estos son factores determinantes en la incidencia de enfermedades (Martínez *et al.*, 1998).

2.4.1. Utilización de variedades resistentes y/o tolerantes para el control de enfermedades en el cultivo de arroz

Uno de los componentes principales para el manejo integrado de enfermedades consiste en la utilización de variedades resistentes, porque representa menor costo de producción y bajo impacto ambiental debido a la disminución en la utilización de fungicidas para el control de patógenos (Prado *et al.*, 2001).

En la fase final de los programas de mejora genética los genotipos con alto potencial de rendimiento de grano y buenas características agronómicas son evaluados en un conjunto de ambientes en las principales zonas de producción del cultivo. El comportamiento diferencial de los genotipos en los diversos ambientes es debido a la interacción genotipo ambiente (GxA), dificultándose la selección de los que están ampliamente adaptados como los más estables (Acevedo, 2010).

Las variedades de arroz continúan variando en los últimos años, renovándose por aquellas que ofrecen mejores características, tales como, mejores rendimientos, mayor resistencia a enfermedades, altura más baja, mejor calidad de grano o una mayor producción; todo esto ha provocado la desaparición de variedades más antiguas (Bajaña, 1998).

Las variedades resistentes han demostrado ser muy exitosas; sin embargo, el grado de control va a depender del cultivo, el hongo patógeno y los factores ambientales involucrados. Siendo el control mediante la resistencia genética, el método más confiable y de mayor aceptación. De acuerdo a Achicano (2001), la disminución de los daños causados por *R. solani*, debido a la escasa resistencia que manifiestan las variedades de arroz, implica el manejo adecuado de prácticas culturales y la integración del control químico dentro de las estrategias de mitigación de esta enfermedad.

Para Suárez y Delgado (2018), en el rendimiento de los cultivos influyen tanto las enfermedades como la adaptabilidad de los cultivos a las diferentes zonas donde se siembran.

2.4.2. Control Cultural

Según Nakandaraki (2017), las principales medidas que se emplean dentro del control cultural consisten en la eliminación de los residuos de cosecha; plan racional de siembra y cosecha, a fin de reducir la propagación de plagas o enfermedades; establecimiento de un sistema de rotación de cultivos; efectiva preparación del terreno con el objetivo de facilitar la eliminación de insectos y malezas de arroz; fertilización balanceada de acuerdo a las recomendaciones de la zona; empleo de una densidad adecuada de semilla, evitando excesos de población que favorecen el ataque de plagas y enfermedades; eliminación de malezas y hospederos para evitar la competencia o el hospedaje de insectos y enfermedades; manejo adecuado del agua a fin de proporcionar condiciones que limiten el

desarrollo de plagas y malezas; y, eliminación manual y oportuna de las malezas.

2.4.3. Métodos o Sistemas de Siembra

Según Gonzales y Murillo (1991), los sistemas de siembra que más se utilizan en nuestro medio consisten en la siembra al voleo que consiste en depositar la semilla en una superficie seca o inundada. Cuando se realiza en seco se efectúan labores convencionales de preparación de suelo y siembra a mano o maquinarias que se acoplan a los tractores. La siembra en línea utiliza sembradoras que realizan al mismo tiempo la siembra y el abonado; mientras que la siembra directa se lleva a cabo sin utilizar labores de preparación de suelo.

Nakandaraki (2017), expresa que el sistema de siembra al trasplante, consiste en sembrar arroz en semilleros o almácigos para luego trasplantarlo en el sitio definitivo. Este sistema permite mejorar el aprovechamiento del agua de riego; el establecimiento y densidad de poblaciones, controlando las deficiencias de nivelación de los suelos; así como el control eficiente de malezas.

La cantidad de semilla distribuida debe ser suficiente para tener un número óptimo de tallos/m², para cada variedad, y que produzcan espigas que maduren uniformemente. Para las variedades de panícula corta, densa y tallo grueso, el número de tallos/m² óptimo está entre 250-300, mientras que en variedades de panícula larga y poco densas, de tallo fino, oscila entre 300-350. Esta cantidad de tallos puede conseguirse con dosis media de siembra de 140-180 kg de semilla por ha (Adames, 2014).

2.4.4. Control Biológico

El sector productivo agrícola busca constantemente soluciones en función de la incidencia y severidad de las enfermedades; sin embargo, la relación con agentes de control biológico consiste en buscar nuevas alternativas que disminuyan el uso e impacto de los pesticidas (Rariz *et al.*, 2013).

Los programas adecuados en aplicación de biofungicidas, consisten en tecnologías que se encuentran en la naturaleza. En estudios realizados en el control sobre patógenos de cultivos de alta productividad, el conocimiento adecuado de dosis y productos mejorará la eficiencia en las aplicaciones (Cuevas, 2001).

Se considera que la *R. solani* seguirá en ascenso, producto del efecto acumulativo del hongo a través de los esclerocios, los cuales pueden permanecer en el suelo por largo tiempo por no haberse realizado un control eficiente de los mismos; esto se ha demostrado en el tiempo, a pesar de una mayor aplicación de químicos.

Es por esta razón que la búsqueda de agentes de control biológico que puedan disminuir la carga inicial infectiva del hongo e incorporarse al manejo de la enfermedad, constituye un reto y una vía más para disminuir las pérdidas y la contaminación ambiental (Martínez, 2016).

2.4.5. Productos biológicos

Serenade® Max es un producto de origen natural a base de *Bacillus subtilis* cepa QST 713, formulado como polvo mojable, para el control de enfermedades producidas por hongos o bacterias en varios cultivos. Este producto debe aplicarse cuando las condiciones sean favorables a la aparición de la enfermedad, siempre en tratamiento preventivo ante el riesgo de infección. En caso de alta presión de enfermedad, es recomendable aplicar Serenade® Max en un programa conjuntamente con otros productos autorizados para ese uso (CropScience, 2017).

Timorex Gold está compuesto por 222.5 g L⁻¹ aceite de árbol de té, cuyo ingrediente activo Terpinen-4-ol y γ -terpineno que pertenecen al grupo químico de los monoterpenos monocíclicos. Es un fungicida natural que actúa en forma preventiva y curativa, mediante la inhibición del desarrollo de la germinación de esporas, inhibición del crecimiento del micelio y lesión expansiva; inhibición en la producción de esporangios, mediante supresión y erradicación de colonias de los patógenos presentes en los frutos y hojas. Posee un amplio espectro de acción que se utiliza en el control preventivo y curativo de enfermedades (Syngenta, 2020).

2.5. Estudios realizados respecto al manejo integrado de enfermedades

INTA (2014), menciona que los problemas fitosanitarios se han reducido con la aplicación del manejo integrado del cultivo que contempla el uso de variedades tolerantes, medidas culturales, utilización de productos químicos para el tratamiento y control de insectos plagas y enfermedades que se presentan en las diferentes etapas del cultivo de arroz.

En cuanto a la resistencia varietal, el Instituto Nacional de Investigaciones del Arroz (IRRI), ubicado en Filipinas, ha realizado numerosas evaluaciones en diversas líneas de arroz susceptibles a *R. solani*, éstos resultados dan a conocer que las variedades índicas son más resistentes que las japónicas, las variedades de maduración tardía son más resistentes; mientras que las variedades de porte alto con pocos macollos son más resistentes que las de porte alto con gran macollamiento (Instituto de Investigaciones del Arroz de Cuba, 2008).

El método de siembra directa, en su modalidad al voleo, es utilizado frecuentemente a nivel mundial. La siembra es directa cuando la semilla botánica se deposita directamente en el lugar definitivo del cultivo. Esta modalidad de siembra ha resultado en un menor rendimiento y menos beneficio económico en comparación con la modalidad de trasplante, observándose que esta última forma de cultivo puede resultar menos afectada por el Manchado de grano (Adames, 2014).

Suquilanda (2008), manifiesta que BIOBACT a base de *T. viride* y *T. harzianum* controlan *Pyricularia oryzae* y *R. solani* en dosis de 2,5 gramos L⁻¹ de agua. La formulación de *Trichoderma* disponible en Centro América es Mycobac (*T. lingnorum*). Para el control preventivo de *Rhizoctonia* en arroz, se recomienda aplicar durante los 20 primeros días posteriores a la germinación entre 100 y 200 g. de Mycobac ha⁻¹ (Rivera *et al.*, 2011).

Estudios realizados por García *et al.* (2008), con el fin de evaluar el efecto de un biofungicida, a base de *T. harzianum*, sobre la incidencia y la severidad de la enfermedad mancha bandeada del maíz, causada por el hongo *R. solani* Kühn, dan a conocer que se seleccionaron parcelas en 8 localidades donde se presentaba la enfermedad en forma endémica y se subdividieron en 2 lotes; uno se trató con el biofungicida, mientras que el otro no fue tratado.

La incidencia y la severidad de la enfermedad se determinó a los 70 días después de la emergencia, seleccionando 5 puntos de muestreo distribuidos uniformemente en cada lote.

La incidencia fue determinada utilizando un arreglo factorial en un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones y la severidad mediante la prueba de Friedman. Los resultados muestran que el biofungicida disminuyó cerca de 50 % la incidencia de la enfermedad en todas las localidades; es decir, se pudo evidenciar el efecto benéfico del biofungicida, representando una alternativa viable, eficaz y amigable con el ambiente para el control de

la enfermedad.

III. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación y descripción del sitio experimental

El presente trabajo experimental se realizó en el km. 9,0 de la vía Babahoyo – Montalvo, entre las coordenadas geográficas (UTM) 672845,34 de longitud Este y 9796946,78 de latitud Sur. El área experimental se encuentra a 8 m de altitud.

La zona presenta un clima tropical húmedo, con una temperatura media anual de 25,6 °C; una precipitación anual 2329,8 mm; humedad relativa 82 % y 998,2 horas de heliofanía de promedio anual ¹.

El suelo es de topografía plana, textura arcillo - limoso y drenaje regular.

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1. Material Experimental

Se utilizó como material de siembra 3 variedades de arroz de origen desconocido. A continuación, se presentan los códigos asignados al material genético en estudio:

- LAP-001-2020
- LAP-002-2020
- LAP-003-2020

¹ Datos obtenidos de la Estación Agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo.

3.2.2. Material de campo

GPS, barreno, flexómetro, marco de 1 m², machete, estacas, piola, rastrillo, bomba de mochila, balde, balanza, cámara fotográfica, libreta de apuntes, cuaderno de campo, saquillos, lona fundas de papel, marcador permanente, lápiz, probeta, vasos volumétricos de 1000 ml y 500 ml.

3.2.3. Insumos

Fertilizantes, fungicidas biológicos y fungicida químico.

3.3. Factores a estudiar

Variables dependientes: Incidencia y severidad de enfermedades, eficacia de fungicidas, rendimiento de cultivo de arroz.

Variable independiente: Variedades, fungicidas biológicos.

3.4. Tratamientos y diseño experimental

La descripción de los tratamientos se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de tratamientos empleados en el estudio.

Trat.	FACTOR A (VARIEDADES DE ARROZ)	FACTOR B (FUNGICIDAS + DOSIS)
T1	(A1) LAP-001-2020	(B1) Renaste ^{F1} + Serenade ^{F2} + Timorex ^{F3} (150 ml ha ⁻¹ + 500 ml ha ⁻¹ + 1000 ml ha ⁻¹)
T2	(A1) LAP-001-2020	(B2) Renaste + Serenade + Timorex (300 ml ha ⁻¹ + 1000 ml ha ⁻¹ + 1500 ml ha ⁻¹)
T3	(A1) LAP-001-2020	(B3) Como lo maneja el agricultor (Propiconazol ^{F4} + Tebuconazol ^{F5}) (500 ml ha ⁻¹ + 500 ml ha ⁻¹)
T4	(A1) LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas (0)
T5	(A2) LAP-002-2020	(B1) Renaste + Serenade + Timorex (150 ml ha ⁻¹ + 500 ml ha ⁻¹ + 1000 ml ha ⁻¹)
T6	(A2) LAP-002-2020	(B2) Renaste + Serenade + Timorex (300 ml ha ⁻¹ + 1000 ml ha ⁻¹ + 1500 ml ha ⁻¹)
T7	(A2) LAP-002-2020	(B3) Como lo maneja el agricultor (Propiconazol + Tebuconazol) (500 ml ha ⁻¹ + 500 ml ha ⁻¹)
T8	(A2) LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas (0)
T9	(A3) LAP-003-2020	(B1) Renaste + Serenade + Timorex (150 ml ha ⁻¹ + 500 ml ha ⁻¹ +

		1000 ml ha ⁻¹)
T10	(A3) LAP-003-2020	(B2) Renaste + Serenade + Timorex (300 ml ha ⁻¹ + 1000 ml ha ⁻¹ + 1500 ml ha ⁻¹)
T11	(A3) LAP-003-2020	(B3) Como lo maneja el agricultor (Propiconazol + Tebuconazol) (500 ml ha ⁻¹ + 500 ml ha ⁻¹)
T12	(A3) LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas (0)

F¹ = El fungicida Renaste se aplicó a la semilla antes de la siembra.

