

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**EVALUAR LA EFICACIA BIOLÓGICA DE LOS INGREDIENTES ACTIVOS**  
*Trichoderma harzianum* Y *Trichoderma asperellum* **EN EL CONTROL DE**  
*Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, **EN EL CULTIVO**  
**DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)**

**ESTUDIANTE:**  
**ALEJANDRO A. APARICIO C.**  
**4-791-1525**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2022**

**EVALUAR LA EFICACIA BIOLÓGICA DE LOS INGREDIENTES ACTIVOS**  
*Trichoderma harzianum* Y *Trichoderma asperellum* EN EL CONTROL DE  
*Gaeumannomyces graminis var. graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, EN EL CULTIVO  
DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO EN CULTIVOS TROPICALES**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE  
SER OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**APROBADO:**

**Ing. Zyddi S. Vissuetti S. MSc.**

\_\_\_\_\_  
**DIRECTOR**

**Ing. Juan M. Osorio Ph. D.**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**Ing. Ricardo Blas M. Sc.**

\_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2022**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios padre por darme salud e inteligencia para culminar esta investigación.

A mis padres Alejandro y Joaquina por haberme forjado como la persona que soy, a no rendirme y seguir adelante.

Agradezco a mis hermanas Mayra y María por su apoyo incondicional.

De igual manera agradezco a mi director de tesis al Ingeniero Zyddi S. Vissuetti S. por sus instrucciones y conocimientos durante el desarrollo de mi trabajo de grado, por su profesionalismo y gran dedicación durante mis años académicos.

Agradecimientos a los docentes que a lo largo de la carrera me han otorgado sus conocimientos mucho profesionalismo en especial a el Doctor. Juan M Osorio, Ingeniero Ricardo Blas por su apoyo en esta investigación.

Agradezco a mis tíos Nodier A. Aparicio y Javier E. Aparicio por brindarme su colaboración para desarrollar el proyecto.

También agradezco a mis amigos que sin ellos este trabajo no hubiese sido posible Lionel de Lisser, Dustin Moreno, Luis Castillo, Julio Medina, Fernando Serrano, Juan Ríos, Jesús Contreras.

*Alejandro A. Aparicio*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios todo poderoso por darme la sabiduría y entendimiento de que todo con empeño y responsabilidad se puede lograr.

De igual manera a mis padres por estar siempre a mi lado apoyándome en cada decisión que he tomado.

*Alejandro A. Aparicio*

## **EVALUAR LA EFICACIA BIOLÓGICA DE LOS INGREDIENTES ACTIVOS *Trichoderma harzianum* Y *Trichoderma asperellum* EN EL CONTROL DE *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)**

Aparicio, Alejandro. 2022. **EVALUAR LA EFICACIA BIOLÓGICA DE LOS INGREDIENTES ACTIVOS *Trichoderma harzianum* Y *Trichoderma asperellum* EN EL CONTROL DE *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)**. Tesis. Ingeniería Agronómica en Cultivos Tropicales. Chiriquí. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad De Panamá.

### **RESUMEN**

Este trabajo de investigación se realizó en la finca del Sr. Nodier Aparicio Guerra en Guarumal, distrito de Alanje, provincia de Chiriquí. El trabajo se realizó en condiciones de secano favorecido con la variedad de arroz IDIAP 54-05.

Se implemento un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), para evaluar 5 tratamientos con 3 repeticiones. Los datos alcanzados fueron procesados con el programa SAS CA, 2008.

Esta investigación se enfocó en la evaluación de la eficacia de diferentes formulaciones biológicas, para el control *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, agente causal de mal de pie en arroz.

Los nombres de los productos comerciales y sus ingredientes activos fueron:

Tichopak (*Trichoderma asperellum* y *Trichoderma harzianum*) Nano-XTINGER 10 GW (*Trichoderma asperellum* y *Trichoderma harzianum*) y Vértigo 32.5 SC (Azoxystrobina + Difenconazole)

Los tratamientos fueron: **(T1)**, **(T2)** Tichopak, **(T3)** Vértigo 32.5 SC, **(T4)** Tichopak, **(T5)** Nano-XTINGER 10 GW.

El tratamiento **(T4)** (Tichopak) presento una menor incidencia y severidad. El mismo ostento un alto rendimiento en cosecha.

Palabras claves: *Gaeumannomyces graminis*, *Oryza sativa*, ingredientes activos biológicos, gel en agua (GW), evaluación, incidencia, severidad, hongos fitopatógenos, antagonista, *Trichoderma asperellum* y *Trichoderma harzianum*

**EVALUATE THE BIOLOGICAL EFFICACY OF THE ACTIVE INGREDIENTS *Trichoderma harzianum* AND *Trichoderma asperellum* IN THE CONTROL OF *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, IN THE CROP RICE (*Oryza sativa* L.)**

Appearance, Alexander. 2022. **EVALUATE THE BIOLOGICAL EFFICACY OF THE ACTIVE INGREDIENTS *Trichoderma harzianum* AND *Trichoderma asperellum* IN THE CONTROL OF *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, IN THE CROP RICE (*Oryza sativa* L.)**

Thesis. Agronomic Engineering in Tropical Crops Chiriqui. Faculty of Agricultural Sciences Panama University.

**ABSTRACT**

This research was done in the farm of Nodier Aparicio Guerra in Guarumal Alanje district of Chiriqui province. The work was done in dryland conditions of the rice variety IDIAP 54-05.

It was implemented a block design at random completely (DBCA), to evaluate five treatments with three repetitions. The data reached were processed with the program SAS CA, 2008.

This research focused in the effectiveness evaluation of different biological formulations for the control of *Gaeumannomyces graminis* var. *Graminis* (Sacc), causative agent of foot sickness in rice.

The name of the commercial products and their active ingredients were Trichopak (*Trichoderma asperellum* and *Trichoderma harzianum*) Nano-XTINGER 10 GW (*Trichoderma asperellum* and *Trichoderma harzianum*) and vértigo 32.5 SC (*Azoxystrobina* + Difenconazole)

The treatments were: (T1), (T2) Trichopak, (T3) vértigo 32.5 SC. (T4) Trichopak, (T5) NANO- XTINGER10 GW.

The treatments (T4) (Trichopak) had a lower incidence and severity. The same held a high harvest yield.

Key words: *Gaeumannomyces graminis*, *Oryza sativa*, active biological ingredients, gel in water (GW) evaluation, incidence, severity, Phytopathogenic fungi, antagonist, *Trichoderma asperellum* and *Trichoderma harzianum*.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>1.INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.2 Antecedentes .....	3
1.3 Justificación .....	5
1.4 Objetivos .....	6
1.4.1 Objetivo general.....	6
1.4.2 Objetivos específicos .....	6
1.5 Hipótesis .....	6
1.6 Alcances y limitaciones .....	7
1.6.1. Alcances .....	7
1.6.2. Limitaciones.....	7
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>8</b>
2.1. Características y taxonomía de <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>graminis</i> (Sacc) Von Arx & Oliver. ....	8
2.2. Características y taxonomía de <i>Trichoderma asperellum</i> . ....	9
2.3. Características y taxonomía de <i>Trichoderma harzianum</i> . ....	10
2.4. Características del Vertigo 32.5 SC. ....	11
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>12</b>
3.1 Ubicación del proyecto.....	12
3.2 Metodología .....	12
3.2.1. Material vegetal.....	12
3.2.1. Trabajo de Campo. ....	13
3.3.1. Variables para evaluar.....	18
3.2.3 Distribución de las parcelas en el ensayo.....	22
3.3. Parcela útil a muestrear: .....	23

3.4. Tratamientos .....	24
3.5. Análisis estadístico .....	25
3.6. Materiales .....	26
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
4.1. Resultados generales de los tratamientos evaluados .....	27
4.2. Variables en relación con el hongo <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>graminis</i> . .....	32
4.2.1. Porcentaje de Incidencia del hongo <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>graminis</i> . .....	32
4.2.2. Porcentaje de Severidad de la enfermedad causada por el hongo <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>graminis</i> .....	37
4.3. Variables agronómicas.....	41
4.3.1. Rendimiento.....	41
4.3.2. Altura de la planta .....	45
4.3.3. Longitud de raíces .....	48
4.3.4. Número de granos por panícula .....	51
<b>5. CONCLUSIONES. ....</b>	<b>54</b>
<b>6. RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>55</b>
<b>7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
I	DENSIDAD DE SIEMBRA DEL ENSAYO EXPERIMENTAL	15
II	FERTILIZACIÓN DEL ENSAYO	16
III	PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE MALEZAS	17
IV	ESCALA UTILIZADA EN LA EVALUACIÓN DE LA SEVERIDAD DEL HONGO FITOPATÓGENO <i>Gaeumannomyces graminis var. graminis</i> , EN BASE AL PORCENTAJE DE AFECCIÓN DE LA PLANTA	20
V	TRATAMIENTOS Y SU DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO COMERCIAL Y LAS DOSIS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	24
VI	MEDIAS GENERALES DE LOS TRATAMIENTOS PARA LAS VARIABLES EN REALCIÓN CON EL HONGO <i>Gaeumannomyces graminis var. graminis</i>	27
VII	MEDIAS GENERALES DE LOS TRATAMIENTOS PARA LAS VARIABLES AGRONÓMICAS	30
VIII	ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA EVALUACIÓN DE PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DEL HONGO <i>Gaeumannomyces graminis var. graminis</i>	32
IX	PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE DUNCAN PARA LA EVALUACIÓN DE PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DEL HONGO <i>Gaeumannomyces graminis var. graminis</i>	33
X	ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE PORCENTAJE DE SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD CAUSADA POR EL HONGO <i>Gaeumannomyces graminis var. Graminis</i>	37
XI	PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE PORCENTAJE DE SEVERIDAD DE LA	

	<b>ENFERMEDAD CAUSADA POR EL HONGO</b> <i>Gaeumannomyces graminis var. graminis</i>	<b>39</b>
<b>XII</b>	<b>ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLES DE RENDIMIENTO</b>	<b>41</b>
<b>XIII</b>	<b>PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO</b>	<b>42</b>
<b>XIV</b>	<b>ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE ALTURA DE LA PLANTA</b>	<b>45</b>
<b>XV</b>	<b>PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE ALTURA DE LA PLANTA</b>	<b>46</b>
<b>XVI</b>	<b>ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE LONGITUD DE RAÍCES</b>	<b>48</b>
<b>XVII</b>	<b>PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA EVALUACIÓN DE LONGITUD DE RAÍCES</b>	<b>49</b>
<b>XVIII</b>	<b>ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE NÚMERO DE GRANOS POR PANÍCULA</b>	<b>51</b>
<b>XIX</b>	<b>PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE NÚMERO DE GRANOS POR PANÍCULA</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1 Clasificación taxonómica del hongo fitopatógeno <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>graminis</i> (Sacc) Von Arx & Oliver	9
2 Clasificación taxonómica del hongo fitopatógeno <i>Trichoderma asperellum</i>	10
3 Clasificación taxonómica del hongo fitopatógeno <i>Trichoderma harzianum</i>	11
Ubicación geográfica de la finca donde se realizó la investigación	12
5 Parcela donde se realizó la investigación	13
6 Medición de la parcela y siembra de las unidades experimentales en campo	14
7 Surcado manual para la siembra de las unidades experimentales	15
8 Aspersión de los productos a utilizar a los 15 días después de siembra	17
9 Cosecha de todos los tratamientos para evaluar el peso en rendimiento	21
10 Desgrane y eliminación de impurezas para registrar el peso en relación con su rendimiento por tratamiento	22
11 Distribución y diseño de las parcelas del ensayo en el campo	22
12 Área de la parcela útil a muestrear para la toma de datos de las variables a evaluar	23
13 Inoculación del hongo <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>graminis</i> por medio de residuos vegetales	25
14 Número de plantas (muestras) promedio y totales afectas que representa la incidencia del hongo <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>graminis</i> , según el tratamiento	36
15 Respuesta del porcentaje (%) de severidad del hongo fitopatógeno <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>graminis</i> en los tratamientos con el producto comercial trichopak	39
16 Número de plantas afectadas por hongo fitopatógeno <i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>graminis</i> según el grado de severidad presentados en los tratamientos	40
17 Rendimiento en quintales/hectárea (qq/ha)	44
18 Número de granos por panícula por tratamientos y repeticiones	53

## ÍNDICE ANEXOS

Anexo		Pág.
1	Análisis de suelo de la parcela experimental	61

## 1.INTRODUCCIÓN

El arroz es una de las plantas más antiguas, por tal razón ha sido difícil establecer con exactitud la época en que el hombre inicio su propagación, aunque la literatura China menciona 3000 años antes de Cristo. El arroz (*Oryza sativa* L.), tuvo su origen al sur de la India y llegó a América a través de China, Mesopotamia, Grecia, Egipto, Marruecos y España (Álvarez, 2018).