F² = El fungicida Serenade se aplicó a los 35 días después de la siembra.

F³ = El fungicida Timorex se aplicó a los 90 días del cultivo (máximo embuchamiento).

F⁴ = El fungicida Propiconazol se aplicó a los 40 días del cultivo (como lo hace tradicionalmente el agricultor).

F⁵ = El fungicida Tebuconazol se aplicó a los 90 días del cultivo (máximo embuchamiento), (como lo hace tradicionalmente el agricultor).

El experimento fue constituido por 12 tratamientos dispuestos en un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial A (variedades) x B (fungicidas), con tres repeticiones (Montalvo, 2011). Como factor A se evaluaron tres niveles (variedades de arroz) y como factor B, cuatro niveles (tratamientos fungicidas con sus respectivas dosis). Cada unidad experimental tuvo una superficie de 4 m² (2 m x 2 m). La separación entre bloques fue de 1,0 m (Anexo 1); mientras que la separación entre parcelas fue de 0,5 m.

3.5. Esquema del análisis de varianza

En la Tabla 2 se describe el esquema del análisis de varianza (ANDEVA) empleado en el presente trabajo de investigación:

Tabla 2. Esquema de Análisis de Varianza.

FV	GL
Repeticiones	2
Tratamientos	11
Factor A (Variedades)	2
Factor B (Fungicidas y Dosis)	3
Interacción A x B	6
Error experimental	22
Total	35

3.6. Manejo del ensayo

Se realizaron todas las labores agrícolas necesarias en el cultivo de arroz para su normal

desarrollo, precautelando el carácter experimental del mismo, sin descuidar la aplicabilidad de cada uno de los tratamientos.

3.6.1. Preparación del terreno

La preparación del suelo se efectuó mediante un pase de “rome plow”, uno de rastra y “fanguero”, con el propósito de crear condiciones favorables para el normal desarrollo del cultivo de arroz.

3.6.2. Siembra

La siembra se realizó mediante trasplante a los 21 días de efectuado el semillero, se colocó 5 plántulas sitio⁻¹. El distanciamiento entre hileras y entre plantas fue de 0,25 m * 0,25 m.

El semillero se realizó con semilla pregerminada con una densidad estimada de 200 Lb ha⁻¹.

3.6.3. Riego

El cultivo de arroz se manejó bajo condiciones de secano favorecido, es decir, en periodos de estiaje, se procedió a regar por gravedad de acuerdo a los requerimientos hídricos del cultivo.

3.6.4. Fertilización

La fertilización del cultivo se realizó de acuerdo al resultado del análisis de suelo y requerimientos del cultivo. El 100 % de P y K se incorporó antes de la siembra y el N en tres fracciones a los 10, 30 y 50 días después de esta labor, conforme lo señalado por INIAP (2018).

3.6.5. Control de malezas

En todas las unidades experimentales se aplicó en preemergencia Clomazone, en dosis de 800 ml ha⁻¹. En post emergencia temprana (máximo 4 hojas verdaderas) se aplicó Propanil, en dosis de 4,0 L ha⁻¹; y, posteriormente a los 30 días después de la siembra se utilizó Pyrazosulfuron metil, en dosis de 300 g ha⁻¹.

3.6.6. Control de insectos plaga

El control fitosanitario se efectuó según las plagas que se presenten durante el desarrollo del cultivo, aplicando insecticidas específicos según el caso.

3.6.7. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, conforme se presentó la madurez fisiológica de las plantas en los diferentes tratamientos. Posterior a la cosecha en las unidades experimentales se procedió a secar el arroz con ayuda de una estufa a una temperatura constante de 70 ° C durante 24 horas, hasta alcanzar el 14 % de humedad. Seguido se procedió a calcular la producción por ha en cada tratamiento.

3.7. Datos evaluados

Para estimar los efectos de los tratamientos, se registró los siguientes datos dentro del área de la parcela experimental.

3.7.1. Incidencia y severidad de las enfermedades

Se realizó la evaluación a los 60 días después de la siembra, para tal efecto se registró el número de plantas enfermas del área útil, para posterior dividirlo para el número total de plantas de la misma área, dicho resultado fue multiplicado x 100.

La fórmula para el cálculo es la siguiente (Gómez, 2014):

$$\% \text{ incidencia (I)} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Total de Plantas}} \times 100$$

La severidad se determinó mediante observaciones visuales del área enferma, y posteriormente los datos fueron introducidos en la siguiente ecuación empleada por (Lavilla y Ivancovich, 2016):

$$\% \text{ de severidad (S)} = \frac{\text{Área del tejido enfermo}}{\text{Área total (sana + enfermas)}} \times 100$$

3.7.2. Eficacia de los fungicidas

La eficacia de cada fungicida o combinación de los mismos se obtuvo mediante la fórmula de Abbott, que también fue utilizada por Delgado *et al.*, (2005):

$$E = \frac{IT - It}{IT} \times 100$$

E = Eficacia de los fungicidas

IT = Infección en el testigo

It = infección en el tratamiento

3.7.3. Altura de planta (m)

Esta variable se registró días antes a la cosecha. En cinco plantas tomadas al azar de la parcela útil de cada tratamiento, se midió la distancia desde el nivel del suelo hasta la punta de la panícula más pronunciada sin considerar las aristas. Los valores registrados fueron promediados y expresados en metro (INIAP, 2018).

3.7.4. Número de macollos

Dentro del área útil de cada parcela experimental, se lanzó un cuadro con área de un m², donde se contó el número de macollos. Esta variable se registró cuando el arroz alcanzó la madurez fisiológica.

3.7.5. Número de panículas

En el mismo metro cuadrado en que se realizó el conteo de macollos, se procedió a contar el número de panículas en cada unidad experimental.

3.7.6. Porcentaje de granos vanos por panículas

En cada unidad experimental se obtuvo al azar cinco panículas y se registró el porcentaje de granos llenos y vanos.

3.7.7. Peso de 1000 granos

Se seleccionaron 1000 granos, libres de daños de insectos y enfermedades por cada parcela experimental, luego se procedió a pesar en una balanza de precisión. Los valores obtenidos se expresaron en gramos.

3.7.8. Rendimiento de grano

Esta variable fue determinada por el peso de los granos provenientes del área útil de cada parcela experimental. El peso se ajustó al 14% de humedad y se transformó a kilogramos por hectárea.

Para uniformizar los pesos se empleó la siguiente fórmula:

$$Pu = Pa (100-ha)/(100-hd)$$

Donde:

Pu=peso uniformizado

Pa= peso actual

Ha= humedad actual

Hd=humedad deseada

3.8. Análisis estadístico

Los datos colectados en la presente investigación, fueron tabulados en planillas electrónicas y seguidamente, para cada variable evaluada se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk. Posterior a ello, los datos fueron sometidos al análisis de varianza aplicando la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad.

Los análisis fueron realizados con ayuda del software estadístico SigmaPlot (Monks, 2002).

Además, los datos obtenidos fueron sometidos a la estimativa de los coeficientes de correlación de Pearson (r) para determinar la relación entre las variables evaluadas.

Para la obtención de r fue necesario el uso de la siguiente formula:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Donde:

x_1, x_2, \dots, x_n y y_1, y_2, \dots, y_n son los valores obtenidos en ambas variables.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos de la investigación

Los datos colectados en la presente investigación, fueron tabulados en planillas electrónicas y posteriormente se realizó el análisis de varianza de las variables evaluadas.

4.1.1. Incidencia y severidad de *Gaeumannomyces graminis*.

En la Tabla 3, se presentan los resultados de Incidencia de *G. graminis* en función a los tratamientos estudiados.

Respecto a las variedades, se observó mayor incidencia de plantas con lesiones necróticas de color pardo oscuro a negro en el sistema radicular y base del tallo, en LAP-001-2020 con 24,46 %, seguido de LAP-003-2020 con 23,46 %. Estos valores no fueron diferentes entre sí ($p > 0,05$). En la variedad LAP-002-2020 se observó menor incidencia en relación a los demás materiales genéticos. Sin embargo, éste fue diferente ($p < 0,01$) apenas de LAP-001-2020.

En todos los materiales genéticos estudiados fue posible observar en las vainas de las hojas afectadas los peritecios del hongo *G. graminis*.

En relación a fungicidas y dosis, se observó que el tratamiento: Renaste (300 ml ha⁻¹) + Serenade (1000 ml ha⁻¹) + Timorex (1500 ml ha⁻¹) (B2) presentó menor número de plantas con lesiones de *G. graminis* con 21,44 %. Este valor registrado no fue diferente ($p > 0,05$) a la incidencia obtenida en los demás tratamientos.

Por otro lado, se evidenció que, en las parcelas no tratadas con fungicidas, la incidencia fue superior con 26,06 %, siendo este valor diferente de los demás ($p < 0,01$). Este resultado pone en manifiesto que el uso de fungicidas en las diferentes etapas fenológicas del cultivo puede ser considerado una estrategia esencial en el manejo de enfermedades fungosas.

En la interacción variedades con fungicidas y dosis no se evidenció diferencia significativa ($p > 0,05$) entre tratamientos y parcelas sin aplicar.

Sin embargo, se observó que el mayor número de plantas con lesiones asociadas al patógeno se registró en las tres variedades estudiadas sin aplicación de fungicidas.

Tabla 3. Incidencia de *G. graminis* en función a los tratamientos estudiados.

Variedades	Fungicidas y dosis	Incidencia de <i>G. graminis</i> (%)
LAP-001-2020	-	24,46 a
LAP-002-2020	-	21,63 b
LAP-003-2020	-	23,46 ab
-	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	22,56 b
-	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	21,44 b
-	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	22,67 b
-	(B4) Sin aplicación de fungicidas	26,06 a
LAP-001-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	24,17
LAP-001-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	22,67
LAP-001-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	23,00
LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	28,00
LAP-002-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	21,50
LAP-002-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	20,33
LAP-002-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	20,50
LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	24,17
LAP-003-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	22,00
LAP-003-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	21,33
LAP-003-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	24,50

LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	26,00
Significancia estadística	Variedades	**
	Fungicidas y dosis	**
	Variedades*Fungicidas y dosis	ns
Coefficiente de variación (%)		8,33

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

** Altamente significativo ($p < 0,01$), ns: No significativo ($p > 0,05$).

4.1.2. Severidad de *G. graminis*

La severidad de *G. graminis* (Tabla 4) en las variedades evaluadas fue superior en LAP-003-2020 con 24,42 %. Este valor fue igual ($p > 0,05$) a la severidad obtenida en LAP-001-2020 (21,92 %) y diferente ($p < 0,05$) de LAP-002-2020 (20,83 %).

Respecto a fungicidas y dosis, la severidad registrada estuvo entre 21,67 % y 23,11 %. Siendo el menor valor observado en el tratamiento Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹) (B1), mientras que, sin la aplicación de fungicidas la severidad fue mayor. La diferencia de severidad de *G. graminis* en parcelas tratadas y no tratadas, no fue significativa ($p > 0,05$).

En la interacción variedades con fungicidas y dosis no se observó diferencia significativa ($p > 0,05$) entre tratamientos. Sin embargo, se evidenció que, en la variedad LAP-002-2020 con el tratamiento B1 la severidad fue 17,00 %.

Este valor registrado fue inferior al obtenido sin la aplicación de fungicidas (23,63 %).

La variedad LAP-002-2020 en combinación con (B2) y LAP-002-2020 con Renaste (300 ml ha⁻¹) + Serenade (1000 ml ha⁻¹) + Timorex (1500 ml ha⁻¹) (B3), la severidad de *G. graminis* fue 21,67 % y 21,00 %, respectivamente.

Estos valores fueron muy próximos a los obtenidos sin la aplicación de fungicidas.

En la variedad LAP-001-2020 se observó que la severidad registrada con la aplicación de fungicidas a diferentes dosis fue aproximada a la severidad obtenida sin la aplicación de tratamientos.

Situación diferente fue evidenciada en la variedad LAP-003-2020 con el tratamiento B1.

En donde se registró la mayor severidad con 25,33 %, siendo este valor superior al obtenido en el mismo material genético sin aplicar fungicidas.

Tabla 4. Severidad de *Gaeumannomyces graminis* en función los tratamientos estudiados.

Variedades	Fungicidas y dosis	Severidad de <i>G. graminis</i> (%)
LAP-001-2020	-	21,92 ab
LAP-002-2020	-	20,83 b
LAP-003-2020	-	24,42 a
-	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	21,67
-	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	22,56
-	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	22,22
-	(B4) Sin aplicación de fungicidas	23,11
LAP-001-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	22,67
LAP-001-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	22,33
LAP-001-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	20,33
LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	22,33
LAP-002-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	17,00
LAP-002-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	21,67
LAP-002-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	21,00
LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	23,67
LAP-003-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	25,33
LAP-003-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	23,67
LAP-003-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	25,33

LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	23,33
Significancia estadística	Variedades	*
	Fungicidas y dosis	ns
	Variedades*Fungicidas y dosis	ns
Coefficiente de variación (%)		14,60

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

* Significativo ($p < 0,05$), ns: No significativo ($p > 0,05$)

4.1.3. Incidencia de *Rhizoctonia solani*

En la Tabla 5 se observa la incidencia de *R. solani* en función a los tratamientos estudiados.

La incidencia de *R. solani* varía entre 39,42 % y 41,38 %. Siendo la variedad LAP-003-2020 la que reportó el menor valor, mientras que la variedad LAP-001-2020 con 41,38 % presentó el mayor número de plantas con lesiones asociadas a este patógeno.

La diferencia obtenida entre estas variedades no fue significativa ($p > 0,05$).

En relación a los tratamientos con fungicidas, se observó que la mayor incidencia de *R. solani* fue 50,56 %, siendo este valor obtenido en las parcelas sin aplicación de fungicidas. Mientras que, en las parcelas tratadas, la incidencia varió entre 36,61 % y 37,17 %. Dichos valores no fueron diferentes entre sí ($p > 0,05$).

En la interacción variedades con fungicidas y dosis, en la incidencia de *R. solani*, se observa que los tratamientos estudiados no presentan diferencia significativa entre sí ($p > 0,05$).

En este escenario, se evidenció que el control químico de enfermedades resulta en una herramienta que permite minimizar la incidencia de patógenos. Dado que las enfermedades más destructivas que prevalecen en el cultivo de arroz son causadas por hongos.

Por otro lado, independientemente de la variedad estudiada, las parcelas tratadas con fungicidas y diferentes dosis, la incidencia fluctuó entre 35,00% y 38,67 %. esta variación

no presentó diferencia significativa entre sí ($p>0,05$).

Mientras que, las tres variedades estudiadas, sin la aplicación de tratamientos con fungicidas y dosis reportaron incidencia entre 49,33 % y 51,33 %. Siendo esta superior a la obtenida en el factor variedades, fungicidas y dosis y la interacción de estos dos factores.

Tabla 5. Incidencia de *R. solani* en función a variedades y fungicidas.

Variedades	Fungicidas y dosis	Incidencia de <i>R. solani</i> (%)
LAP-001-2020	-	41,38
LAP-002-2020	-	40,25
LAP-003-2020	-	39,42
-	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	37,17 b
-	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	37,06 b
-	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	36,61 b
-	(B4) Sin aplicación de fungicidas	50,56 a
LAP-001-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	38,67
LAP-001-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	38,00
LAP-001-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	37,83
LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	51,00
LAP-002-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	36,17
LAP-002-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	36,50
LAP-002-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	37,00
LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	51,33

LAP-003-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	36,67
LAP-003-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	36,67
LAP-003-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	35,00
LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	49,33
Significancia estadística	Variedades	ns
	Fungicidas y dosis	**
	Variedades*Fungicidas y dosis	ns
Coefficiente de variación (%)		10,10

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

** Altamente significativo ($p < 0,01$), ns: No significativo ($p > 0,05$).

4.1.4. Severidad de *R. solani*

En la Tabla 6 se presenta la severidad de *R. solani* como respuesta a los tratamientos estudiados.

Respecto a las variedades, la severidad varió entre 38,25 % y 39,75 %, siendo el mayor valor registrado en LAP-002-2020. La diferencia de los valores evidenciados no presentó diferencia estadística.

Los tratamientos con fungicidas presentaron severidades entre el 34,11 % y 39,56 %. La menor afectación por *R. solani* se observó en el tratamiento Propiconazol (500 ml ha⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha⁻¹) (B3), el mismo que es comúnmente empleado por los productores de la zona. La diferencia de severidad en los tratamientos con fungicidas no fue significativa ($p > 0,05$).

En tanto que, las plantas sin aplicación de fungicidas presentaron mayor porcentaje de severidad con 43,67 %. Sin embargo, los valores observados entre parcelas tratadas y no tratadas no fueron diferentes ($p > 0,05$).

La severidad en la interacción variedad con fungicidas y dosis no fue diferente entre sí ($p > 0,05$). Las variedades LAP-002-2020 y LAP-003-2020 con la aplicación del tratamiento

B3 mostraron menor severidad con 33,00 %. Este valor fue inferior a los demás tratamientos con fungicidas, incluyendo las parcelas sin tratar.

Tabla 6. Severidad de *R. solani* en función a variedades y fungicidas.

Variedades	Fungicidas y dosis	Severidad de <i>R. solani</i> (%)
LAP-001-2020	-	39,75
LAP-002-2020	-	38,25
LAP-003-2020	-	39,42
-	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	39,22
-	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	39,56
-	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	34,11
-	(B4) Sin aplicación de fungicidas	43,67
LAP-001-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	36,00
LAP-001-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	43,33
LAP-001-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	36,33
LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	43,33
LAP-002-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	44,00
LAP-002-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	41,00
LAP-002-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	33,00

LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	35,00
LAP-003-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	37,67
LAP-003-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	34,33
LAP-003-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	33,00
LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	52,67
Significancia estadística	Variedades	ns
	Fungicidas y dosis	ns
	Variedades*Fungicidas y dosis	ns
Coefficiente de variación (%)		15,39

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

ns: No significativo ($p > 0,05$).

4.1.5. Eficacia de los fungicidas

Respecto a la eficacia de los fungicidas para el combate de *G. graminis*, en la Figura 1 se observa que el mayor porcentaje de control se obtuvo en el tratamiento B2 con 17,49 %, seguido por B1 con 13,25 %. La diferencia en los valores obtenidos en los diferentes tratamientos y dosis, no fue significativa ($p > 0,05$). El coeficiente de variación fue 36,14 %.

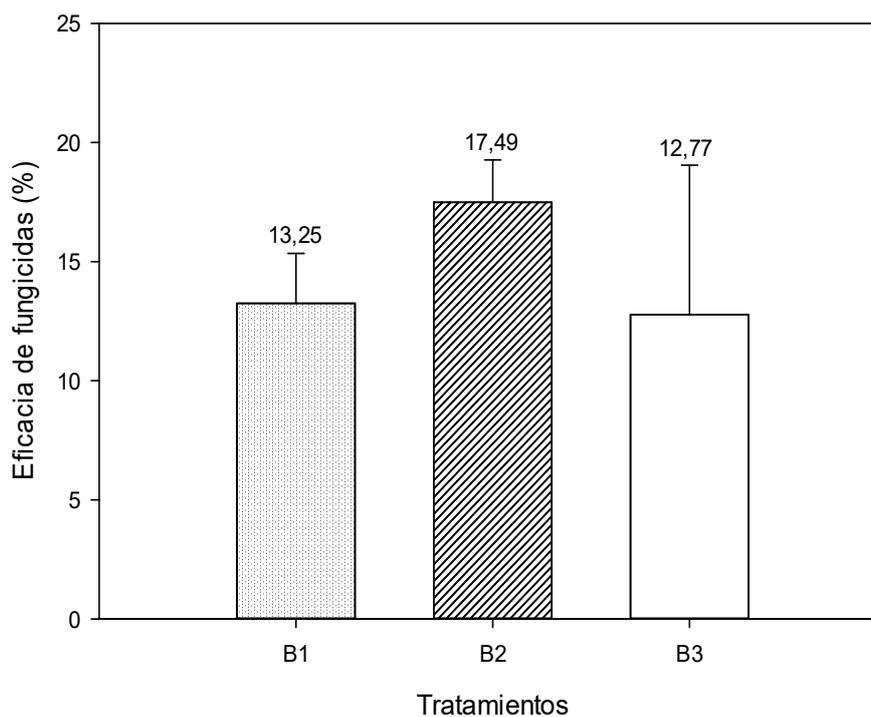
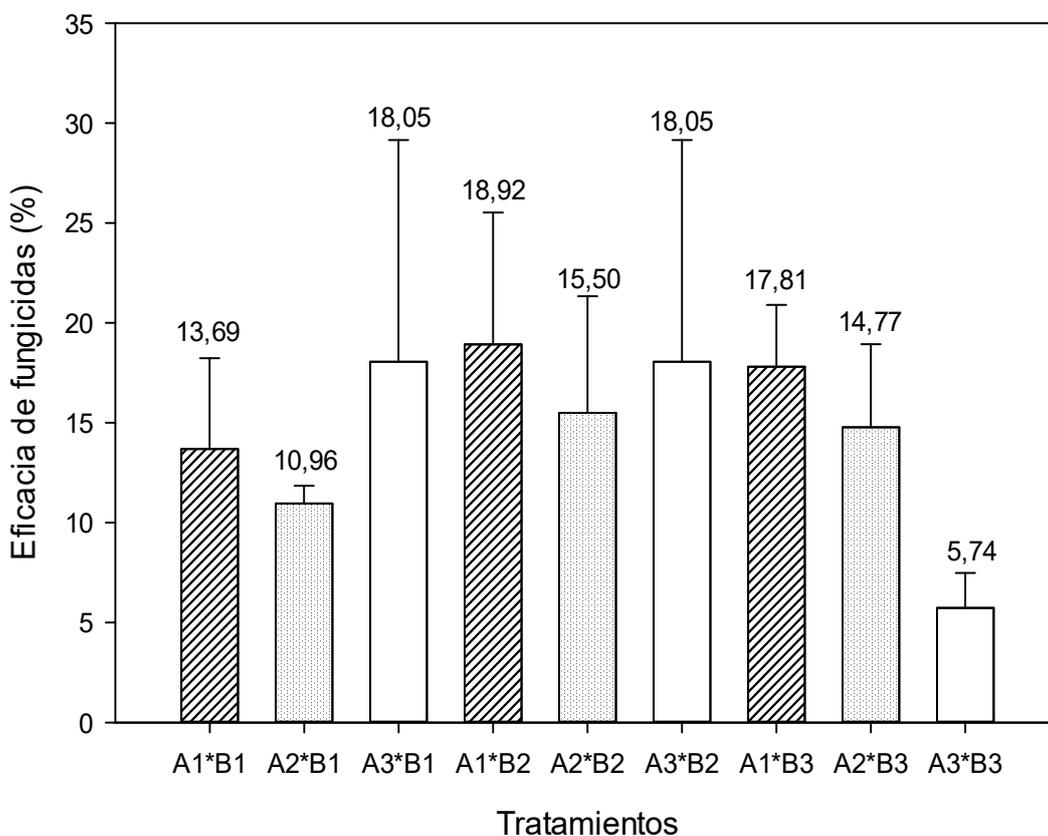


Figura 1. Eficacia de fungicidas y dosis en el control de *G. graminis*. En donde: **B1**= Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), **B2**= Renaste (300 ml ha⁻¹) + Serenade (1000 ml ha⁻¹) + Timorex (1500 ml ha⁻¹), **B3**= Propiconazol (500 ml ha⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha⁻¹), **B4**= Sin aplicación de fungicidas. Las barras de error demuestran el desvío estándar.

En la interacción variedades y fungicidas (Figura 2) se observa que el tratamiento B2 aplicado en las variedades LAP-001-2020 y LAP-003-2020 se obtuvo el mayor porcentaje de control con 18,92 % y 18,05 %, en su orden.

Sin embargo, este mismo tratamiento (B2) aplicado en la variedad LAP-002-2020 presentó 15,50 % de eficacia, siendo este valor superior a 10,96 % y 14,77 % registrado en el tratamiento B1 y B3, respectivamente.

Por otro lado, en la variedad LAP-001-2020, el tratamiento B3 presentó mayor eficacia (17,81 %) en relación al porcentaje de control observado en las variedades LAP-002-2020 (14,77 %) y LAP-003-2020 (5,74 %). Entretanto, la diferencia encontrada en las



variedades en función a los tratamientos con fungicidas no fue estadísticamente diferentes ($p>0,05$).