El arroz es el cultivo más sembrado y consumido en Panamá. A pesar de que se han establecido políticas e incentivos para promover su producción, en los últimos años esta se ha ido reduciendo debido a la baja productividad y los elevados costos de producción. La aparición de plagas exacerbará esta situación aunada al cambio climático cada vez más marcado (FONTAGRO, 2019).

Las producciones agrícolas limpias constituyen una prioridad en los programas de desarrollo de varios países. Los microorganismos eficientes (ME) desde la década de los 80 gracias a las investigaciones del científico Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón han demostrado ser una alternativa eficiente y sostenible en la producción de alimentos.

Por esto se requieren encontrar alternativas sostenibles a largo plazo con el mínimo impacto al medioambiente, por lo que una de esas alternativas lo son la utilización de organismos biocontroladores de plagas, debido a que inhiben el crecimiento o proliferación de organismos fitopatógenos, sin dejar contaminantes nocivos en el medioambiente, como si lo hacen los plaguicidas utilizados de manera convencional.

Los ME agrupan una gran diversidad microbiana entre la cual encontramos: bacterias ácido-lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad fermentativa (Morocho et al., 2019).

### **1.1 Planteamiento del problema**

En Panamá la actividad arrocera la desempeñan unos 1,185 productores, en una proyección de cosecha de 318 millones de kilogramos, con un rendimiento de 4,863.63 kilogramos por hectárea (Duque, 2019). Según (Franquet, 2013) y (Martínez et al., 2014), el arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo si se considera la extensión de 162,1 millones de la superficie en que se cultiva y la cantidad de personas que depende de su cosecha. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se considera la superficie de siembra, pero si se considera su importancia como rubro alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales.

Actualmente en nuestro país no se logra satisfacer la demanda de este importante grano, debido a los altos costos de producción, importaciones, los incentivos prometidos por el gobierno, la aparición de plagas y enfermedades, lo que ha conllevado a buscar alternativas en el manejo del cultivo. Sin embargo, actualmente el manejo del cultivo de arroz se basa principalmente en productos comerciales sintéticos, es decir plaguicidas y esto sin duda ha llevado a una serie de problemas en el manejo de plagas y enfermedades, dado que la mayoría son residuales y afectan las propiedades del suelo.

En ese sentido, esta investigación incluye la evaluación de la variedad IDIAP 54-05 FL frente a la incidencia del fitopatógeno *Gaeumannomyces graminis var. graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, agente causal de mal del pie en Arroz y que afecta a otros cultivos pertenecientes a la familia *Poaceae*.

El fitopatógeno *Gaeumannomyces graminis var. graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver ha tomado mucha importancia en Panamá en el cultivo de arroz en los últimos años, debido a las afecciones que causa en la base del tallo y que provoca la disminución en los rendimientos, por lo tanto, el objetivo de esta investigación es emplear los productos biológico, a base de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* considerados organismos antagonistas y utilizados para su control biológico.

## **1.2 Antecedentes**

El hongo *Gaeumannomyces graminis var. graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, que causa el mal del pie del arroz, se reportó por primera vez en el cultivo de arroz en seco y más tarde en el arroz de riego en Brasil. (Peixoto et al., 2013).

*Gaeumannomyces graminis var. graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, es un hongo ascomiceto que generalmente se encuentra en el suelo, este ataca generalmente colonizando las raíces de las plantas susceptibles, produciendo síntomas como retraso del crecimiento, raíces reducidas y ennegrecidas y la maduración precoz de grano (Rachdawong, et al., 2002). Se ha reportado la presencia de este hongo en diferentes arvenses del grupo de las Poaceas como: *Leptochloa sp.*, *Cynodon sp.*, *Chloris sp.*, *Pennisetum sp.*, *Stenotaphrum sp.*, *Triticum sp.* y *Axonopus sp.*, las cuales pueden constituirse como hospederos alternativos de este patógeno en el

cultivo de arroz (*Oriza sativa* L.) y que tiene la capacidad de sobrevivir en residuos de cosecha, su diseminación es principalmente a través del agua y viento (Walker, 1975; Datnoff, 1997).

En el mundo se conoce un grupo importante de hongos y bacterias que presentan efecto antagónico sobre otros microorganismos, donde el género *Trichoderma* destaca (Ruiz, 1996; Sandoval & López, 2002). Este efecto es aprovechado por el hombre para la regulación, tanto de patógenos de suelo, como aquellos que se desarrollan en la parte foliar de las plantas (Fernández, 2001).

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* se caracterizan por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones se comportan como anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica (Infante, et al., 2009). Las especies de *Trichoderma* se encuentran presentes en todas las latitudes, desde las zonas polares hasta la ecuatorial. Esta distribución tan amplia y su plasticidad ecológica están estrechamente relacionadas con la alta capacidad enzimática que poseen para degradar sustratos, un metabolismo versátil y resistencia a inhibidores microbianos (Rodríguez, 1990).

### 1.3 Justificación

Panamá es uno de los países del área centroamericana con mayor consumo per cápita de arroz, uno de los alimentos indispensables en la dieta del panameño según (MIDA, 2019) el arroz registra en Panamá un consumo per cápita de 73.62Kg por año. En consecuencia, su producción tiene una gran importancia a nivel social, político, económico y, sobre todo, en lo relacionado con la seguridad agroalimentaria del país.

Dada la importancia del fitopatógeno *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* se decide realizar esta investigación para evaluar diferentes concentraciones del producto biológico a base de los hongos *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* y un control a base de químicos, con el objetivo de comparar los tratamientos. En Panamá los productos biológicos (antagonistas) van tomando importancia en el cultivo de arroz para el control de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver y otras enfermedades relacionadas, por ello la importancia de esta investigación.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo general

- Evaluar la eficacia biológica de la mezcla de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma asperellum* en el control de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver en el cultivo de arroz, (*Oryza sativa* L.)

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar que dosis de Trichopak y Nano Xtinger 10 GM presenta mejor control biológico sobre *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver en comparación al control químico.
- Evaluar la incidencia de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

## 1.5 Hipótesis

**Ho:** La mezcla de *Trichoderma asperellum* y *Trichoderma harzianum* no presenta ninguna diferencia en el control de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* en el cultivo de arroz *Oryza sativa* L.

**Ha:** La mezcla de *Trichoderma asperellum* y *Trichoderma harzianum* presentan diferencia en el control de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* en el cultivo de arroz *Oryza sativa* L.

## **1.6. Alcances y limitaciones**

### **1.6.1. Alcances**

Con esta investigación se pretende aportar nuevas alternativas para los productores de arroz. El trabajo tiene como objetivo principal tener un mejor control del fitopatógeno *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver, debido a que se disemina rápidamente y su incidencia provoca grandes pérdidas y reduce los rendimientos.

Esta investigación busca seguir impulsando la seguridad agroalimentaria y reducir la carga química en nuestro país.

### **1.6.2. Limitaciones**

La variedad utilizada IDIAP 54-05 FL, es una variedad de un ciclo de 105 días en secano favorecido, sin embargo, según nuestra búsqueda de literatura, no existen muchas investigaciones con respecto al control de esta importante enfermedad utilizando productos biocontroladores.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Características y taxonomía de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver.

Presenta peritecios ovales y ligeramente aplastados en el sentido dorsoventral. Ascas unitunicadas, sus ascosporas son de color amarillo pálido, ligeramente curvadas, con los extremos redondeados; miden entre 80-100 x 2,5-3  $\mu\text{m}$ . Anamórfico: forma hifas pardas unidas en hebras, con hifas laterales que forman hifopodios desde que se realiza la entrada en el huésped, su crecimiento macroscópico es de color marrón oliváceo a negro y a nivel microscópico presentan conidióforos ramificados, lisos y de color marrón que llevan en sus extremos conidias simples con uno o ningún septo, elipsoidales a oblongas, incoloras y de 5 x 2  $\mu\text{m}$  de medida (Barnett et al, 1998).

El patógeno *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* presenta en sus estadios iniciales de infección, un micelio café oscuro en la cara interna de las vainas de las hojas afectadas y peritecios. El síntoma característico de la enfermedad es un color marrón oscuro o negro en la vaina en la base de la planta entre el primer y segundo nudo. Las raíces de las plantas tienen un color negro y en casos severos de la enfermedad las plantas pueden morir. (Ospina, 2009).

**Reino: Fungi**

**Phylum: Ascomycota**

**Clase: Sordariomycetes**

**Subclase: Sordariomycetidae**

**Familia: Magnaporthaceae**

**Género: *Gaeumannomyces***

**Epíteto: *graminis***

**Var: *graminis***

**Figura 1. Clasificación taxonómica del hongo fitopatógeno *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* (Sacc) Von Arx & Oliver.**

## **2.2. Características y taxonomía de *Trichoderma asperellum*.**

El control biológico empleando este hongo puede ser independiente o combinado con los fungicidas químicos y así disminuir los costos ecológicos y económicos que implican las aplicaciones de estos. Este hongo antagonista de amplio espectro es un enemigo natural de muchas enfermedades entre ellas las que pertenecen a los géneros *Rhizoctonia ssp*, *Pythium sp*, *Phytophthora sp*, *Fusarium sp*, *Rhizopus sp*, *Mucor sp*, *Botrytis sp*, *Colletotrichum sp* y algunos más; además pueden reducir la incidencia de nematodos (EcuRed, 2019). La particularidad de las cepas de esta especie de *Trichoderma* es que están potencializadas y empleadas en control biológico de patógenos resistentes a los fungicidas de uso común (Meneses et al.,2008).

**Reino: Fungi**

**Filo: Ascomycota**

**Clase: Sordariomycetes**

**Orden: Hypocreales**

**Familia: Hypocreaceae**

**Género: *Trichoderma***

**Epíteto: *asperellum***

**Figura 2. Clasificación taxonómica del hongo fitopatógeno *Trichoderma asperellum*.**

### **2.3. Características y taxonomía de *Trichoderma harzianum*.**

*Trichoderma harzianum* es una especie eficaz en el control biológico de hongos patógenos de plantas. Posee estructuras del tipo de conidias hialinas uniceluladas, ovoide en conidióforos hialinos largos no verticilados, que nacen en centros pequeños. Está asociado a la descomposición de la materia orgánica que hay en el suelo y por el antagonismo con microorganismos patógenos a las plantas usando procesos de amensalismo, depredación, parasitismo, competición y por su Hiperparasitismo (EcuRed, 2019). Protege las raíces de enfermedades causadas por géneros de *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*, además permite el crecimiento de raíces más rigurosas y, por lo tanto, se logra un sistema radicular más sano (Maya, 2019).