Figura 2. Interacción variedades con fungicidas en el control de *G. graminis*. En donde: **A1**= LAP-001-2020, **A2**= LAP-002-2020, **A3**= LAP-003-2020, **B1**= Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), **B2**= Renaste (300 ml ha⁻¹) + Serenade (1000 ml ha⁻¹) + Timorex (1500 ml ha⁻¹), **B3**= Propiconazol (500 ml ha⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha⁻¹), **B4**= Sin aplicación de fungicidas. Las barras de error demuestran el desvío estándar.

El porcentaje de control de *R. solani* en función a los tratamientos estudiados, en la Figura 3 se observa que el tratamiento B3 presentó 27,60 % de eficacia. Los tratamientos B2 y B1 mostraron 26,80 % y 26,46 %, respectivamente. Estos valores comparados entre sí, no fueron diferentes ($p>0,05$). El coeficiente de variación fue 22,08 %.

La interacción variedades con fungicidas no presentó diferencia significativa ($p>0,05$). Sin embargo, en la Figura 4 se observa que en la variedad LAP-002-2020 el tratamiento B1 registró el 29,49 % de control. Este resultado se aproxima a los valores obtenidos en el tratamiento B2 (28,99 %) y B3 (27,99 %) en el mismo material genético.

Mientras que, en las variedades LAP-001-2020 y LAP-003-2020, los tratamientos con fungicidas presentaron eficacias entre 24,05 % y 29 %. Los valores registrados no fueron diferentes entre sí ($p>0,05$).

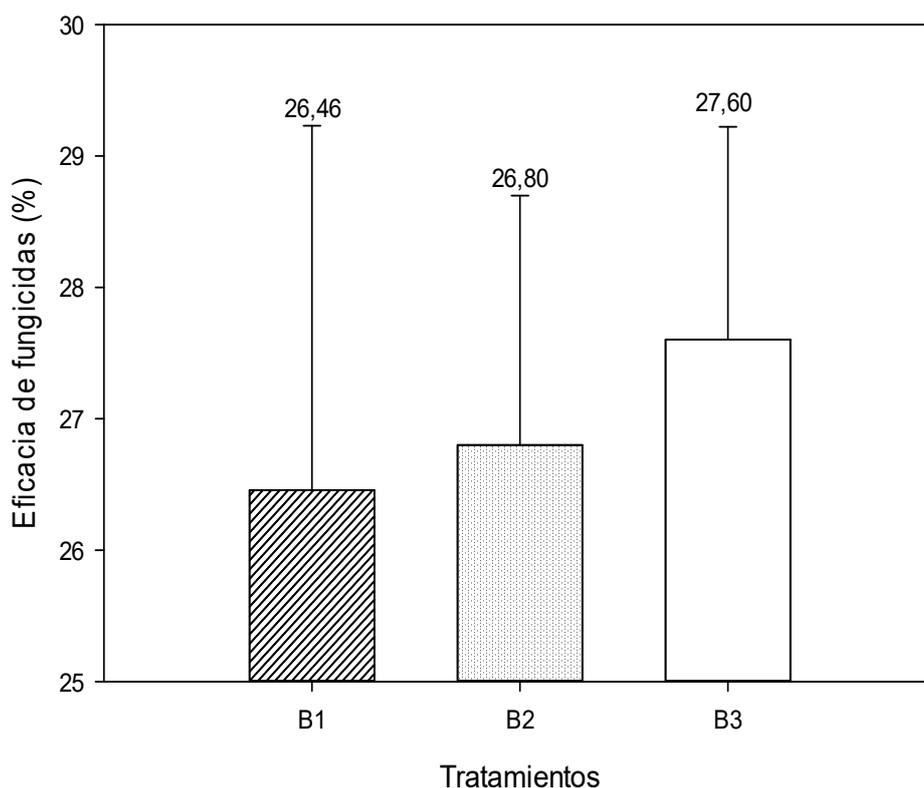


Figura 3. Eficacia de fungicidas y dosis en el control de *R. solani*. En donde: **B1**= Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), **B2**= Renaste (300 ml ha⁻¹) + Serenade (1000 ml ha⁻¹) + Timorex (1500 ml ha⁻¹), **B3**= Propiconazol (500 ml ha⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha⁻¹), **B4**= Sin aplicación de fungicidas. Las barras de error demuestran el desvío estándar.

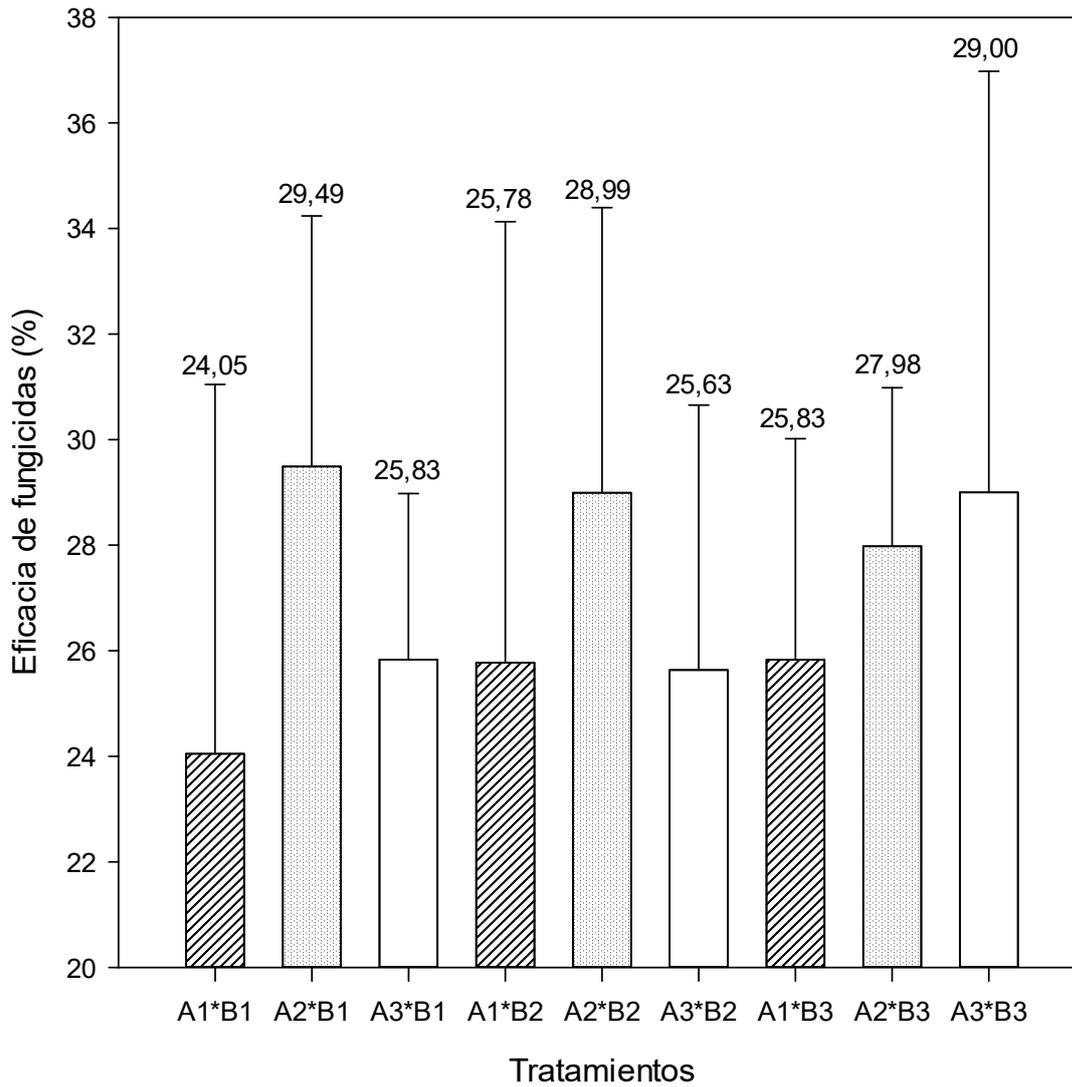


Figura 4. Interacción de variedades con fungicidas en el control de *R. solani*. En donde: **A1**= LAP-001-2020, **A2**= LAP-002-2020, **A3**= LAP-003-2020, **B1**= Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), **B2**= Renaste (300 ml ha⁻¹) + Serenade (1000 ml ha⁻¹) + Timorex (1500 ml ha⁻¹), **B3**= Propiconazol (500 ml ha⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha⁻¹), **B4**= Sin aplicación de fungicidas. Las barras de error demuestran el desvío estándar.

4.1.6. Altura de planta

En la Tabla 7 se presentan los resultados de la variable altura de planta como respuesta a los tratamientos estudiados.

En las variedades, la altura de planta fue mayor en LAP-002-2020 con 1,11 m y fue diferente ($p < 0,01$) de los valores registrados en LAP-003-2020 (1,00 m) y LAP-001-2020 (0,99 m).

Respecto a los fungicidas y dosis, la altura de planta fue mayor en las parcelas sin aplicar fungicidas con 1,06 m. Mientras que, con 1,01 m el tratamiento B2 presentó plantas con menor tamaño.

La diferencia encontrada en los tratamientos y parcelas sin aplicar no fue significativa ($p > 0,05$) comparándolas entre sí.

En la interacción variedades con fungicidas, la altura de planta estuvo entre 0,96 m y 1,14 m, siendo el mayor valor registrado en LAP-002-2020 con la aplicación de B1. En la misma variedad se observó plantas con una media de 1,11 m de altura sin la aplicación de tratamiento.

La variación de altura de plantas en función a las variedades y fungicidas no fue diferente estadísticamente.

Tabla 7. Altura de planta en función a los tratamientos estudiados.

Variedades	Fungicidas y dosis	Altura de planta (m)
LAP-001-2020	-	0,99 b
LAP-002-2020	-	1,11 a
LAP-003-2020	-	1,00 b
-	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	1,04
-	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	1,01
-	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	1,02
-	(B4) Sin aplicación de fungicidas	1,06
LAP-001-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	1,01
LAP-001-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	0,97
LAP-001-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	0,96
LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	1,02
LAP-002-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	1,14
LAP-002-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	1,07
LAP-002-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	1,10
LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	1,11
LAP-003-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	1,00
LAP-003-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	1,00
LAP-003-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	0,99
LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	1,04
Significancia estadística	Variedades	**
	Fungicidas y dosis	ns
	Variedades*Fungicidas y dosis	ns
Coefficiente de variación (%)		5,12

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. ** Altamente significativo ($p < 0,01$), ns: No significativo ($p > 0,05$)

4.1.7. Número de macollos

En la Tabla 8 se presenta el número de macollos por m^{-2} en función a los tratamientos estudiados.

La variedad LAP-001-2020 reportó el mayor número de macollos con un promedio de 293,92 seguido por LAP-003-2020 con 286,08. Los valores encontrados en esta variable no presentaron diferencia significativa ($p>0,05$).

Respecto a los tratamientos con fungicidas, en las parcelas sin aplicación de fungicidas reportaron una media de 306,67 macollos m^{-2} . El tratamiento B1 y B2 con presentaron 289,67 y 280,56 macollos respectivamente.

En el tratamiento B3 se contabilizaron 277,67 macollos m^{-2} . Este último fue diferente ($p>0,05$) apenas del valor registrado en las parcelas sin aplicación de fungicidas.

En la interacción variedades con fungicidas, los mayores números de macollos m^{-2} fueron observados en el material genético LAP-001-2020 sin la aplicación de fungicidas con 316,33, en LAP-002-2020 con el tratamiento B3 con 309,67 y LAP-003-2020 sin la aplicación de fungicidas con 306,00.

Estos valores comparados entre sí, no presentaron diferencia significativa.

El menor número de macollos m^{-2} se reportó en la variedad LAP-002-2020 con la aplicación de B2 con 261,33. Este valor fue similar ($p>0,05$) a los macollos reportados m^{-2} en LAP-003-2020 con B3 (261,67), LAP-001-2020 con B3 (261,67), LAP-003-2020 con B1 (267,67) y LAP-002-2020 con B1 (275,00). Sin embargo, fue diferente ($p<0,01$) de los demás.

Tabla 8. Número de macollos en función a los tratamientos estudiados.

Variedades	Fungicidas y dosis	Número de macollos m ⁻²
LAP-001-2020	-	293,92
LAP-002-2020	-	285,92
LAP-003-2020	-	286,08
-	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	280,56 ab
-	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	289,67 ab
-	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	277,67 b
-	(B4) Sin aplicación de fungicidas	306,67 a
LAP-001-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	299,67 a
LAP-001-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	298,00 a
LAP-001-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	261,67 b
LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	316,33 a
LAP-002-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	275,00 b
LAP-002-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	261,33 b
LAP-002-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	309,67 a
LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	297,67 a
LAP-003-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	267,67 b
LAP-003-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	309,67 a
LAP-003-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	261,67 b
LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	306,00 a
Significancia estadística	Variedades	ns
	Fungicidas y dosis	**
	Variedades*Fungicidas y dosis	**
Coefficiente de variación (%)		3,13

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. **: Altamente significativo ($p < 0,01$), ns: No significativo ($p > 0,05$).

4.1.8. Número de panículas

En la Tabla 9 se presenta el número de panículas m^{-2} en función a los tratamientos estudiados.

En esta variable, las variedades reportaron un promedio de panículas que varió entre 275,53 y 282,56, mismo que fueron encontrados en LAP-002-2020 y LAP-001-2020, respectivamente. La diferencia no fue significativa ($p>0,05$).

En relación a los tratamientos con fungicidas y dosis, los tratamientos B4 y B2 alcanzaron el mayor número de panículas m^{-2} con 286,98 y 281,98, en su orden. Estos valores no fueron diferentes entre sí ($p>0,05$). Sin embargo, el valor obtenido en B4 fue diferente ($p<0,05$) de B1 (273,05) y B3 (270,22).

En la interacción variedades con fungicidas y dosis, se observó que la variedad LAP-003-2020 con el tratamiento B2 obtuvo el mayor promedio de panículas m^{-2} con 301,57, seguido por LAP-002-2020 con B3 (301,34), LAP-001-2020 con B4 (293,66), LAP-001-2020 con B1 (291,67), LAP-001-2020 con B2 (290,23), LAP-003-2020 con B4 (288,13) y LAP-002-2020 con B4 (279,03). No obstante, la amplitud en los datos obtenidos no fueron diferentes entre sí ($p>0,05$).

El valor obtenido en los tratamientos LAP-003-2020 con B2 (301,57) y LAP-002-2020 con B3 (301,34) fueron diferentes ($p<0,01$) del número de panícula m^{-2} obtenido en LAP-002-2020 con B1 (267,62), LAP-003-2020 con B1 (259,879), LAP-001-2020 con B3 (254,68), LAP-003-2020 con B3 (254,65) y LAP-002-2020 con B2 (254,13).

Las variedades LAP-002-2020 con B2, LAP-001-2020 y LAP-003-2020 combinados con el tratamiento B3 obtuvieron el menor número de panículas m^{-2} .

Tabla 9. Número de panículas en función a los tratamientos estudiados.

Variedades	Fungicidas y dosis	Número de panícula m⁻²
LAP-001-2020	-	282,56
LAP-002-2020	-	275,53
LAP-003-2020	-	276,06
-	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	273,05 b
-	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	281,98 ab
-	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	270,22 b
-	(B4) Sin aplicación de fungicidas	286,94 a
LAP-001-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	291,67 ab
LAP-001-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	290,23 abc
LAP-001-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	254,68 d
LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	293,66 ab
LAP-002-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	267,62 bcd
LAP-002-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	254,13 d
LAP-002-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	301,34 a
LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	279,03 abcd
LAP-003-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	259,87 cd
LAP-003-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	301,57 a
LAP-003-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	254,65 d
LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	288,13 abc
Significancia estadística	Variedades	ns
	Fungicidas y dosis	*
	Variedades*Fungicidas y dosis	**
Coefficiente de variación (%)		3,79

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. **: Altamente significativo ($p < 0,01$), * significativo ($p < 0,05$), ns: No significativo ($p > 0,05$).

4.1.9. Grano por panícula

Respecto a las variedades, en la Tabla 10 se observa que LAP-002-2020 presentó el mayor número de granos panícula⁻¹ con 158,57, seguido por LAP-003-2020 con 147,80. Siendo LAP-001-2020 el material genético que presentó menor número de granos. Estos valores comparados entre sí, fueron diferentes estadísticamente ($p < 0,01$).

En los tratamientos con fungicidas y dosis, el número de granos panícula⁻¹ fluctuó entre 142,49 y 150,06. El mayor valor fue registrado en el tratamiento B1.

En la interacción variedades con fungicidas, la media de granos panícula⁻¹ estuvo entre 125,07 y 164,20. Sin embargo, la mayor cantidad de granos se obtuvo con la variedad LAP-002-2020 combinado con los tratamientos de fungicidas y dosis, además del testigo absoluto. Los valores encontrados no son diferentes entre sí ($p > 0,05$).

Por otro lado, en la variedad LAP-001-2020 combinado con los tratamientos fungicidas, se obtuvo valores superiores al encontrado en las parcelas sin aplicar fungicidas. La diferencia entre tratamientos no fue significativa ($p > 0,05$).

La variedad LAP-003-2020 combinada con B1 presentó mayor número de granos con 156,13. Sin embargo, este mismo material genético combinado con B3 presentó 136,33 granos panícula⁻¹. Estos valores son diferentes ($p < 0,05$) comparándolos entre sí.

Tabla 10. Granos por panículas en función a los tratamientos estudiados.

Variedades	Fungicidas y dosis	Granos panícula⁻¹
LAP-001-2020	-	131,38 c
LAP-002-2020	-	158,57 a
LAP-003-2020	-	147,80 b
-	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	150,06
-	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	144,97
-	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	142,49
-	(B4) Sin aplicación de fungicidas	146,18
LAP-001-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	135,00 bc
LAP-001-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	130,00 c
LAP-001-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	135,47 bc
LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	125,07 c
LAP-002-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	159,03 a
LAP-002-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	155,40 a
LAP-002-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	155,67 a
LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	164,20 a
LAP-003-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	156,13 a
LAP-003-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	149,50 ab
LAP-003-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	136,33 bc
LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	149,27 ab
Significancia estadística	Variedades	**
	Fungicidas y dosis	ns
	Variedades*Fungicidas y dosis	*
Coefficiente de variación (%)		4,13

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. **: Altamente significativo ($p < 0,01$), *: Significativo ($p < 0,05$), ns: No significativo ($p > 0,05$)

4.1.10. Granos vanos

Respecto al % de granos vanos, en la Figura 5 A se observa que hubo diferencia significativa ($p < 0,01$) en las variedades estudiadas.

La variedad LAP-003-2020 con 16,14 % presentó el menor número de granos vanos panícula⁻¹. Este valor fue diferente ($p < 0,01$) de 23,04 % y 25,92 % registrados en LAP-002-2020 y LAP-001-2020, respectivamente.

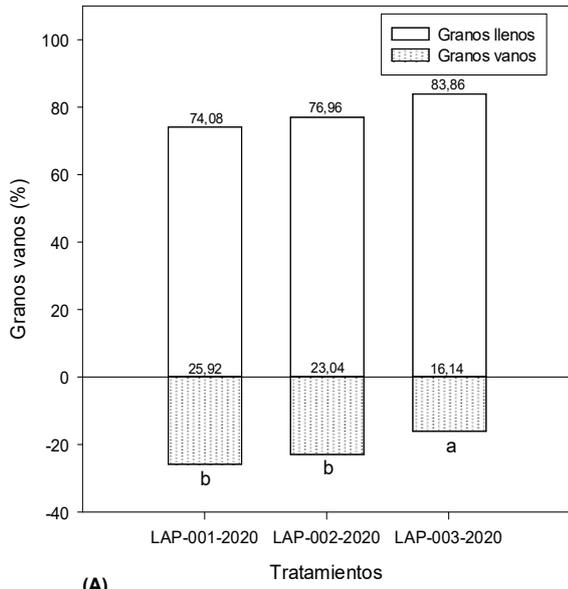
La diferencia obtenida en LAP-002-2020 y LAP-001-2020 no fue significativa ($p > 0,05$). El coeficiente de variación de esta variable fue 15,61 %.

En la Figura 5 B se presenta el % de granos vanos, como respuesta a los tratamientos con fungicidas y dosis.

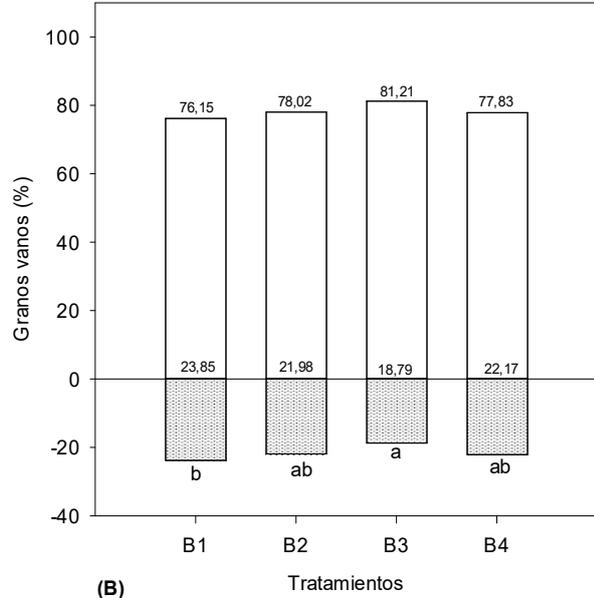
En esta variable se observa que el número de granos vanos panícula⁻¹ varió entre 18,79 % y 23,85 %. El menor valor se observó en el tratamiento B3, el mismo que fue diferente ($p < 0,05$) de B1 que presentó el 23,85 % de granos vanos. El testigo absoluto reportó 22,17 % de vaneamiento, sin embargo, este valor no fue diferente ($p > 0,05$) de los demás.

En la interacción variedades con fungicidas y dosis (Figura 5 C), la variedad LAP-003-2020 sin aplicación de fungicidas presentó 14,68 % de granos vanos, seguido por LAP-003-2020 con B2 (15,66 %), LAP-003-2020 con B1 (16,26 %) y LAP-001-2020 con B3 (16,28 %). Los valores alcanzados en estos tratamientos no fueron diferentes ($p > 0,05$) entre sí.

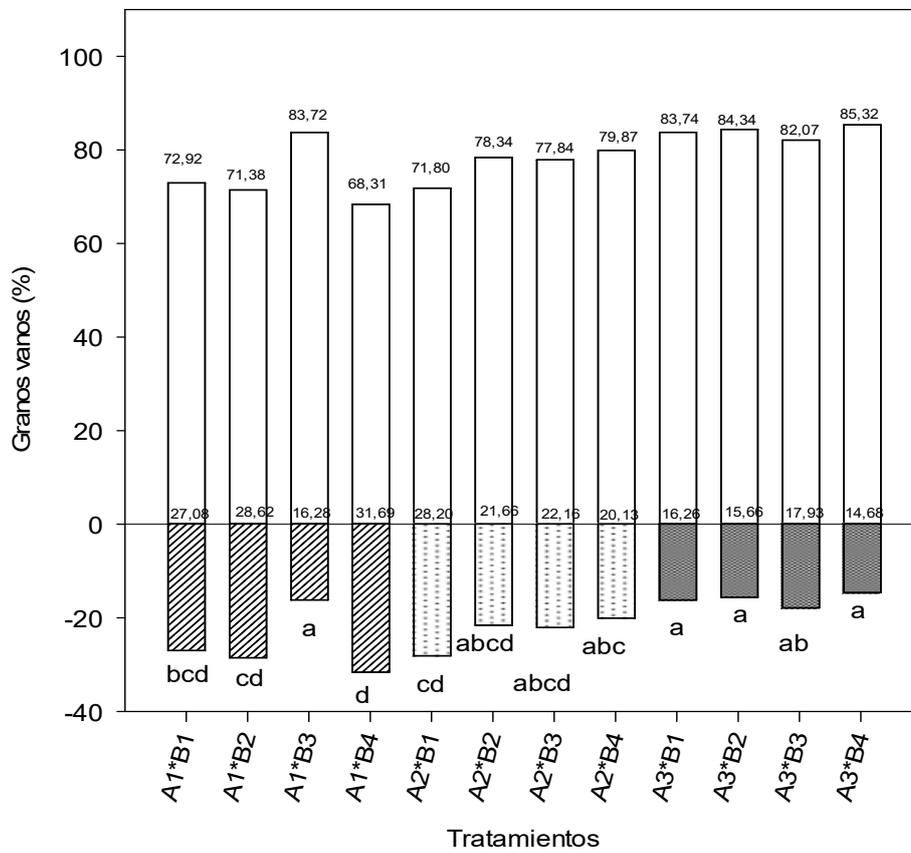
No obstante, estos, presentaron diferencia significativa ($p < 0,01$) con los tratamientos LAP-001-2020 con B1, LAP-002-2020 con B1, LAP-001-2020 con B2 y LAP-001-2020 sin aplicar fungicidas, los mismos que presentaron 27,08 %, 28,20 %, 28,62 % y 31,69 % de granos vanos panícula⁻¹, respectivamente.