**Reino: Fungi**

**Filo: Ascomycota**

**Clase: Sordariomycetes**

**Orden: Hypocreales**

**Familia: Hypocreaceae**

**Género: *Trichoderma***

**Epíteto: *harzianum***

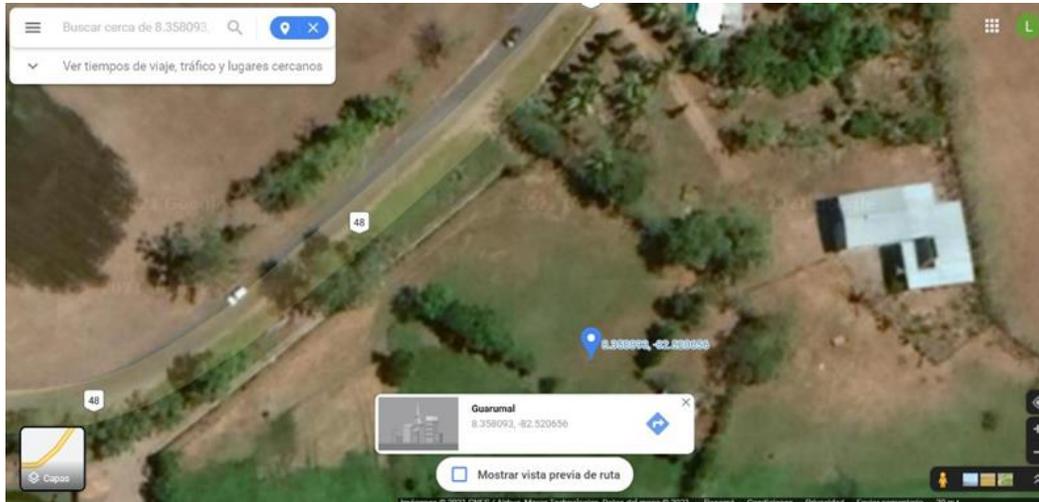
**Figura 3. Clasificación taxonómica del hongo fitopatígeno *Trichoderma harzianum*.**

#### **2.4. Características del Vertigo 32.5 SC.**

Vertigo 32.5 SC es un funguicida foliar con actividad preventiva y curativa, de amplio espectro compuesto por la pre-mezcla de “Azoxystrobina” y “Difenoconazole” para el control de hongos patógenos en varios cultivos. La Azoxystrobina del grupo de las estrobilurinas afecta a los hongos inhibiendo la respiración mitocondrial de los mismos evitando el transporte de electrones entre el citocromo impidiendo así mismo la síntesis de ATP. Difenoconazole del grupo de los triazoles afecta a los hongos sensibles en la síntesis del ergosterol, vital para la formación y funcionamiento de la membrana celular de los hongos. La acción conjunta de ambos químicos, proporcionan un excelente control y su mezcla contribuye a bloquear la formación de resistencia por el uso excesivo (Ramac, 2013).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del proyecto



**Figura 4. Ubicación geográfica de la finca donde se realizó la investigación.**

El proyecto se llevó a cabo en la finca propiedad del Sr. Nodier A. Aparicio ubicada en el Corregimiento de Guarumal, Distrito de Alanje, Provincia de Chiriquí, concretamente en las coordenadas 8.358093, -82.520656 (Figura 4).

#### 3.2 Metodología

##### 3.2.1. Material vegetal.

El cultivar de arroz utilizado para realizar esta investigación fue el IDIAP 54-05 desarrollado por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, puesto en siembra en el año 2007.

### **3.2.1. Trabajo de Campo.**

#### **3.2.1.1. Preparación del suelo.**

Luego de 10 días de haber aplicado el herbicida Glifosato, se inició la preparación del suelo utilizando dos pases de rastra cruzada. Posteriormente se esperó 15 días para realizar nuevamente una aplicación del herbicida Glifosato para controlar las malezas que emergieron, luego de 4 días se utilizó un pase rastra liviana para mejorar las condiciones del terreno.

También fue necesario utilizar algunas herramientas agrícolas como rastrillos y azadas para desmoronar algunas estructuras de suelo muy grades (terrones) que habían quedado en la parcela. Por último, se realizaron taipas para retener el agua procedente del Sistema de Riego Remigio Rojas.



**Figura 5. Parcela donde se realizó la investigación.**

#### **3.3.1.2. Marcado del terreno.**

Se marcaron cuatro puntos que representan el área total, equivalente a 159.5 m<sup>2</sup>, luego dentro del área mencionada se marcaron 15 parcelas las cuales representan

cinco tratamientos con tres repeticiones, cada tratamiento tiene una medida de 2.5 m de ancho por 3 m de largo, lo que equivale a un área de 7.5 m<sup>2</sup> para cada tratamiento, entre cada tratamiento se delimitó una distancia 0.5 m y entre cada repetición se delimitó una distancia de 1 m



**Figura 6. Medición de la parcela y siembra de las unidades experimentales en campo.**

### **3.2.1.3. Siembra.**

Esta práctica agrícola consistió en marcar con la azada los surcos donde se sembraría posteriormente la semilla. La semilla antes de su siembra fue tratada con insecticida BUNKER 24,7 SC (i.a. Lambda-Cihalotrina + Tiametoxam) para la protección de la semilla y plántula los primeros 15 días después de siembra. Las parcelas contaban con 10 surcos, con un distanciamiento de 25cm entre cada uno, los cuales fueron sembrados a chorrillo a una densidad de 102g por parcela. Luego de sembradas las parcelas se fertilizaron al voleo con fertilizante 12-24-12, una vez ya culminada esta labor se procedió a tapar los surcos con la azada.

## CUADRO I. DENSIDAD DE SIEMBRA DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

$\frac{qq}{ha}$	$\frac{Kg}{ha}$	$\frac{g}{159.5 m^2}$	$\frac{g}{7.5 m^2}$
3	136	2170	102



**Figura 7. Surcado manual para la siembra de las unidades experimentales.**

### 3.2.1.4. Fertilización.

La fertilización se realizó conforme a la interpretación de los resultados arrojados por el análisis de suelo de la siguiente manera: Al momento de siembra se aplicó fertilizante con la fórmula 12-24-12 a una dosis de  $3.5qq/ha^{-1}$ , luego al transcurrir 20 días después de siembra se aplicó fertilizante con la fórmula 30-0-20 a una dosis de  $4qq/ha^{-1}$ , por último, a los 35 días después de siembra se aplicó fertilizante de la fórmula 46-0-0 con una dosis de  $3qq/ha^{-1}$ . Posterior a los 35 días después de siembra no se volvió a realizar aplicaciones de fertilizantes, esto debido a que según el análisis de suelo el mismo presentaba alta cantidades de macro y microelementos, por ello si se le aplicaba más fertilizante, aunque fuese de manera fraccionada las plantas podrían correr el riesgo de acame.

## CUADRO II. FERTILIZACIÓN DEL ENSAYO.

Fase del cultivo	Fertilizante	Dosis en $\frac{qq}{ha}$	Dosis en $\frac{kg}{ha}$	Dosis en $\frac{g}{159.5 m^2}$
Siembra	N-P-K 12-24-12	3.5	158.76	2,530
20 dds	N-P-K 30-0-20	4	181.44	2,890
35 dds	Urea 46 %	3	136.08	2,170

### 3.2.1.5. Control de malezas.

Para el control de malezas se utilizaron dos métodos el químico y manual, aplicados en diferentes fases de la siguiente manera:

Control químico: antes de la preparación del suelo aplicamos Glifosato a  $4L/ha^{-1}$  para reducir el complejo de malezas. Luego de quince días de preparado el terreno se volvió a realizar una aplicación de Glifosato nuevamente a una dosis de  $4L/ha^{-1}$  para reducir el complejo de malezas. Al segundo DDS (día después de siembra) se aplicó una combinación de Paraquat a dosis de  $3 L/ha^{-1}$ , Clomazone a dosis de  $0.6 L/ha^{-1}$  y Pendimentalina a dosis de  $2.5L/ha^{-1}$  para un control pre-emergente. A 10 DDS utilizamos Clomazone a una dosis de  $0.6 L/ha^{-1}$  y Pendimetalina a una dosis de  $2.5L/ha^{-1}$  para un control post-emergente.

A los 20 DDS se utilizó Piclordom 48,7 SC (Picloram + 2,4-D) a una dosis de  $0.3L/ha^{-1}$ , para el control de malezas de hojas anchas.

**CUADRO III. PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE MALEZAS.**

<b>Producto comercial</b>	<b>Ingredientes activos (I. A.)</b>	<b>Dosis/ha /200 L H<sub>2</sub>O</b>	<b>Dosis/20 L H<sub>2</sub>O</b>
Roundup Max 68 SG	Glifosato	4 L	0.4 L
Paraquat 20 SL	Paraquat	3 L	0.3 L
Piclordom 48,7 SC	Picloram + 2,4-D	0.3 L	0.03 L
Prowl 400 EC	Pendimetalina	2.5 L	0.25 L
Clomazone 48 EC	Clomazone	0.6 L	0.06 L

\* Fuente autor



**Figura 8. Aspersión de los productos a utilizar a los 15 días después de siembra.**

Control manual: El control manual se realizó mediante el uso de azada y machete. Con las aplicaciones de herbicidas no se observó control sobre algunas malezas.

### 3.3.1. Variables para evaluar.

#### 3.3.1.1. Variables de infección del hongo:

- **Porcentaje de incidencia (%):** La incidencia se extrajeron 15 plantas por cada unidad experimental, y de forma visual buscando los síntomas del hongo fitopatógeno y por ende su presencia. En base a números de muestras (plantas) se obtuvo el porcentaje.

$$\text{Porcentaje de Incidencia (\%)} = \frac{\text{Plantas afectadas}}{\text{Plantas totales}} \times 100$$

- **Porcentaje de severidad (%):** La severidad se evaluó extrayendo 15 plantas de cada unidad experimental y se utilizó la escala de severidad propuesta por Ospina e Higuera en el 2009. (Cuadro IV), para obtener los grados de severidad y a partir de estos se calculó el Índice de Severidad de la Enfermedad en porcentaje por tratamiento aplicando la metodología de Ramírez *et al.*, en el 2012.

$$\text{ISE} = \left( \frac{\sum \mathbf{nb}}{(\mathbf{N} - \mathbf{1})\mathbf{T}} \right) \times 100$$

Donde:

ISE= Índice de Severidad de la Enfermedad en %

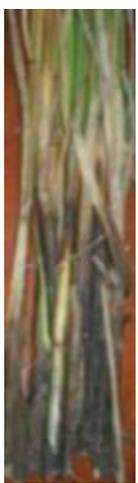
n= Número de plantas en cada grado de severidad

b= Grado de severidad

N= Número de grados empleados en la escala

T= Número de plantas evaluadas

**CUADRO IV. ESCALA UTILIZADA EN LA EVALUACIÓN DE LA SEVERIDAD DEL HONGO FITOPATÓGENO *Gaeumannomyces graminis* var. *Graminis*, EN BASE AL PORCENTAJE DE AFECCIÓN DE LA PLANTA.**

ESCALA DE SEVERIDAD						
<b>Daño</b>						
<b>Grado de Severidad</b>	<b>0</b>	<b>1 (5%)</b>	<b>2 (25%)</b>	<b>3 (50%)</b>	<b>4 (75%)</b>	<b>5 (100%)</b>

\*Fuente. Ospina e Higuera, (2009).

### 3.3.1.2. Variables del cultivo:

- **Rendimiento:** se cosechó cada parcela por separado, se pesaron por repetición y luego se promedió por tratamiento para determinar que tratamiento logró mayor rendimiento promedio en Kilogramos por superficie aprovechable de la unidad experimental (Kg/6m<sup>2</sup>).
- **Altura de la planta:** se tomaron el registro al momento de la cosecha y midieron en centímetros desde la base de la planta hasta el ápice de la

panícula más sobresaliente en 10 plantas por tratamiento y repetición seleccionadas al azar.

- **Longitud de raíces:** se escogieron 10 plantas del área útil de cada tratamiento y se midieron la raíz más prominente de cada planta. Esta variable fue evaluada en la etapa de máximo macollamiento.
- **Número de granos por panícula:** en 10 panículas seleccionadas al azar se realizó un conteo del número de granos en cada panícula por unidad experimental y tratamiento.



**Figura 9. Cosecha de todos los tratamientos para evaluar el peso en rendimiento.**



Figura 10. Desgrane y eliminación de impurezas para registrar el peso en relación con su rendimiento por tratamiento.

### 3.2.3 Distribución de las parcelas en el ensayo

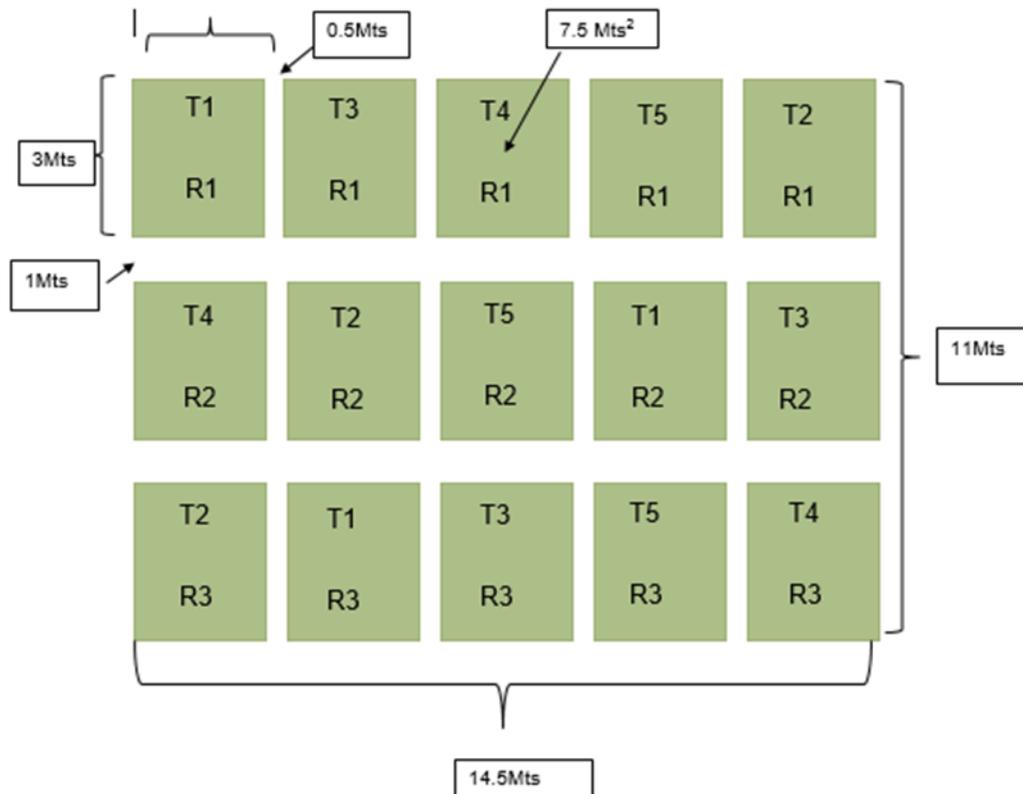
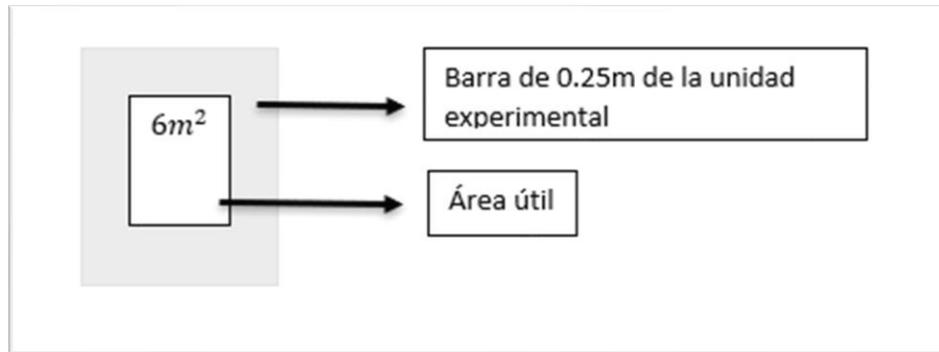


Figura 11. Distribución y diseño de las parcelas del ensayo en el campo.

### 3.3. Parcela útil a muestrear:

Los bordes, primeros 0.25m hacia la parte central de la unidad experimental, no fueron considerados para el muestreo. Por lo que se obtuvo una superficie de  $6 m^2$  de área útil por unidad experimental.



**Figura 12. Área de la parcela útil a muestrear para la toma de datos de las variables a evaluar.**

### 3.4. Tratamientos

Se ejecutaron 3 aplicaciones de los productos mencionados en el (cuadro V) con un lapso tiempo de 15 días por aplicación. Es decir, la primera aplicación se realizó al culminar la siembra, la segunda aplicación a los 15DDS y la última a los 30DDS. posteriormente no se hicieron más aplicaciones debido a que los productos biológicos deben lograr el efecto de colonizar y controlar.

**CUADRO V. TRATAMIENTOS Y SU DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO COMERCIAL Y LAS DOSIS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.**

TRA	PC	I.A.	Dosis/Ha	Dosis /Réplica	Dosis/TRA
1	<b>TESTIGO</b>	X	0	0	0
2	<b>Trichopak01</b>	<i>Trichoderma asperellum</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	1L/ha	0.75cc	2.25cc
3	<b>Vértigo 32.5 SC</b>	Azoxystrobina + Difenoconazole	0.5 L/Ha	0.37cc	1.12cc
4	<b>Trichopak02</b>	<i>Trichoderma asperellum</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	1.5 L/Ha	1.12cc	3.37cc
5	<b>Nano-XTINGER 10 GW</b>	<i>Trichoderma asperellum</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	1L/Ha	0.75cc	2.25cc

\*Tra: Tratamiento, PC: Producto Comercial, i.a.: Ingrediente Activo, ha: Hectárea, L/ha: Litros por hectárea.



**Figura 13. Inoculación del hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* por medio de residuos vegetales.**

### **3.5. Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados en el programa de análisis estadístico SAS CA, USA 2008, con el diseño estadístico de bloques completamente al azar “DBCA” modelo matemático, a los que se les realizó los siguientes análisis:

- Para el estudio de las medias se utilizó el método de rango múltiple de Duncan.
- Análisis de varianza ANOVA, modelo lineal aditivo

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \text{ con } i = 1, \dots, a \text{ y } j = 1, \dots, n$$

$Y_{ij}$  Es la j-ésima observación de i-ésima población.

$\mu$  Es la media general.

$\tau_i$  Es el efecto de la i-ésima población.

$\varepsilon_{ij}$  Es una componente aleatoria que representa el error experimental asociado a la observación  $ij$ . Usualmente se supone que este termino de error es independiente de los otros. Y distribuido como una normal con esperanza 0 y varianza  $\sigma^2$  para todo  $i,j$ .

El diseño estuvo constituido de 5 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento a continuación detallamos sus medidas:

- Distancia entre bloques de 1m
- Distancia entre unidad experimental 0.5m
- Frente de cada unidad experimental de 2.5m
- Fondo de cada unidad experimental de 3m
- Alrededor del esquema 1m
- Área total del ensayo 11m (fondo)  $\times$  14,5m (frente) = 159.5 m<sup>2</sup>. (Ver figura 2).

### **3.6. Materiales**

Los materiales que se utilizaron para llevar a cabo el proyecto serían: azadón, azada, cegueta, cinta métrica, escuadra, estacas de cañaza, machete, bomba de mochila, martillo, rastrillo, herbicidas de amplio espectro, herbicidas selectivos, semilla certificada IDIAP 54-05 FL, Trichopak 01, Vértigo 32.5 SC, Trichopak 02, fertilizante 12-24-12, fertilizante 20-0-20, fertilizante 46-0-0.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados generales de los tratamientos evaluados

**CUADRO VI. MEDIAS GENERALES DE LOS TRATAMIENTOS PARA LAS VARIABLES EN REALCIÓN CON EL HONGO *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*.**

VARIABLES CON RELACIÓN AL HONGO *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*.

TRAT.	PC	% de Incidencia del Hongo	% de Severidad del Hongo
1	TESTIGO (SN)	48.89	35.63
2	Trichopak 01 (Th/Ta) 1 L/ha	31.11	16.19
3	Vertigo 32.5 SC (A/D) 0.5 L/ha	37.77	7.14
4	Trichopak 02 (Th/Ta) 1.5 L/ha	13.33	5.24
5	Nano-XRINGER 10 GW (Ta/Th) 1 L/ha	42.22	16.68

SN= Sin Tratamiento; Th= *Trichoderma harzianum*; Ta= *Trichoderma asperellum*; A= Azoxystrobina; D=Difenoconazole.

Comparando las medias de las variables relacionadas con el hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, en respuesta de los tratamientos evaluados se observó que tanto en el porcentaje de incidencia o presencia y severidad de la enfermedad la media más baja fue para el T4 donde se empleó el

producto biológico comercial Trichopak a una dosis de 1.5 L/ha<sup>-1</sup>. Además, en T2 se utilizó el mismo producto biológico comercial, pero a una dosis más baja resultando en la segunda media más baja para ambas variables.

Cruz et al., en el 2015, en sus estudios evidenciaron que una cepa de *Trichoderma asperellum* disminuyó significativamente el índice de ataque y la distribución de la enfermedad evaluada, mostrando un elevado potencial para el biocontrol de las mismas, y estimuló el ahijamiento y el número de hijos fértiles en condiciones de campo.

Otra forma de aplicación de *Trichoderma* es la aplicación en residuos vegetales. En este sentido, Correa en 1997 informó, que es posible la incorporación de *Trichoderma* para la descomposición de residuos de cosecha y que a su vez con ello disminuye la carga del patógeno en campos dedicados al cultivo de arroz. Por otra parte, en el trabajo de Osorio-Hernández et al., en el 2015, evaluando in vitro las glucanasas y quitinasas producidas de diferentes cepas de *Trichoderma*, entre ellas *T. asperellum*, sobre diferentes patógenos demostraron que las cepas tienen actividad enzimática y actividad específica, y presentando un efecto inhibitorio en el crecimiento micelial de los dos patógenos.

Contrario a los resultados obtenidos en el 2015 por Pérez-Torres et al., lograron evidenciar que la mejor respuesta de control de las variables evaluadas, para las enfermedades foliares en arroz, la produjo el uso del fungicida Azoxistrobina promediando una eficiencia del 93 % en comparación al control biológico, el antagonista *Trichoderma harzianum* lograron eficiencias entre 60 % y 93,2 %, pero

produjeron una disminución del área bajo la curva de progreso de estas enfermedades con dosis altas en concentración del antagonista.

Para Garrido & Vilela, en el 2019, el desarrollo de la cepa de *T. harzianum* (comercial), tienen un rápido desarrollo entre las 48 y las 72 horas, y genera una mayor producción de conidias, con un incremento de 29.53% muy importante en la transmisión y diseminación de estos antagonistas en el suelo. Arguedas et al., en el 2021, demostraron que la eficacia biológica de diferentes aislamientos de *T. asperellum*, es variable y va más allá de la especie por lo que se debe tener especial cuidado al seleccionar este antagonista.