(A)



(B)



(C)

Figura 5. Granos vanos (%) y granos llenos (%) en las variedades (A), tratamientos con fungicidas y dosis (B) e interacción variedades con fungicidas y dosis (C). En donde: **A1**= LAP-001-2020, **A2**= LAP-002-2020, **A3**= LAP-003-2020, **B1**= Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), **B2**= Renaste (300 ml ha⁻¹) + Serenade (1000 ml ha⁻¹) + Timorex (1500 ml ha⁻¹), **B3**= Propiconazol (500 ml ha⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha⁻¹), **B4**= Sin aplicación de fungicidas. Barras con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

4.1.11. Peso de 1000 granos

En la Tabla 11 se presentan los pesos de 1000 granos como respuesta a los tratamientos estudiados.

En esta variable, las variedades reportaron peso promedio entre 25,50 g y 26,95 g. Estos valores fueron registrados en LAP-002-2020 y LAP-003-2020, en su orden. La diferencia entre los pesos 1000 g no fue diferente ($p>0,05$).

Los tratamientos con fungicidas y dosis reportaron una amplitud entre 25,79 g y 26,78 g, siendo el menor valor obtenido en B1, mientras que el mayor peso en 1000 granos se encontró en B3. Esta diferencia de peso no fue significativa entre sí.

El factor fungicidas y dosis no influyeron en el peso del grano. Es decir, en este factor se observó una tendencia similar a la encontrada en el factor variedades.

En la interacción variedades con fungicidas y dosis, LAP-001-2020 sin la aplicación de tratamientos reportó el mayor peso de 1000 granos con 27,67 g, seguido por LAP-001-2020 con la aplicación de B3 con un peso de 27,33 g. La variedad LAP-001-2020 con la aplicación de B2 y LAP-002-2020 con B3 alcanzaron ambos tratamientos un peso de 27,00 g.

Por otro lado, la variedad LAP-001-2020 y LAP-002-2020 con la aplicación de B1 obtuvieron un valor muy próximo a LAP-003-2020 sin aplicación de fungicidas.

La diferencia encontrada entre tratamientos en la interacción de los factores no fue significativa ($p>0,05$).

Tabla 11. Peso de 1000 granos como respuesta a los tratamientos estudiados.

Variedades	Fungicidas y dosis	Peso de 1000 granos (g)
LAP-001-2020	-	26,50
LAP-002-2020	-	26,95
LAP-003-2020	-	25,50
-	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	25,79
-	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	26,37
-	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	26,78
-	(B4) Sin aplicación de fungicidas	26,33
LAP-001-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	25,33
LAP-001-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	27,00
LAP-001-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	27,33
LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	26,33
LAP-002-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	26,71
LAP-002-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	26,43
LAP-002-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	27,00
LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	27,67
LAP-003-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	25,33
LAP-003-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	25,67
LAP-003-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	26,00
LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	25,00
Significancia estadística	Variedades	ns
	Fungicidas y dosis	ns

Variedades*Fungicidas y dosis	ns
Coefficiente de variación (%)	5,55

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p>0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. ns: No significativo ($p>0,05$).

4.1.12. Producción

En la Tabla 12 se presenta la producción (kg ha^{-1}) de los tratamientos estudiados.

En esta variable, las variedades reportaron rendimientos entre 5192,32 kg y 6395,67 kg. Siendo la variedad LAP-003-2020 la que presentó mayor producción por unidad de superficie. El valor alcanzado en este material genético fue diferente ($p<0,01$) a los encontrados en LAP-002-2020 y LAP-001-2020. Estos últimos fueron similares ($p>0,05$) entre sí.

En el factor fungicidas y dosis, la mayor producción se obtuvo en los tratamientos B3 y B1 con 5968,98 kg y 5786,79 kg, respectivamente. Estos valores no fueron diferentes ($p>0,05$) entre sí. El valor obtenido en B3 fue diferente de B2 (5231,15 kg) y del testigo absoluto (5500,44 kg).

En la interacción variedades con fungicidas y dosis, el material genético LAP-003-2020 combinado con los tratamientos B3, B1 y B2 reportaron la mayor producción ha^{-1} con 6891,73 kg, 6749,49 kg y 6257,44 kg, respectivamente. Sin embargo, la producción de variedad LAP-003-2020 con el tratamiento B1 no fue diferente ($p>0,05$) del testigo absoluto (5684,00 kg).

En los tratamientos LAP-001-2020 con B2, LAP-002-2020 con B2 y LAP-001-2020 con B1 se obtuvo la menor producción ha^{-1} con 4692,05 kg, 4743,95 kg y 4804,05 kg, en su orden. Estos valores no fueron diferentes ($p>0,05$) con la producción obtenida en los testigos absolutos de ambos materiales.

Tabla 12. Producción como respuesta a los tratamientos estudiados.

Variedades	Fungicidas y dosis	Producción (kg ha⁻¹)
LAP-001-2020	-	5192,32 b
LAP-002-2020	-	5277,53 b
LAP-003-2020	-	6395,67 a
-	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	5786,79 ab
-	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	5231,15 c
-	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	5968,98 a
-	(B4) Sin aplicación de fungicidas	5500,44 bc
LAP-001-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	4804,05 d
LAP-001-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	4692,05 d
LAP-001-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	5818,40 bc
LAP-001-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	5454,77 bcd
LAP-002-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	5806,83 bc
LAP-002-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	4743,95 d
LAP-002-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	5196,80 cd
LAP-002-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	5362,56 cd
LAP-003-2020	(B1) Renaste (150 ml ha ⁻¹) + Serenade (500 ml ha ⁻¹) + Timorex (1000 ml ha ⁻¹)	6749,49 a
LAP-003-2020	(B2) Renaste (300 ml ha ⁻¹) + Serenade (1000 ml ha ⁻¹) + Timorex (1500 ml ha ⁻¹)	6257,44 ab
LAP-003-2020	(B3) Propiconazol (500 ml ha ⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha ⁻¹)	6891,73 a
LAP-003-2020	(B4) Sin aplicación de fungicidas	5684,00 bc
Significancia estadística	Variedades	**
	Fungicidas y dosis	**

Coefficiente de variación (%)	4,87
--------------------------------------	------

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad. **: Altamente significativo ($p < 0,01$).

4.2. Pruebas estadísticas aplicadas

Para medir el efecto de los factores A (variedades) y B (fungicidas y dosis), además del efecto de la interacción A*B, se empleó el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial.

De esta manera, se logró evaluar el comportamiento de las variedades LAP-001-2020, LAP-002-2020 y LAP-003-2020 a la incidencia y severidad de *R. solani* y *G. graminis* y el efecto en las variables biométricas en el cultivo de arroz. Además, estos materiales genéticos en combinación con todos los tratamientos de fungicidas y dosis, se logró determinar la eficacia de los defensivos agrícolas y los efectos en las variables de producción en el cultivo.

Para medir el efecto entre los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad. Esta prueba permitió la comparación todos los tratamientos ya sea dentro (factor A y Factor B, de manera independiente) y entre grupos (combinación A*B).

Para determinar la relación entre las variables evaluadas, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r), el mismo que permitió medir el grado de correlación lineal entre variables cuantitativas. Por tanto, r es un índice adimensional con valores situados entre -1 y 1, el mismo que refleja la intensidad de una relación entre dos conjuntos de datos.

Por tanto:

$r = -1$ significa una correlación negativa perfecta entre dos variables. La cual indica que, si una variable aumenta, la otra siempre disminuye.

$r=0$ significa que las dos variables no dependen linealmente una de la otra.

$r=1$ significa que existe una relación perfecta entre las dos variables.

4.3. Análisis e interpretación de datos

En la Tabla 13 se presentan los coeficientes de Pearson (r) de las variables y su comportamiento entre sí, en función a los tratamientos estudiados.

Respecto a los componentes de rendimiento del cultivo de arroz, en esta investigación se observó que el número de macollos presentó una relación débil positiva con la producción. No obstante, un cultivar bajo las condiciones ideales, el número de macollos representa el número de panículas fértiles.

En este contexto, el número de panículas y macollos m^{-2} están estrechamente relacionados ($r=0,97$, $p<0,01$), sin embargo, en este estudio, las variedades evaluadas no se presentaron diferencia significativa entre ellas. Además, la variable número de macollos y panículas en los tratamientos evaluados demostraron una correlación débil ($r=0,35$; $p>0,05$ y $r=0,36$; $p>0,05$) con la producción.

Sin embargo, la producción presentó una relación débil negativa con la incidencia ($r = -0,20$; $p>0,05$) y severidad ($r = -0,24$; $p>0,05$) de *R. solani*, tal efecto debe estar relacionado al grado de incidencia y afectación de las funciones fisiológicas de la planta durante las etapas fenológicas del cultivo. Una tendencia similar fue observada entre la variable producción y severidad de *G. graminis*.

Respecto a la incidencia de *R. solani*, se observa una correlación fuerte positiva ($r= 0,75$; $p<0,05$) con la incidencia de *G. graminis*. Lo cual indica que el uso de fungicidas podría minimizar la merma en la producción, una vez que en este estudio se observó una relación

directa negativa ($r = -0,55$; $p > 0,05$) entre la incidencia de *G. graminis* y el número de granos panícula⁻¹, tal como se muestra en la Tabla 3 y Tabla 10, en donde, las variedades LAP-001-2020, LAP-002-2020 y LAP-003-2020 combinadas con los fungicidas y dosis, presentaron menor incidencia de la enfermedad, en relación al testigo absoluto.

No obstante, en el número de granos panícula⁻¹, la variedad LAP-002-2020 en combinación con los tratamientos con fungicidas y dosis, destacó en esta variable.

La producción presentó una relación fuerte negativa ($r = -0,57$; $p < 0,05$) con el vaneamiento de la panícula (Tabla 12, Figura 6). Además, esta última variable presentó una relación directa ($r = 0,46$; $p > 0,05$) con la severidad de *G. graminis*.

La alta incidencia de patógenos en el cultivo de arroz podría afectar significativamente en los rendimientos, sin embargo, en este estudio no se observó una relación entre vaneamiento del grano y la incidencia de *G. graminis* y *R. solani*.

Tabla 13. Coeficiente de correlación y probabilidad entre variables.

Variables	Ge	Pa	Gv	Pm	Prod	IR	SR	IG	SG	ER	EG	M
Ap	0,35 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,50 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,26 ^{ns}
Ge	-	-0,14 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,03 ^{na}	-0,09 ^{ns}	-0,55 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,49 ^{ns}
Pa		-	0,29 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,97 ^{**}
Gv			-	0,26 ^{ns}	-0,57 [*]	0,12 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,46 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Pm				-	-0,33 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,45 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
Prod					-	-0,20 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,35 ^{ns}
IR						-	0,43 ^{ns}	0,75 [*]	0,16 ^{ns}	-0,99 ^{**}	-0,82 ^{**}	0,25 ^{ns}
SR							-	0,37 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,44 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,17 ^{ns}
IG								-	0,30 ^{ns}	-0,78 [*]	-0,77 [*]	0,36 ^{ns}
SG									-	-0,23 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,05 ^{ns}
ER										-	0,84 ^{**}	-0,50 ^{ns}
EG											-	-0,29 ^{ns}
M												-

Ap= altura de planta, Ge= granos panícula⁻¹, Pa= panículas m⁻², Gv= granos vanos, Pm= peso 1000 granos, Prod= producción, IR= incidencia de *Rhizoctonia solani*, SR= severidad *R. solani*, IG= incidencia de *Gaeumannomyces graminis*, SG= severidad de *G. graminis*, ER= eficacia en *R. solani*, EG= eficacia en *G. graminis*. M= número de macollos.

ns= no significativo ($p > 0,05$), *= significativo ($p < 0,05$), ** = altamente significativo ($p < 0,01$).