**CUADRO VII. MEDIAS GENERALES DE LOS TRATAMIENTOS PARA LAS VARIABLES AGRONÓMICAS.**

**VARIABLES AGRONÓMICAS.**

Trat.	PC	Altura de la planta (cm)	Longitud de raíces (cm)	Numero de granos por panícula	Rendimiento en peso seco (Kg/6m <sup>2</sup> )
1	TESTIGO (SN)	74.86	6.47	170.6	3.9633
2	Trichopak 01 (Th/Ta) 1 L/ha	79.80	9.15	201.2	4.8233
3	Vertigo 32.5 SC (A/D) 0.5 L/ha	76.73	8.59	192.2	4.4133
4	Trichopak 02 (Th/Ta) 1.5 L/ha	80.43	10.60	204.9	5.0633
5	Nano-XRINGER 10 GW (Ta/Th) 1 L/ha	75.93	7.49	194.5	4.5533

SN= Sin Tratamiento; Th= *Trichoderma harzianum*; Ta= *Trichoderma asperellum*; A= Azoxystrobina; D=Difenoconazole.

En todas las variables agronómicas el mejor tratamiento corresponde al T4, igualmente que en los resultados con respecto a la enfermedad. Los resultados observados nos indican que el uso del producto biológico comercial influye positivamente en el control del hongo y el aumento en las variables agronómicas, lo cual le brinda a la planta la capacidad de expresar su potencial agrícola, y haciendo

de los hongos benéficos presentes en el producto una alternativa en el uso para el control de la enfermedad.

Según Núñez & Pavone en 2014, evidenciaron que, *T. harzianum* y *T. asperellum*, tenían el potencial como biológico para el manejo de enfermedades y promoción del desarrollo y rendimiento. Ambas cepas incrementaron la velocidad de germinación, longitud y masa seca radicular de forma significativa, y con incrementos en la producción en condiciones de inundación del cultivo de arroz.

La aplicación de las cepas de *T. asperellum* muestran un incremento de las condiciones del suelo, aumentando el crecimiento y el desarrollo de la planta, además del rendimiento agrícola. Ruíz-Sánchez et al. en el 2022

La aplicación de bioproductos a base de cepas de *T. asperellum* mediante la imbibición de la semilla por un periodo de 24 horas incrementan el crecimiento y el desarrollo de la planta de arroz, además del rendimiento agrícola entre un 20-30%. Ruíz-Sánchez et al., en 2022.

Méndez, en el 2022, evidenció la acción de la cepa de *T. harzianum* quien en pocos días tuvo un rápido desarrollo, evidenciando su cualidad competitiva por espacio y nutrientes mecanismo antagónico importante que determina el comportamiento desigual entre dos o más organismos.

**4.2. Variables en relación con el hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*.**

**4.2.1. Porcentaje de Incidencia del hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*.**

**CUADRO VIII. ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA EVALUACIÓN DE PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DEL HONGO *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*.**

**Variables de incidencia del hongo *Gaeumannomyces graminis* var.**

*Graminis*

Fuente	GL	$\Sigma$ de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr>F
Tra	4	2210.45	552.61	8.38	0.0058**
Blo	2	124.38	62.19	0.94	0.42 <sup>ns</sup>
Error	8	527.59	65.95		
Total	14	2862.42			
		R <sup>2</sup>	C.V.		
		0.81	23.42		

Para la variable dependiente de Porcentaje (%) de Incidencia del hongo fitopatógeno *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, el ANOVA muestran que  $p > 0.05$  con respecto a los bloques, pero  $p < 0.05$  con respecto a los tratamientos. Existiendo diferencias altamente significativas entre los tratamientos (T1: Testigo; T2: Trichopak

01, 0.75 cc; T3: Vértigo 32.5 SC, 0.37 cc; T4: Trichopak 02, 1.12 cc; y T5: Nano-XTRINGER 10 GW, 0.75 cc).

**CUADRO IX. PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA EVALUACIÓN DE PORCENTAJE (%) DE INCIDENCIA DEL HONGO *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*.**

Tratamiento	Media	Agrupación de Duncan	N
4	13.33	A	3
2	31.11	B	3
3	37.77	b c	3
5	42.22	b c	3
1	48.89	C	3

**Nota.** La importancia de la media es de forma ascendente, el menor valor representa el aspecto positivo, por el contrario, el mayor valor representa el aspecto negativo.

El % medio de Incidencia del T4, es el único valor que no comparte una letra, se puede notar que la media del Tratamiento 2 se encuentra en un rango 30-35 % y la media del T4 en un rango 10-15 % mucho más inferior representando el resultado positivo en el grupo A. Los tratamientos 2, 3 y 5 comparten el mismo grupo B al no representar diferentes entre estos tratamientos. El T3, T5 y T1 pertenecen al grupo C, resultando en los valores negativos de la investigación en la variable de % de incidencia del hongo.

Los tratamientos 3 y 5 pertenecen a ambos grupos B y C, esto nos indica que las diferencias no son significativas como para separarlos de ambos y que, en comparación, con T1 sus valores de la media pueden ser resultados negativos con

respecto al grupo C y con T2 sus valores serían positivos con respecto al grupo B. La media para los grupos queda representada por T4 para A como mínimo, T2 para B como intermedio y T1 para C como máximo.

Los menores Porcentajes (%) de Incidencia del hongo fitopatógeno se obtuvieron en los tratamientos donde se empleó el producto comercial Trichopak a base de hongos *Trichoderma asperellum* y *Trichoderma harzianum*.

El mejor tratamiento fue el T4, con Porcentajes (%) de Incidencia de 13.33 % con 2 plantas afectadas en promedio y seguido del T2, con 31.11 % con 4.7 plantas afectadas promedio (Figura 15). La gran diferencia se ve marcada en el T4 con los mejores resultados positivos en comparación con el T2, debido a la dosis empleada ya que la proporciones fueron 1:1.5 L/ha<sup>-1</sup> de producto comercial para los tratamientos 4 y 2, respectivamente (Cuadro IX).

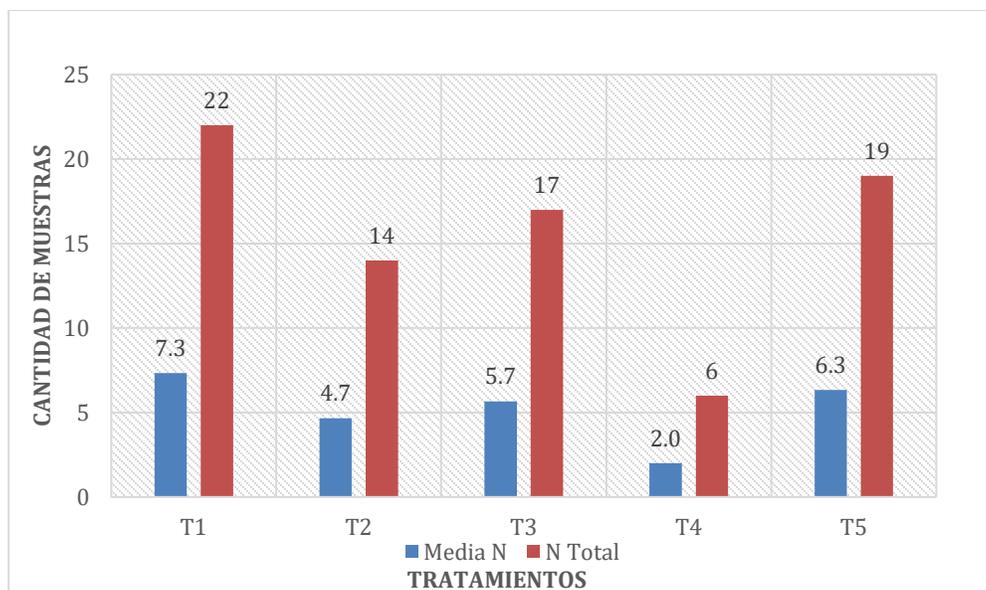
El estudio de Briones en 2014, indica que con la aplicación de *Trichoderma asperellum* obtuvo un 18.39% de plantas infectadas por *G. graminis var graminis*, frente al testigo que tuvo alrededor de 25%. Por otra parte, al final del estudio el porcentaje de tallos afectado fue de 4.43 frente al testigo absoluto con 15.28%. Para (Macías, 2019), la aplicación de *Trichoderma* (*T. harzianum* y *T. asperellum*) al semillero y a los 20 y 30 días después del trasplante, obtuvo el menor porcentaje de plantas infectada por esta patología con un promedio de 23% de tallos infectados, en comparación de su testigo con un 73%.

Por el contrario, en el estudio realizado por Chuez en 2018, determinó que el uso de *Trichoderma harzianum* no produjo efecto en las enfermedades causadas

*Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* en arroz. Igualmente, a lo obtenido por Regato, en el 2016, donde observó que el tratamiento químico fue el de menor índice de ataque con 1.7% de tallos afectados por *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*. y el de mayor daño fue el testigo absoluto con 3,4%, en comparación los tratamientos donde empleo *T. harzianum*.

El tratamiento 3 con 37.77% de Incidencia del hongo representa un % más bajo en comparación con el T5 y T1, con 42.22 % y 48.89 % respectivamente y con más de 5 plantas afectadas en promedio (Figura 14). La diferencia radica en que el T3 se empleó un producto comercial de tipo químico a base Azoxystrobina y Difeconazole, en el T5 se utilizó un producto comercial biológico a base de hongo (ver Cuadro x) y el T1 con el mayor % de incidencia debido a que era el tratamiento testigo o control de la investigación.

Briones, en el 2014, evidencio que los tratamientos químicos (difeconazole + propiconazole) y biológico (*T. asperellum*) tuvieron mejor efecto en cuanto a disminución de ataque de la pudrición negra del pie *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*.



**Figura 14. Número de plantas (muestras) promedio y totales afectas que representa la incidencia del hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, según el tratamiento.**

**Nota.** La gráfica representa la cantidad de plantas (muestras) totales y promedios como resultado del Porcentaje (%) de Incidencia del hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, según el tratamiento efectuado en el experimento.

**4.2.2. Porcentaje de Severidad de la enfermedad causada por el hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis***

**CUADRO X. ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE PORCENTAJE DE SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD CAUSADA POR EL HONGO *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*.**

**Variables de severidad del hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*.**

Fuente	GL	$\Sigma$ de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr>F
Tra	4	1438.41	359.60	10.53	0.0028**
Blo	2	114.46	57.23	1.68	0.24 <sup>ns</sup>
Error	8	273.31	34.16		
Total	14	1826.18			
R <sup>2</sup>				C.V.	
0.85				32.16	

Para la variable dependiente de % de Severidad de la Enfermedad causada por el hongo *Gaeumannomyces graminis* var. *Graminis*, el ANOVA muestran que  $p > 0.05$  con respecto a los bloques, pero  $p < 0.05$  con respecto a los tratamientos. Sin diferencias significativas entre los bloques, pero con diferencias altamente significativas entre los tratamientos (T1: Testigo; T2: Trichopak 01, 0.75 cc; T3: Vértigo 32.5 SC, 0.37 cc; T4: Trichopak 02, 1.12 cc; y T5: Nano-XTRINGER 10 GW, 0.75 cc).

El porcentaje de severidad de la enfermedad causada por el hongo *Gaeumannomyces graminis var. Graminis*, fue calculada aplicando siguiente la formula por Ramírez et al., en el 2009, donde el resultado es un porcentaje promedio de severidad de los grados de severidad presentes en cada replica de cada uno de los tratamientos según la escala de (Ospina e Higuera, 2009).