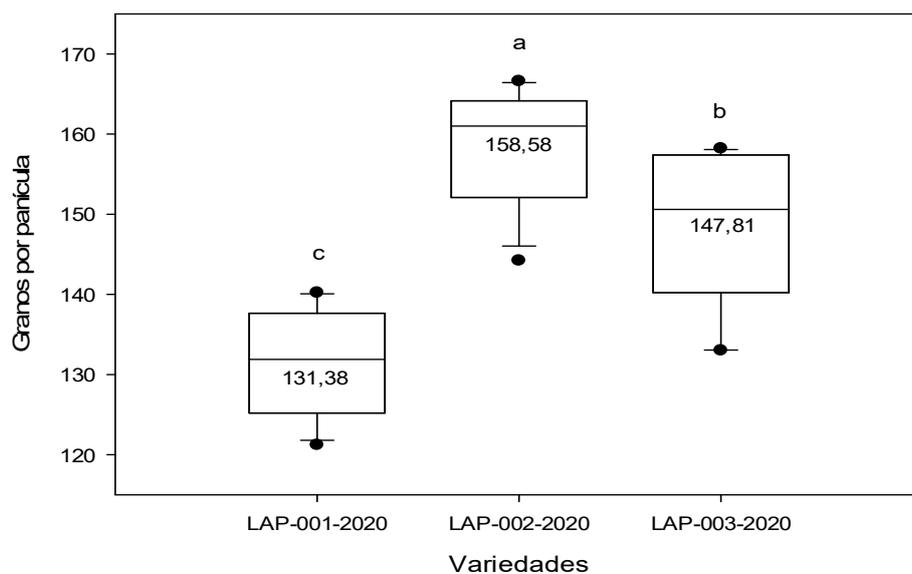


Figura 6. Producción de granos por espigas en las variedades estudiadas. Cajas con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) según la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

4.4. Discusión de Resultados

El cultivo de arroz es afectado por varias enfermedades causadas por hongos durante sus etapas fenológicas. Entre ellos, *G. graminis* se manifiesta con lesiones necróticas de color pardo oscuro a negro en el sistema radicular y base del tallo (Martínez et al., 2014a). Mientras que *R. solani* se presenta con manchas necróticas color verde grisáceo de forma elíptica, cuando las lesiones se juntan causan favorecen el acame de las plantas (Vivas & Intriago, 2012).

En este estudio se observó la presencia de estos patógenos en todos los tratamientos estudiados. Sin embargo, los tratamientos con fungicidas y dosis mostraron menor incidencia en relación al testigo absoluto, tanto para *G. graminis* y *R. solani*.

Situación similar fue observada en la interacción entre variedades y fungicidas, en donde, las variedades LAP-001-2020, LAP-002-2020 y LAP-003-2020, combinadas con los fungicidas y dosis presentaron menor incidencia de ambos patógenos en comparación con los tratamientos sin aplicación de fungicidas. En este escenario, la incidencia de *G. graminis* en el testigo absoluto fue superior al 24 %, mientras que *R. solani* superó el 50 %. El comportamiento de estos patógenos frente a los tratamientos evaluados, puede estar relacionado al uso intensivo del suelo (monocultivo), mal manejo de residuos de cosecha, bajas temperaturas, alta humedad relativa, entre otros factores. Los mismos que

contribuyen a la reproducción del patógeno en las áreas de producción de arroz bajo condiciones de riego (Martínez et al., 2014b; Vivas & Intriago, 2012).

Por otro lado, la severidad *G. graminis* fue menor (17,00 %) en la variedad LAP-002-2020 con la aplicación de Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), frente al testigo absoluto que presentó 23,67 % de severidad. Las variedades LAP-001-2020 y LAP-003-2020 con la aplicación de los fungicidas presentaron afectaciones muy cercanas a las reportadas en el testigo absoluto.

Respecto a la severidad de *R. solani*, la variedad LAP-003-2020 con la aplicación de Propiconazol (500 ml ha⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha⁻¹) reportó 33,00 % de afectación por este patógeno, severidad muy próxima (34,33 %) fue observada en este material genético con la aplicación de Renaste (300 ml ha⁻¹) + Serenade (1000 ml ha⁻¹) + Timorex (1500 ml ha⁻¹), frente al testigo absoluto que registró 52,67 % de daños.

La incidencia y severidad tanto de *G. graminis* y *R. solani* es mayor en climas tropicales, principalmente en variedades susceptibles que demandan altos niveles de fertilizantes nitrogenados y presentan alta capacidad de macollamiento (Ludwig et al., 2009; Vivas & Intriago, 2012). Sin embargo, el uso de fungicidas triazoles (Propiconazol, Tebuconazol y otros) ha sido una de las soluciones a corto plazo más empleadas durante años para el control de hongos del suelo (Salman & Abuamsha, 2012).

En la actualidad, la combinación de fungicidas de síntesis química con agentes antagonistas y extractos vegetales, se ha vuelto más frecuente en las estrategias integrales para minimizar los daños por enfermedades en el cultivo de arroz. No obstante, en este trabajo de investigación, los resultados obtenidos en la incidencia de *G. graminis* y *R. solani* y severidad de *R. solani* (Tabla 3, Tabla 5, Tabla 6) indican que, el uso correcto de fungicidas ecológicos durante las etapas fenológicas del cultivo puede ser considerado una estrategia esencial en el manejo de enfermedades fungosas ($r= 0,75$; $p<0,05$).

Además, el uso de estas herramientas puede ofrecer un control a mediano y largo plazo una vez que los agentes antagonistas pueden producir metabolitos que afecten las estructuras de *G. graminis* y *R. solani*. Logrando obtener resultados favorables, en relación a los obtenidos mediante la aplicación apenas de fungicidas de síntesis química (Boukaew et al., 2013; Harish et al., 2008).

Respecto a la eficacia de los fungicidas en el control de *G. graminis* y *R. solani*, el tratamiento usualmente empleado por los agricultores (Propiconazol y Tebuconazol), junto a los tratamientos ecológicos en diferentes dosis (Renaste, Serenade y Timorex) no fue superior al 30 %. Sin embargo, la eficacia limitada de los tratamientos indica que la integración de diferentes enfoques de control es necesaria para lograr una supresión satisfactoria de la enfermedad. Considerando que los esclerocios de *R solani* y los conidios de *G. graminis* perduran durante muchos años en el suelo (Boukaew et al., 2013).

Entre las medidas integrales recomendadas para el control de enfermedades destacan: el uso de materiales resistentes o tolerantes, nutrición balanceada, establecimiento de épocas de siembra, rotación de cultivos, uso de microorganismos antagonistas, uso de fungicidas entre otras (Harish et al., 2008; Kumar et al., 2013; Raman & Raman, 2021; Vivas & Intriago, 2012).

De acuerdo a los componentes de producción del cultivo de arroz, el número de macollos y panículas m^{-2} no reportaron una relación fuerte ($r=0,35$; $p>0,05$ y $r=0,36$; $p>0,05$) con la producción. Sin embargo, el porcentaje de vaneamiento fue una limitante en los rendimientos del cultivo, una vez que los daños ocasionados por enfermedades fungosas comprometen la actividad fotosintética, la traslocación de nutrientes y el llenado de grano (Jasrotia et al., 2021).

En este estudio se observó que el menor porcentaje de granos vanos se reportó en la variedad LAP-003-2020, independientemente del tratamiento aplicado. Comportamiento similar se obtuvo en la variedad LAP-001-2020 con la aplicación de Propiconazol y Tebuconazol y se reportó 16,28 % de vaneamiento de la panícula.

En la variable peso de 1000 granos, no se registró diferencias entre tratamientos. Lo cual pone en manifiesto que el número de granos panícula⁻¹ y el porcentaje de vaneamiento causado por factores bióticos (complejo de patógenos, insectos plagas y factores genéticos) y abióticos (baja temperatura, humedad relativa y nubosidad) (Vivas & Intriago, 2012) incidieron directamente ($r= -0,57$; $p<0,05$) con la producción del cultivo de arroz, tal como se observa en la Tabla 10, Tabla 12 y Figura 7.

Por tanto, el uso de fungicidas de síntesis química y fungicidas ecológicos como parte del manejo integral de enfermedades en el cultivo de arroz bajo condiciones de riego podría garantizar mejor calidad y mayor productividad. Una vez que estas herramientas aplicadas

con la dosis, época y frecuencia correcta podrían minimizar el porcentaje de granos vanos, protegiendo así, su calidad física (SOSBAI, 2018).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, se concluye:

- Las variedades LAP-001-2020, LAP-002-2020 y LAP-003-2020 combinadas con los fungicidas y dosis minimizaron la incidencia de *G. graminis* y *R. solani*, respecto al testigo absoluto.
- No hubo diferencia significativa entre tratamientos con fungicidas y dosis aplicados en las variedades evaluadas en la incidencia de *G. graminis* y *R. solani*.
- En las variedades no se obtuvo diferencias entre tratamientos con fungicidas y dosis en la severidad de *R. solani*, pero si se observó leve disminución de daños, en comparación con el testigo absoluto.
- En las variedades evaluadas no se registró eficacia superior al 30 % en tratamientos con fungicidas y dosis, en el control de *G. graminis* y *R. solani*.

- El periodo de persistencia de los fungicidas estudiados no fue superior a los 20 días.
- La variedad LAP-003-2020 con el tratamiento Propiconazol (500 ml ha⁻¹) + Tebuconazol (500 ml ha⁻¹) y LAP-003-2020 con Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), reportó menor porcentaje de granos vanos y mayor producción de arroz.

5.2. Recomendaciones

En base a las conclusiones se recomienda:

- El uso de la variedad LAP-003-2020 y el programa fitosanitario basado en la aplicación de Renaste (150 ml ha⁻¹) + Serenade (500 ml ha⁻¹) + Timorex (1000 ml ha⁻¹), además de integrar otras prácticas de manejo que permitan minimizar la incidencia y severidad de *G. graminis* y *R. solani*.
- Ante la falta de variedades resistentes a *G. graminis* y *R. solani*, se recomienda la búsqueda de alternativas biológicas que otorguen mayor eficacia en un corto, mediano y largo plazo para el control de enfermedades fungosas en el cultivo de arroz.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, M., E. Reyes, W. Castrillo, O. Torres, C. Marín, R. Álvarez, O. Moreno, y E. Torres. (2010). Estabilidad fenotípica de arroz de riego en Venezuela utilizando los modelos Lin-Binns y AMMI. *Agronomía. Tropical*, 60(2):131-138.
- Achicano, H. (2001). Estrategias integradas para el control de enfermedades de las plantas. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 54(1 y 2), 1251-1273.
- Adames, A. (2014). Evaluación de genotipos de arroz por época de siembra en la zona noroeste de la República Dominicana. *Revista Agropecuaria Forestal AFP*. 3(1): 9-16.
- Amato, G. W. (2015). *Arroz en el Programa Mundial de Alimentación de las Naciones Unidas*. <https://doi.org/10.5151/edupro-cbs21-009>.
- Bajaña, J. (1998). Estudio comparativo entre los métodos de siembra para trasplante al voleo con semillas pre germinadas en dos variedades de arroz. INIAP-2 e INIAP-6.

Tesis de Ingeniero Agrónomo. Guayaquil, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Guayas, Ecuador, 64p.

- Boukaew, S., Klinmanee, C., & Prasertsan, P. (2013). Potential for the integration of biological and chemical control of sheath blight disease caused by *Rhizoctonia solani* on rice. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(10), 1885–1893. <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1353-x>.
- Briones, G. (2014). Calidad de semilla de arroz en función de la incidencia y severidad de enfermedades en la zona de Daule. Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil. 51 p.
- CropScience. (2017). Serenade® Max. Recuperado el 18 de julio de 2020 de <https://www.cropscience.bayer.es/Productos/Biologicos/Serenade-Max.aspx>.
- Cuevas, A. (2001). Manejo integrado de plagas en arroz. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-ICA. Colombia. 52 p.
- Delgado, N.J., Rodríguez, H.A, & Ramón, M.C. 2004. Evaluación de métodos de inoculación de *Rhizoctonia solani* sobre germoplasma de arroz en campo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(4), 374-384.
- Delgado, J., Hernández, J., Velázquez, C. y Ballesteros, V. (2005). Evaluación y validación de la efectividad biológica de cuatro fungicidas contra la roya amarilla del trigo (*Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*) en Laguna Larga, Penjamo, Guanajuato, México. 60 p.
- García, P., Cabrera, S., R., Sánchez, J., y Pérez, A. (2008). Evaluación de un biofungicida para el control de la mancha bandeada del maíz causada por *Rhizoctonia Solani* Kühn en siembras comerciales en Portuguesa, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 58(4), 383-390.
- Gómez, T. (2014). Incidencia y severidad de las plantas. Recuperado el 16 de julio de 2020 de <https://prezi.com/xr47kza4awoh/incidencia-y-severidad-de-las-plantas/?frame=4cb5853ba05a315286f45772cfd81e9ad524718e>
- Gonzales, Y. y Murillo, B. (1991). Manual de producción de arroz de secano. Cofesa, San José. Primera Edición. Pág. 127.