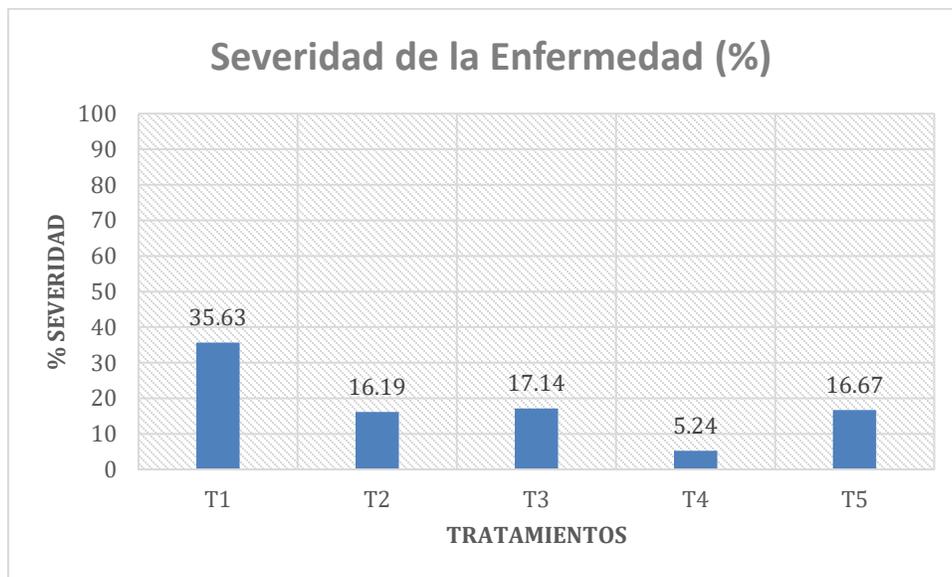
El análisis estadístico del Índice de Severidad de la Enfermedad en porcentaje (%) muestra que estos valores fueron menores en el tratamiento 4, con una media de 5.24 % esto nos indica que el producto biológico Trichopak a base de los de hongos *Trichoderma asperellum* y *Trichoderma harzianum* muestra una eficiencia en el control del hongo fitopatógeno de estudio.

En comparación el tratamiento 2 donde se empleó el mismo producto, se muestra como el segundo tratamiento con resultados positivos, pero cabe resaltar que la dosis aplicada en el T2 es más baja ( $1 \text{ L/ha}^{-1}$ ) que la dosis del T4 ( $1.5 \text{ L/ha}^{-1}$ ) destacando la posibilidad de ser la amplia diferencia en los resultados observados. El T5, por ser el tratamiento químico clásico muestra resultados menos eficientes en comparación con el T2.

**CUADRO XI. PRUEBA DE RANGOS MÚLTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE PORCENTAJE DE SEVERIDAD DE LA ENFERMEDAD CAUSADA POR EL HONGO *Gaeumannomyces graminis* var. *Graminis*.**

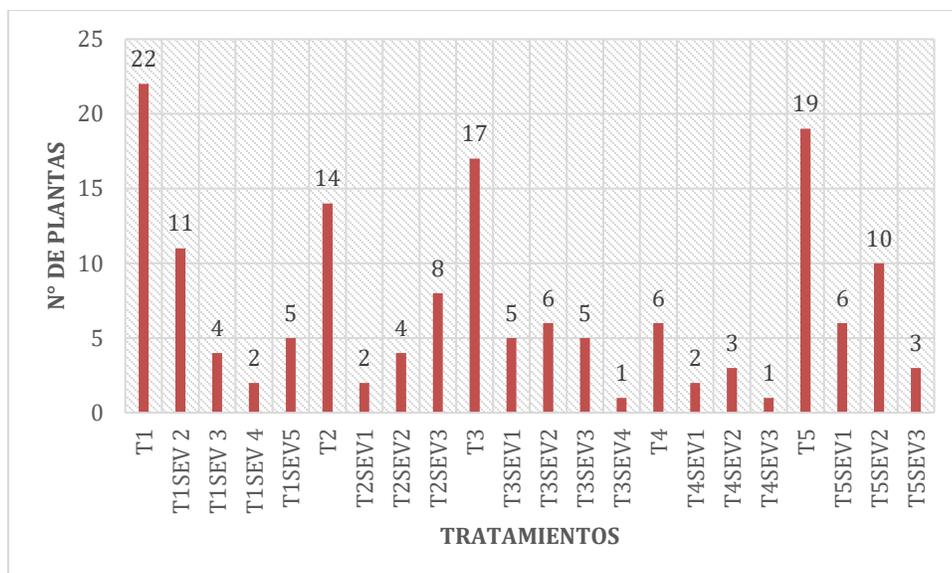
Tratamiento	Media	Agrupación de Duncan	N
4	5.24	A	3
2	16.19	a b	3
5	16.67	a b	3
3	17.14	B	3
1	35.63	C	3

**Nota.** La importancia de la media es de forma ascendente, el menor valor representa el aspecto positivo, por el contrario, el mayor valor representa un aspecto negativo.



**Figura 15. Respuesta del porcentaje (%) de severidad del hongo fitopatógeno *Gaeumannomyces graminis* var. *Graminis* en los tratamientos con el producto comercial Trichopak.**

**Nota.** El gráfico representa los porcentajes medios de severidad después de hacer los cálculos correspondientes con la fórmula indicada anteriormente.



**Figura 16. Número de plantas afectadas por hongo fitopatógeno *Gaeumannomyces graminis* var. *Graminis* según el grado de severidad presentados en los tratamientos.**

**Nota.** T1: % incidencia del Tratamiento; T2: % Incidencia del Tratamiento 2; T3: % incidencia del Tratamiento; T4: % Incidencia del Tratamiento 4; T5: % Incidencia del Tratamiento 5; SEV1: Escala Severidad 1; SEV2: Escala Severidad 2; SEV3: Escala Severidad 3; SEV4: Escala Severidad 4; SEV5: Escala Severidad 5. El gráfico representa una comparación el número de plantas afectadas total y presentado según el grado de severidad en los cinco tratamientos evaluados (1,2,3,4 y 5).

### 4.3. Variables agronómicas

#### 4.3.1. Rendimiento

**CUADRO XII. ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLES DE RENDIMIENTO.**

**Variables de rendimiento**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>Σ de Cuadrados</b>	<b>Cuadrado de la Media</b>	<b>Valor F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Tra</b>	4	2.10	0.52	34.74	0.0001**
<b>Blo</b>	2	0.0048	0.0024	0.16	0.85 <sup>ns</sup>
<b>Error</b>	8	0.12	0.015		
<b>Total</b>	14	2.23			
	<b>R<sup>2</sup></b>			<b>C.V.</b>	
	0.94			2.69	

Para la variable dependiente de rendimiento, el ANOVA muestran que  $p > 0.05$  con respecto a los bloques, pero  $p < 0.05$  con respecto a los tratamientos. Existiendo diferencias altamente significativas entre los tratamientos (T1: Testigo; T2: Trichopak 01, 0.75 cc; T3: Vértigo 32.5 SC, 0.37 cc; T4: Trichopak 02, 1.12 cc; y T5: Nano-XTRINGER 10 GW, 0.75 cc).

**CUADRO XIII. PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO.**

Tratamiento	Media	Agrupación de Duncan	N
4	5.0633	a	3
2	4.8233	b	3
5	4.5533	c	3
3	4.4133	c	3
1	3.9633	d	3

**Nota.** La importancia de la media es de forma descendente, el mayor valor representa el aspecto positivo, por el contrario, el menor valor representa un aspecto negativo.

Los valores de la media de los tratamientos 5 y 3 comparten el mismo grupo C, siendo el T5 superior con respecto al T3, esto indica que ambos tratamientos no difieren de los efectos sobre el rendimiento de la variedad de arroz. Sin embargo, los mayores rendimientos fueron obtenidos en los tratamientos T4 y T2, con la diferencia que el T4 corresponde a valor más alto, grupo A y el T2 al grupo B. El T1, que corresponde al testigo representando la media más baja y perteneciendo al grupo D.

Los mayores rendimientos, representado por la media de los Kg/unidad experimental aprovechable ( $\text{Kg}/6\text{m}^2$ ) se dieron los tratamientos 4 y 2, con  $5.06 \text{ Kg}/6\text{m}^2$  y  $4.82 \text{ Kg}/6\text{m}^2$ , y que representa un rendimiento de 185 y 177 quintales/hectárea (qq/ha) para los tratamientos respectivamente (Figura 18). Esto nos indica que la diferencia del resultado fue por el volumen de la dosis aplicada del producto comercial, ya que en ambos tratamientos se emplea el mismo producto, pero en el T4 la dosis es  $1.5 \text{ L}/\text{ha}^{-1}$  ( $1.22 \text{ cc}$ ) superior al T2 ( $0.75 \text{ cc}$ ) que corresponde  $1 \text{ L}/\text{ha}^{-1}$ .

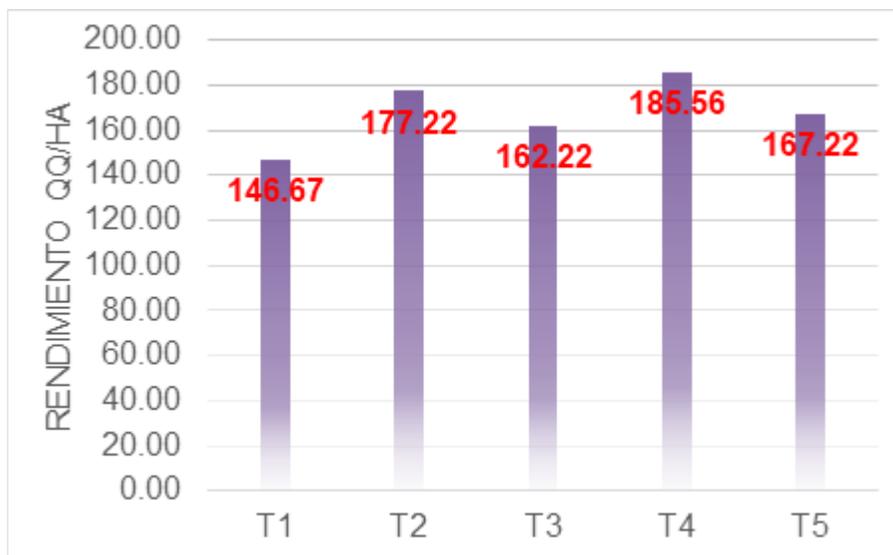
Méndez en el 2022, observó que la producción presentó mayor rendimiento de grano en kg/ha en los tratamientos evaluados con los hongos *T. harzianum* y *T. asperellum* en dosis de 1-2 L/ha<sup>-1</sup>.

Seguido del T4 y T2, está el T5 con valores 4.55 Kg/6m<sup>2</sup> y el T3 con 4.41 Kg/6m<sup>2</sup>, la diferencia es que el tratamiento 5 se emplea el producto biológico comercial, Nano-XTRINGER 10 GW, 0.75 cc (1 L/ha<sup>-1</sup>) y en el T3 se utilizó el producto comercial químico Vértigo 32.5 SC, 0.37 cc (0.5 L/ha<sup>-1</sup>). Tanto para el T5 y T3, los rendimientos se encuentran en el rango de 160-170 en qq/ha<sup>-1</sup>, con 167 qq/ha<sup>-1</sup> (T5) y 162 qq/ha<sup>-1</sup> (T3) (Figura 18), con una diferencia de 5 quintales. El valor más bajo corresponde al tratamiento testigo con 146 qq/ha<sup>-1</sup> (Figura 18).

Para Macías en el 2019, en su investigación los tratamientos con aplicaciones de *Trichoderma Trichoderma* (*T. harzianum* y *T. asperellum*) al semillero, en estado de plántulas, y a los 30 y 40 días aumento rendimiento promedio.

Resultado que coincide con Falconí en 2010, quien indica que las *Trichoderma* (*T. harzianum* y *T. asperellum*) estimulando la biomasa radicular o activando el sistema inmune vegetal ayudando a incrementar los rendimientos.

La diferencia en estos resultados radica en la concentración de i.a. de los productos utilizados, Trichopak es de 20 % (10 % de *T. harzianum* y 10% de *T. asperellum*) y del Nano-XTRINGER 10 GW es de 10% (5 % *T. harzianum* y 5 % *T. asperellum*). (Demeter, 2022)



**Figura 17. Rendimiento en quintales/hectárea (qq/ha)**

**Nota.** La gráfica representa la extrapolación de los resultados de la variable de Rendimiento en quintales/hectárea en respuesta a los diferentes tratamientos del experimento.

### 4.3.2. Altura de la planta

**CUADRO XIV. ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE ALTURA DE LA PLANTA.**

#### Variables de altura de la planta

Fuente	GL	$\Sigma$ de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr>F
Tra	4	71.57	17.89	2.53	0.12 <sup>ns</sup>
Blo	2	21.57	10.78	1.53	0.27 <sup>ns</sup>
Error	8	56.52	7.06		
Total	14	149.66			
R <sup>2</sup>				C.V.	
0.62				3.42	

Para la variable dependiente de altura de la planta, el ANOVA muestran que  $p > 0.05$  con respecto a los bloques y respecto a los tratamientos. Sin diferencias significativas entre los bloques ni en los tratamientos (T1: Testigo; T2: Trichopak 01, 0.75 cc; T3: Vértigo 32.5 SC, 0.37 cc; T4: Trichopak 02, 1.12 cc; y T5: Nano-XTRINGER 10 GW, 0.75 cc).

**CUADRO XV. PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE ALTURA DE LA PLANTA.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación de Duncan</b>	<b>N</b>
4	80.43	a	3
2	79.80	a b	3
3	76.73	a b	3
5	75.93	a b	3
1	74.86	b	3

**Nota.** La importancia es de forma descendente, el mayor valor representa el aspecto positivo, por el contrario, el menor valor representa un aspecto negativo.

La media más alta 80.43 cm corresponde al T4, donde se emplea el producto biológico a basa de *T. harzianum* y *T. asperellum*, a dosis de 1.5 L/ha<sup>-1</sup>. Seguidamente del tratamiento 2 con un valor de 79.80 cm donde se emplea el mismo producto, pero con una dosis más baja de 1 L/ha<sup>-1</sup>, pero con una diferencia mínima al T4 en cuanto a esta variable.

El tercer valor lo representa el T3 que representa el tratamiento químico con una media 76.73 cm de altura de la planta, donde se empleó el producto biológico comercial Nano-XTRINGER 10 GW con los mismos hongos como i.a. del producto utilizado en el T2 y T4. La diferencia en estos resultados radica que la concentración de i.a. del Trichopak es de 20 % (10 % de *T. harzianum* y 10% de *T. asperellum*) y del Nano-XTRINGER 10 GW es de 10% (5 % *T. harzianum* y 5 % *T. asperellum*). (Demeter, 2022)

Cabe destacar que el Análisis de Varianza evidencia que estadísticamente no existen diferencias entre ningún tratamiento y la prueba de Rangos Múltiples de Duncan solo

resalta una diferencia entre dos grupos A y B, pero se puede observar que solo son diferentes significativamente entre ellos solo el T4 del T1.

Los resultados coinciden con los de Macías en el 2019, donde se observan que el uso de cepas de *Trichoderma* (*T. harzianum* y *T. asperellum*) al semillero, en estado de plántulas y a los 30-40 DDT, aumentan el desarrollo de planta brindándole una mayor altura en comparación de los tratamientos en los cuales no se usaron dichas cepas.

### 4.3.3. Longitud de raíces

**CUADRO XVI. ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE LONGITUD DE RAÍCES.**

**Variables de longitud de raíces**

Fuente	GL	$\Sigma$ de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr>F
Tra	4	29.93	7.48	18.05	0.0005**
Blo	2	0.12	0.06	0.15	0.86 <sup>ns</sup>
Error	8	3.31	0.41		
Total	14	33.36			
		R <sup>2</sup>	C.V.		
		0.90	7.60		

Para la variable dependiente de longitud de raíces, el ANOVA muestran que  $p > 0.05$  con respecto a los bloques, pero  $p < 0.05$  con respecto a los tratamientos. Existiendo diferencias altamente significativas entre los tratamientos (T1: Testigo; T2: Trichopak 01, 0.75 cc; T3: Vértigo 32.5 SC, 0.37 cc; T4: Trichopak 02, 1.12 cc; y T5: Nano-XTRINGER 10 GW, 0.75 cc).

**CUADRO XVII. PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA EVALUACIÓN DE LONGITUD DE RAÍCES.**

Tratamiento	Media	Agrupación de Duncan	N
4	10.60	a	3
2	9.15	b	3
3	8.59	b c	3
5	7.49	c d	3
1	6.47	d	3

**Nota:** La importancia es de forma descendente, el mayor valor representa el aspecto positivo, por el contrario, el menor valor representa un aspecto negativo.

El grupo A solo está conformado por el T4 (Trichopak 02, 1.5 L/ha<sup>-1</sup>), significativamente diferentes de los demás tratamientos. Los tratamientos T2 (Trichopak 01, 1 L/ha<sup>-1</sup>) Y T3 (Vertigo 32.5 SC, 0.5 L/ha<sup>-1</sup>) pertenecen al grupo B, pero este último también pertenece al grupo C siendo no significativamente diferentes de ambos grupos. El grupo C lo conforma el T3 y T5 (Nano-XTRINGER 10 GW, 1 L/ha<sup>-1</sup>) no diferentes entre ellos, el T5 perteneciendo también al grupo D con el T1 (Testigo).

Cepas de *T. asperellum* y *T. harzianum* estimulan el crecimiento de los cultivos, porque posee metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las plantas. Además, promueven el crecimiento de pelos absorbentes, mejora la nutrición y la absorción de agua. Chiriboga, Gómez & Garcés en el 2015.

Benítez y Rincón en 2014, mencionan que las *Trichoderma* son agentes de control biológico de enfermedades fúngicas con capacidad para modificar la rizósfera

promoviendo el crecimiento de las plantas e inducción de mecanismos de defensa.  
(Macías, 2019)

La diferencia en los resultados de los tratamientos donde se empleó productos a base de los hongos benéficos, *T. harzianum* y de *T. asperellum*, radica en la concentración de i.a. de los productos utilizados, Trichopak es de 20 % (10 % de *T. harzianum* y 10% de *T. asperellum*) y del Nano-XTRINGER 10 GW es de 10% (5 % *T. harzianum* y 5 % *T. asperellum*). (Demeter, 2022)

#### 4.3.4. Número de granos por panícula

**CUADRO XVIII. ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE NÚMERO DE GRANOS POR PANÍCULA.**

**Variables de número de granos por panícula**

Fuente	GL	$\Sigma$ de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr>F
Tra	4	2137.51	534.38	40.72	0.0001**
Blo	2	43.42	21.71	1.65	0.25 <sup>ns</sup>
Error	8	104.99	13.12		
Total	14	2285.93			
R <sup>2</sup>				C.V.	
0.95				1.87	

Para la variable dependiente de Número de granos por panícula, el ANOVA muestra que  $p > 0.05$  con respecto a los bloques, pero  $p < 0.05$  con respecto a los tratamientos. Existiendo diferencias altamente significativas entre los tratamientos (T1: Testigo; T2: Trichopak 01, 0.75 cc; T3: Vértigo 32.5 SC, 0.37 cc; T4: Trichopak 02, 1.12 cc; y T5: Nano-XTRINGER 10 GW, 0.75 cc).

**CUADRO XVIIIIX. PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE NÚMERO DE GRANOS POR PANÍCULA.**

Tratamiento	Media	Agrupación de Duncan	N
4	204.9	a	3
2	201.2	a b	3
5	194.5	b c	3
3	192.2	c	3
1	170.6	d	3

**Nota:** La importancia es de forma descendente, el mayor valor representa el aspecto positivo, por el contrario, el menor valor representa un aspecto negativo.

El mayor número de granos por panícula resulto del tratamiento T4 con 204.9 granos, en este tratamiento se empleó el producto comercial Trichopak a una dosis de 1.5 L/ha<sup>-1</sup>. En comparación el T2 donde se evaluó el mismo producto, pero a una dosis de 1 L/ha<sup>-1</sup> el resultado solo se diferencia por 3.7 granos con respecto al T4.

El producto Trichopak tiene en su ingrediente activo dos hongos benéficos del género Trichoderma, *T. harzianum* y *T. asperellum*. Estos dos hongos también son ingrediente activo del producto Nano-XTRINGER 10 GW, producto utilizado en el T5 a dosis de 1 L/ha<sup>-1</sup> con una media mucho más baja, 194.5 granos, siendo el tercer mejor resultado.

La diferencia en estos resultados radica en la concentración de i.a. de los productos utilizados, Trichopak es de 20 % (10 % de *T. harzianum* y 10% de *T. asperellum*) y del Nano-XTRINGER 10 GW es de 10% (5 % *T. harzianum* y 5 % *T. asperellum*). (Demeter, 2022)

El tratamiento químico fue el resultado más bajo de los productos evaluados, pero por encima de la media del testigo, 192, 2 y 170.6 granos respectivamente.

Estos resultados son adversos a los obtenidos por Chuez, en el 2018, donde determinó que el uso de *Trichoderma harzianum* no provocó efecto positivo en el número de granos por panícula y que se obtuvieron mayor respuesta cuando se aplicaron fungicidas químicos comerciales con los ingredientes activos Difeconazole + Propiconazole en dosis de 0.5 L/ha<sup>-1</sup>. Igualmente, los resultados obtenidos por Briones en el 2014, donde el mayor número de granos por espiga se obtuvo en el tratamiento donde se empleó el producto químico con los ingredientes activos difeconazole + propiconazole a dosis de 0.25 L/ha<sup>-1</sup>.



**Figura No. 18. Número de granos por panícula promedio por repeticiones**

**Nota:** T1: Testigo; T2: Trichopak 01, 1 L/ha<sup>-1</sup>; T3: Vertigo 32.5 SC, 0.5 L/ha<sup>-1</sup>; T4: Trichopak 02, 1.5 L/ha<sup>-1</sup>; T5: Nano-XTRINGER 10 GW, 1 L/ha<sup>-1</sup>; R1: Repetición 1; R2: Repetición 2; R3: Repetición 3. La grafica representa los valores por repeticiones del número de granos por panícula de los tratamientos y el testigo.

## 5. CONCLUSIONES.

- El uso de Trichopak a  $1.5 \text{ L/ha}^{-1}$  controla a *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* agente causal del mal del pie en el cultivo de arroz; además ejerce un efecto positivo en el desarrollo vegetativo del cultivo arroz y mejora los rendimientos.

## 6. RECOMENDACIONES.

- Repetir este mismo ensayo en diferentes regiones arroceras del país, para determinar si Trichopak tiene el mismo efecto de control sobre *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*.
- Utilizar Trichopak como control preventivo en el programa de sanidad vegetal para el control de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* en la producción del cultivo de arroz.