- Gutiérrez, S. (2007). *Sclerotium hydrophilum* en cultivos de arroz de Argentina. *Summa Phytopathologica*, 33(1):100.
- Harish, S., Saravanakumar, D., Radjacommar, R., Ebenezer, E. G., & Seetharaman, K. (2008). Use of plant extracts and biocontrol agents for the management of brown spot disease in rice. *BioControl*. <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9098-9>.
- INIAP. (2018). Protocolo para la realización de ensayos de evaluación agronómica de adaptabilidad y eficiencia de potenciales variedades comerciales de arroz. Programa Nacional de Arroz. 11 p.
- Instituto de Investigaciones del Arroz de Cuba. (2001). Guía para el trabajo de campo en el Manejo Integrado de Plagas en arroz. Fondo Latinoamericano para el arroz de riego (FLAR). Cuarta edición. Cuba. 71 p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). (2014). Guía Tecnológica del Cultivo de Arroz. Edición No 5. p. 14, 30 - 31.
- Jasrotia, S., Salgotra, R. K., & Sharma, M. (2021). Efficacy of bioinoculants to control of bacterial and fungal diseases of rice (*Oryza sativa* L.) in northwestern Himalaya. *Brazilian Journal of Microbiology*. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00442-1>.
- Kumar, M. K. P., Gowda, D. K. S., Moudgal, R., Kumar, N. K., Gowda, K. T. P., & Vishwanath, K. (2013). Impact of Fungicides on Rice Production in India. In *Fungicides - Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World*. <https://doi.org/10.5772/51009>.
- Lavilla, M., y Ivancovich, A. (2016). Propuestas de escalas para la evaluación, a campo y en laboratorio, del “tizón foliar” y la “mancha púrpura de la semilla”, causadas por *Cercospora kikuchii*, en soja. INTA (Estación Experimental Agropecuaria Pergamino “Ing. Agr. Walter Kugler”). Argentina. 45 p.
- López, G., Toledo, O. y Meza, J. 2017. La producción de arroz en la provincia del Guayas en el período 2011-2015. Principales afectaciones. *Revista científica Agroecosistemas*, 5(1), 47-53.
- Lopes, P. R. (2016). *As elasticidades e o preço de equilíbrio do mercado do arroz irrigado*. <http://repositorio.unesc.net/handle/1/3539>.

- Ludwig, J., Moura, A. B., de Santos, A., & Ribeiro, A. S. (2009). Microbiolização de sementes para o controle da mancha-parda e da escaaldadura em arroz irrigado. *Tropical Plant Pathology*, 34(5), 322–328. <https://doi.org/10.1590/s1982-56762009000500005>.
- Martínez, E., Abreu, J., & García, D. (2014a). Presencia de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* y *Magnaporthe salvinii* en variedades de arroz cultivadas en Cuba. *Fitosanidad*, 3(18), 163–168. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209143451004.pdf>.
- Martínez, C., Tohme, J., López, J., Borrero, J. C., McCouch, S., Roca, W., Chatel, M., y Guimaraes, E. (1998). Estado actual del mejoramiento del arroz mediante la utilización de especies silvestres de arroz en CIAT. *Agronomía Mesoamericana*, 9(1):10-17.
- Martínez, B., Reyes, Y., Infante, D., González, E., Baños, H., y Cruz, A. (2008). Selección de aislamientos de *Trichoderma* spp. candidatos a biofungicidas para el control de *Rhizoctonia* sp. en arroz. *Revista de Protección Vegetal*, 23(2): 118-125.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). (2018). Cifras Agroproductivas. Recuperado el 15 de julio de 2020 de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.
- Monks, S. (2002). SigmaPlot 8.0. *Biotech Software & Internet Report*. <https://doi.org/10.1089/152791602321105816>.
- Montalvo, D. (2011). Evaluación de la calidad poscosecha de las accesiones seleccionadas de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) provenientes de las provincias de Tungurahua y Bolívar. Escuela Politécnica Nacional. Tesis de Pregrado. Quito, Ecuador. 174 p.
- Nakandaraki, L. (2017). Problemas fitosanitarios en el cultivo de arroz. Universidad Nacional Agraria La Molina. Trabajo Monográfico para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Perú. 78 p.
- Peixoto, C., Ottoni, G., Filippi, M., Silva-Lobo, C., Valácia, L. & Prabhu, A. (2013). Biology of *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* isolates from rice and grasses

- and epidemiological aspects of crown sheath rot of rice. *Tropical Plant Pathology*, 38(6), 495-504.
- Pérez, H., Rodríguez, I. y García, R. (2018). Principales enfermedades que afectan al cultivo del arroz en Ecuador y alternativas para su control. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 16-27.
- Pérez, L., Niño, G., Mendoza, B., León, M., Robles, L., y González, A. (2016). Incidencia, severidad y detección de virus fitopatógenos en lechuga, en el estado de Querétaro, México. *Acta universitaria*, 26(2), 3-11.
- Prabhu, A. y M. Filippi. (2002). Occurrence of crown sheath rot caused by *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, a new rice disease in Brazil. *Fitopatología Brasileira*, 27(4): 417-419.
- Prabhu, A., Filippi, M., da Silva, G. y de Santos, G. 2002. Resistência de cultivares de arroz a *Rhizoctonia solani* e *Rhizoctonia oryzae*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(5), 589-595.
- Prado, G., Correa, F., Aricapa, M., y Escobar, F. (2001). Caracterización preliminar de la resistencia de germoplasma de arroz al añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani* Kuhn). *Foro Arroceros Americano*. 7(1): 8-11.
- Rariz, G., Ferrando, L., y Fernández, A. (2013). Aislamiento de bacterias endófitas fijadoras de nitrógeno en plantas de arroz cultivadas en diferentes suelos. In VII Congreso de Medio Ambiente. La Plata, Argentina. 20 p.
- Raman, K. N., & Raman, N. (2021). Eco-friendly technologies for the management of paddy sheath blight (*Rhizoctonia solani*) K Nikhil Raman. ~ 1661 ~ *The Pharma Innovation Journal*, 10(5), 1661–1671. <http://www.thepharmajournal.com>.
- Rivera, D., Obando, M., Garrido, M y Bonilla, R. (2011). Efecto de agroquímicos peletizados en semillas de algodón sobre el biofertilizante Monibac® Con Base En *Azotobacter chroococcum*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(2), 130-138.
- Rodríguez, H., Cardona, R., Arteaga, L. y Alemán, L. 2001. Control químico del añublo de la vaina causado por *Rhizoctonia solani* Kühn en arroz. *Bioagro* 13(1): 32-38.

- Rodríguez, H., Arteaga, L., Cardona, R., Ramón, M., y Alemán, L. (2002). Respuesta de las variedades de arroz Fonaiap 1 y cimarrón a dos densidades de siembra y dos dosis de nitrógeno. *Bioagro*, 14(2):105-112.
- Rodríguez, I., Pérez, H. y Socorro, A. (2018). Principales insectos plaga, invertebrados y vertebrados que atacan el cultivo del arroz en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 95-107.
- Salman, M., & Abuamsha, R. (2012). Potential for integrated biological and chemical control of damping-off disease caused by *Pythium ultimum* in tomato. *BioControl*. <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9444-4>.
- Sauceda, C., Lugo, G., Villaseñor, H., Partida, L., y Reyes, A. (2015). Un método preciso para medir severidad de roya de la hoja (*Puccinia triticina* Eriksson) en trigo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 38(4), 427-434.
- Schurt, D.A., Ávila, F., Dutra, R., Ribas, W., Abreu, N. y Azevedo W. 2012 Resistência física de bainhas de plantas de arroz supridas com silício e infectadas por *Rhizoctonia solani*. *Tropical Plant Pathology*, 37(4), 281-285.
- SIPA. (2021). *Cifras Agroproductivas*. Sistema de Información Pública Agropecuaria. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.
- SOSBAI. (2018). Arroz Irrigado - Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil (2018). *Embrapa Clima Temperado*, 205. <http://www.sosbai.com.br/>.
- Suarez, C., y Delgado, A. (2018). Influencia de enfermedades en el rendimiento de cultivares de arroz la Provincia del Oro. INIAP. 3 p.
- Syngenta. (2020). Timorex Gold. Recuperado el 15 de julio de 2020 de <https://www.syngenta.cl/product/crop-protection/fungicidas/timorex-goldr-1>.
- Suquilanda, M. (2008). Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de arroz. Organización Mundial de la Salud. 39 p.
- Vivas, L., & Intriago, D. (2012). *Guía para el reconocimiento y manejo de las principales enfermedades en el cultivo de arroz en Ecuador de* <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2009/1/iniaplsbd426.pdf>.

Wageck, G. 2014. Arroz en el Programa Mundial de Alimentación de las Naciones Unidas. Blucher Proceedings Cuba e Brasil no Século XXI (CBS21) Ciencia e Tecnologia na Sociedade do Conhecimento. Recife, Brazil. p 81-100.

Walter, M., Marchezan, E., & Avila, L. A. de. (2008). Arroz: composição e características nutricionais. *Ciência Rural*, 38(4), 1184–1192. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000400049>.

Anexos

Anexo 1: Diseño del Experimento.

Parcelas de 2 m x 2 m

R1	R2	R3
A2B4	A2B1	A3B3
A3B2	A1B3	A2B1
A2B2	A2B2	A2B2
A3B3	A3B1	A1B3
A3B4	A2B4	A1B1
A1B3	A3B2	A3B2
A2B3	A1B2	A2B3
A1B1	A2B3	A1B2
A2B1	A1B4	A3B1
A1B4	A1B1	A2B4
A3B1	A3B4	A3B4
A1B2	A3B3	A1B4

<u>FUNGICIDAS DOSIS 1</u>	<u>FUNGICIDAS DOSIS 2</u>
F1 = Renaste (semilla) (150 cc ha⁻¹)	F1 = Renaste (semilla) (300 cc ha⁻¹)
F2 = Serenade (35 días) (500 cc ha⁻¹)	F2 = Serenade (35 días) (1000 cc ha⁻¹)
F3 = Timorex (Máximo embuchamiento (90) días) (1000 cc ha⁻¹)	F3 = Timorex (Máximo embuchamiento (90) días) (1500 cc ha⁻¹)

Anexo 2. Reporte de análisis fitopatológico.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA Av. Juan Tanca Marengo N° 101, Km 0.5 y Av. de las Américas Guayaquil - Guayas 042-282-073	PGT/LR-FP-09/09-FO01
	Rev. 2	
	INFORME DE ANÁLISIS	

Informe N°: LR-GUAYAS-FP-I21-292
Fecha emisión Informe: 01/07/2021

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Tnlg. Luis Fernando Ley Arregui. - Agrocalidad Los Rios
Teléfono¹: (05) 273-7622
Dirección¹: Avenida Universitaria.
Correo Electrónico¹: coordinacion.losrios@agrocalidad.gob.ec
Provincia¹: Los Rios. **Cantón¹:** Babahoyo. **N° Orden de Trabajo:** 12-2021-121
N° Factura/Documento: Los Rios/AGC-2021-0507-M-M

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: tallos.	Conservación de la muestra¹: natural.	
Cultivo¹: arroz.	Variedad¹: no informa.	
Descripción de síntomas/ daños¹: Manchas angulares color negro en la base del tallo, raíces adventicias y necrosadas		
País¹: Ecuador.		
Provincia¹: Los Ríos.	Coordenadas¹:	X: 672834.
Cantón¹: Babahoyo.		Y: 9796946.
Parroquia¹: Babahoyo.		Altitud: 9
Responsable de toma de muestra¹: no informa		
Fecha de toma de muestra¹: 21/06/2021		Fecha de inicio del análisis: 22/06/2021
Fecha de recepción de la muestra: 22/06/2021		Fecha de finalización del análisis: 01/07/2021

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

IDENTIFICACIÓN MICOLÓGICA				
CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARTE AISLADA	MÉTODO	RESULTADO
FP09-21-292	LOS-1624-3043-331949-1	tallos.	PEE/FP/07	<i>Gaeumannomyces sp.</i>

Analizado por: Ing. Leonardo Cárdenas.

Observaciones: Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió. . Revisado por: Silvia Zambrano.

Anexo Gráficos o Anexo Documentos: no aplica.



Firmado electrónicamente por:
SILVIA PAOLA ZAMBRANO LOPEZ

Ing. Silvia Zambrano L.
Responsable del Laboratorio de Fitopatología
Laboratorio Regional Guayas

Anexo 3. Anexo fotográfico.



Anexo 3 a. Identificación de unidades experimentales.



Anexo 3 b. Siembra de arroz en sitio experimental.



Anexo 3 c.- Manejo agronómico de ensayo experimental.



Anexo 3 d.- Fungicidas y equipo de aplicación utilizados en el ensayo experimental.



Anexo 3 e.- Evaluación de datos.



Anexo 3 f.- Evaluación de enfermedades



Anexo 3 g.- Lesiones en el tallo causadas por *Rhizoctonia solani* y *Gaeumannomyces graminis*.



Anexo 3 h.- Manchado de grano ocasionado por *Rhizoctonia solani*, *Gaeumannomyces graminis* y otros organismos.