## 7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

**Argedas A., F., Hernández C., M., Abarca M., S. & Soto B., R.** (2021). Parasitismo *in vitro* de 23 aislamientos de *Trichoderma asperellum* contra *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*. *Alcances tecnológicos*, 14 (1), 75-83. INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA). Costa Rica. Obtenido el 19 de noviembre de 2022 de: [http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2021/Revista\\_Alcances\\_Tecnologicos\\_2021\\_min\\_ed.pdf#page=77](http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2021/Revista_Alcances_Tecnologicos_2021_min_ed.pdf#page=77)

**Barnett, H. & Hunter, B.** (1998). *Illustrated Genera of imperfect Fungi*. Department plant.

**Briones H., G. F.** (2014). EFECTO DE *Trichoderma asperellum* SOBRE LA INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE *Rhizoctonia solani* y *Gaeumannomyces graminis* EN LA ZONA DE DAULE. GUAYAQUIL-ECUADOR. Obtenido el 18 de noviembre de 2022 de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8162/1/Tesis%20Guillermo%20Francisco%20Briones%20Huac%c3%b3n.pdf>

**Camargo, I.** (2013). IDIAP, VARIEDAD DE ARROZ DE CICLO PRECOZ: IDIAP 54-05. Disponible en: <http://www.idiap.gob.pa/download/variedad-de-arroz-de-ciclo-precoz-idiap-54-05/?wpdmdl=1224>

**Chiriboga P., H., Gómez B., G. & Garcés E., K.** (2015). *Trichoderma* spp., para el control biológico de enfermedades. Instituto Interamericano para la cooperación de la Agricultura (IICA). Paraguay. Obtenido el 17 de noviembre de 2022 de: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2647/BVE17038725e.pdf;jsessionid=0944385C8C507FC67D12CB65B38212F2?sequence=1>

**Chuez C., J. M.** (2018). *Trichoderma harzianum* en el control de *Rhizoctonia solani* y *Gaeumannomyces graminis* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), en la zona de Babahoyo. Los Rios- Ecuador. Obtenido el 17 de noviembre de 2022 de: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/5441/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000147.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Cruz, A., Rivero, D., Echevarría, A., Martínez, B., Infante, D. & Valle, Y.** (2015). *Trichoderma harzianum* en el control de hongos fitopatógenos del cultivo del arroz (*Oryza sativa*) en condiciones de campo. *Fitosanidad*. 19 (2), 101-107. Cuba. Obtenido el 10 de noviembre de 2022, de: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209149784009.pdf>

**Datnoff, L.E.; Elliot, M.L. & Jones, D.B.** (1997). Black sheat rot caused by *Gaeumanomyces graminis var. graminis* on rice Florida.

**Duque, A.** (2019). La estrella de Panamá: Siembra nacional de arroz con 34% de avance. Disponible en: <https://www.laestrella.com.pa/economia/200621/siembra-nacional-arroz-34-avance#:~:text=En%20Panam%C3%A1%2C%20la%20actividad%20arrocera%20la%20desarrollan%201%2C185%20productores%2C%20con,h%C3%BAmedo%20y%20socio%20por%20ha.>

**EcuRed.** (2019). *Trichoderma asperellum*. Disponible en: [https://www.ecured.cu/index.php?title=Trichoderma\\_asperellum&oldid=3499710](https://www.ecured.cu/index.php?title=Trichoderma_asperellum&oldid=3499710)  
**Fernández, L.** (2001). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. *Manejo Integrado de Plagas*, 62(1), 96-100 pp.

**Franquet, J.** (2013). Economía del arroz: variedades y mejora. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2006a/fbbp/1c.htm>

**Garrido, M. & Vilela, N.** (2016). Capacidad antagónica de *Trichoderma harzianum* frente a *Rhizoctonia*, *Nakatea sigmoidea* y *Sclerotium rolfsii* y su efecto en cepas nativas de *Trichoderma* aisladas de cultivos de arroz. *Scienta Agropecuaria*. 10 (2), 199-206. Universidad Nacional de Trujillo. Obtenido el 18 de noviembre de 2022, de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7017357>

**Infante, Danay, Martínez, B, González, Noyma, & Reyes, Yusimy.** (2009). MECANISMOS DE ACCIÓN DE *Trichoderma* FRENTE A HONGOS FITOPATÓGENOS. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1), 14-21. Recuperado en 21 de octubre de 2021, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522009000100002&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522009000100002&lng=es&tlng=es)

**Macías C., V. A.** (2019). EFECTO DE *TRICHODERMA* SOBRE LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE ARROZ EN EL SECTOR PERIMETRAL DAULE. Universidad de Guayaquil. Obtenido el 15 de noviembre de 2022, de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/45332/1/Mac%c3%adas%20Castro%20Vicenta%20Adelaida.pdf>

**Martínez, B., Infante, D. & Reyes, Y.** (2019). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal* 28 (1). CUBA. Obtenido el 11 de noviembre de 2022 de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s1010-27522013000100001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1010-27522013000100001)

**Martínez, E., Abreu, J. & García, D.** (2014). Presencia de *Gaeumannomyces graminis var. graminis* y *Magnaporthe salvinii* en variedades de arroz cultivadas en Cuba. *Fitosanidad*, 18(3), 163-168 pp.

**Maya, V.** (2019). *Trichoderma harzianum*. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Trichoderma\\_harzianum](https://www.ecured.cu/Trichoderma_harzianum)

**Méndez M, B. C.** (2022). EVALUACIÓN DE CEPAS DE *Trichoderma* spp. SOBRE ENFERMEDADES DEL COMPLEJO MANCHADO DE GRANO EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN EL CANTÓN SALITRE – PROV. GUAYAS. TRABAJO EXPERIMENTAL. GUAYAQUIL – ECUADOR. Obtenido el 18 de noviembre de 2022, de: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MENDEZ%20DOMINGUEZ%20BLANCA%20CECILIA.pdf>

**Meneses, R., Gutiérrez, A., García, A., Antigua, G., Gómez, J., Correa, F., Calvert, L. & Hernández, J.** (2008). Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz.

**MIDA.** (2019). Inicia cosecha de arroz 2019 con apoyo del Gobierno. Disponible en: <https://mida.gob.pa/blog/inicia-cosecha-de-arroz-2019-con-apoyo-del-gobierno>

**Núñez M., L. & Pavone M., D.** (2014). Tratamiento biológico del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de vivero empleando el hongo *Trichoderma* spp. *Interciencia: Revista de Ciencia y Tecnología de América.* 9 (3). 185-190. Obtenido el 17 de noviembre de 2022 de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5504386>

**Osorio-Hernández, E., Hernández-Morales, J., Conde-Martínez, V., Cibrián-Tovar, J., Vaquera-Huerta, H. & Michel-Aceves, A. C.** (2015). Evaluación de glucanasas y quitinasas producidas por *Trichoderma* spp. sobre *Phytophthora parasitica* y *Fusarium oxysporum* *in vitro*. *Fitosanidad.* 19 (2), 101-107. México. Obtenido el 10 de noviembre de 2022, de: <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209149784009.pdf>

**Ospina, G., & Higuera, A.** (2009). Alternativas de control de la mancha naranja (*Gaeumannomyces graminis* var. *Graminis*. *Revista Arroz,* 57(479), 13-21pp.

**Peixoto, C., Ottoni, G., Filippi, M., Silva, V. & Prabhu, A.** (2013). Retrieved from Biology of *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* isolates from rice and grasses and epidemiological aspects of crown sheath rot of rice. *Scielo Brasil.* Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762013000600005>

**Pérez-Torres, E., Bernal-Cabrera, A., Milánes-Pirelles, P., Sierra-Reyes, Y., Leiva-Mora, M., Marín-Guera, S. & Monteagudo-Hernández, O.** (2018). Eficiencia de *Trichoderma harzianum* (cepa a-34) y sus filtrados en el control de tres enfermedades fúngicas foliares en arroz. *BioAgro.* 30(1). Obtenido el 17 de noviembre de 2022, de: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612018000100002](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100002)

**Rachdawong, S., Cramer, C., Grabau, E., Stromberg, V., Lacy, G. & Stromberg, E.** (2002). Retrieved from *Gaeumannomyces graminis* vars. *avenae*, *graminis*, and *tritici* Identified Using PCR Amplification of Avenacinase-like Genes. *APS Journals*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.6.652>  
Ramac. (2013). Vertigo 32.5 SC. Disponible en: [https://www.ramac.com.ni/?page\\_id=307](https://www.ramac.com.ni/?page_id=307)

**Regado A., R. A.** (2016). EFECTO DE BIOHEALTH (CEPAS DE *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis*) SOBRE ENFERMEDADES FUNGOSAS EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.). Ecuador. Obtenido el 15 de noviembre de 2022, de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19622/1/Regato%20Alvarado%20Ren%c3%a9%20Rodrigo.pdf>

**Rodríguez, I.** (1990). Efecto antagónico de ocho aislamientos de *Trichoderma* contra *Fusarium moniliforme* (Booth) y *Fusarium subglutinans* (Booth). Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo Universidad Agraria de La Habana.

**Ruiz L, Leguizaman L.** (1996). Efecto del contenido de materia orgánica del suelo sobre el control de *Rosellinia borodes* con *Trichoderma spp.* *Cenicafé*, 47(4):179-186 pp.

**Ruíz-Sánchez, M., Echverria-Hernández, A., Muñoz-Hernández, Y., Martínez-Robaina, A. Y. & Cruz-Triana, A.** (2022). Aplicación de dos cepas de *Trichoderma asperellum* S. como estimulante de crecimiento en el cultivo del arroz. *Cultivos Tropicales*, 43 (1), e10. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Cuba. Obtenido el 17 de noviembre de 2022, de: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/download/1646/3236>

**Sandoval, I., López, M.** (2002). Antagonismo de *Trichoderma harzianum* A-34 hacia *Macrophomina phaeoli* y otros patógenos fúngicos del frijol. *Fitosanidad*, 4(3-4):69-72 pp.

**SILVA G., B., RÉGO M., C. F., FRANÇA S., K. S., SOUSA T., P., NASCENTE A., S., LANNA, A. C., FILIPPI M., C. C., SOUZA A., C. A & BEZERRA, G. A.** (2022). Uso de *Trichoderma* en el cultivo de arroz. *DF: Embrapa*, 355-367. BRASIL. Obtenido el 10 de noviembre de 2022, de: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1146363>

**Tanya Morocho, Mariuxi, & Leiva-Mora, Michel.** (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. Recuperado en 08 de junio de 2022, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es).

**Valdés R., E. L.** (2014). Caracteres principales, ventajas y beneficios agrícolas que aporta el uso de *Trichoderma* como control biológico. *Agroecosistemas*. 2 (1), 254-264. Universidad de Cienfuegos. Obtenido el 10 de noviembre de 2022, de: [https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/40/pdf\\_24](https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/40/pdf_24)

**Walker, J.** (1975). Take-all diseases of gramineae: a review of recent work. *Review of Plant Pathology* 54:113-144.

## 8. ANEXOS.



**Facultad de Ciencias Agropecuarias • Universidad de Panamá**  
Educación para un mejor Futuro del Sector Agropecuario, la Gastronomía y la Familia

**LABORATORIO DE SUELOS Y AFINES**

Resultados Confiables al Alcance del Productor Nacional

### Análisis de Suelo

**ATENCIÓN:** EST. ALEJANDRO APARICIO  
PROF. ZIDY VISSUETTI  
**LUGAR:** GUARUMAL, ALANJE, CHIRIQUÍ  
**FECHA:** 11 DE OCTUBRE DE 2022

N°	Arena	Limo	Arcilla	CLAF. TEXTURAL	pH (H <sub>2</sub> O)	ACIDEZ		Al	Ca	Mg	K	Na	Fe	Cu	Mn	Zn	P	Mat.Org.												
	%				(1:2.5)	cmol/Kg = meq/100g										ppm = (mg/L) = (mg/Kg)			%											
1	71.1	16.6	12.3	Franco Arenoso	5.4	A	0.20	b	0.00	b	1.39	b	1.7	a	0.2	b	0.5	b	239.9	a	12.55	a	3.29	b	8.2	m	94.25	a	6.27	a

**mA=** Muy Ácido

**A=** Ácido

**pA=** Poco Ácido

**N=** Neutro

**Alc=** Alcalino

**mAlc=** Muy Alcalino

**a=** alto

**m=** medio

**b=** bajo

**IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS**

1 S-315 TESIS M-1

**PROF. LILIANA L. ESCALANTE**  
Química Analista Especializada  
Reg. 218 ID 0019  
Jefa de LABSA

**FGA** | Chiriquí 772-9413  
Panamá 523-5478  
fciencias.agrope@up.ac.pa

**LabSA** | 523-3915 • 772-9063  
6090-9752 • 6707-0136 • 6484-2568  
labsa.fca.up@gmail.com

**#YoSoyFCA**

### Anexo 1. Análisis de suelo de la parcela experimental.