

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL

DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

**MAESTRÍA EN INTENSIFICACIÓN AGROECOLÓGICA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA
NUTRICIONAL**

**Determinar la eficiencia de *Beauveria bassiana* en el control de *Stenotarsonemus spinki*
Smiley y *Trichoderma harzianum* en el control de *Gaeumannomyces graminis* en el cultivo de
arroz (*Oryza sativa L.*) en el distrito de Alanje, provincia de Chiriquí Panamá.**

BELMA ELIZABETH SOTO FERNÁNDEZ

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN SOMETIDO A CONSIDERACIÓN DE LA
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN Y LA ESCUELA DE POSGRADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR AL GRADO DE**

**MÁSTER EN INTENSIFICACIÓN AGROECOLÓGICA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA
NUTRICIONAL**

TURRIALBA, COSTA RICA

2021

Trabajo final de graduación aceptado en su presente forma por la División de educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité consejero del estudiante como requisito para optar al grado de

MÁSTER EN INTENSIFICACIÓN AGROECOLÓGICA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA NUTRICIONAL

FIRMANTES:

Zyddi S. Vissueti S, MSc.

Profesor co-asesor

Jessica Arias Ramírez, MSc.

Profesora co-asesora

Nancy Chaves Méndez, PhD

Coordinadora de la maestría

Roberto Quirós, PhD.

Decano del Programa de posgrado

Belma Elizabeth Soto Fernández (**Estudiante**)

DEDICATORIA

A Dios: Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos además de su infinita bondad y amor.

A mi padre por su amor, apoyo incondicional, consejos y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi hijo Rodrigo por estar siempre, quiero ser tú ejemplo de perseverancia, te amo.

A mi hermano Franklin, su esposa Lidia y mis sobrinos Marisa y Frank que han llenado mis días de ilusiones y felicidad. Los amo.

A ti Magaly, hermana de corazón, amiga sincera y compañera incondicional.

AGRADECIMIENTOS

Particularmente, más que un profesor un amigo, a mi consejero principal Zyddi Vissuetti por su motivación, sabios consejos y aportes a mi formación académica y profesional durante este trabajo de grado.

A los miembros del comité, Jessica Arias, Nancy Chávez y todo el equipo de colaboradores del CATIE, quienes me brindaron su apoyo y conocimiento en todo momento durante mi trabajo de grado.

Al señor Arnulfo Morales propietario de la finca donde se realizó la investigación, le exhorto a continuar con ese espíritu de superación e innovación para beneficio de los productores del sector.

Al laboratorio Biotech por donar las cepas en estudio para realizar la investigación, en especial a Natalia Molina por sus atenciones y disposición a colaborar.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias que me permitió el laboratorio para realizar las pruebas necesarias.

Mi agradecimiento infinito al estudiante Alejandro Aparicio que me ha colaborado en campo, para la realización de este estudio.

A mis compañeros Arnoldo, Francia y Gabriel por el apoyo incondicional y la unión que nació durante esta maestría.

Muchísimas gracias a todos, Dios les bendiga y proteja siempre.

BIOGRAFÍA

La autora es de nacionalidad panameña nació en Aguadulce, provincia de Coclé, el 7 de marzo del año 1969. Llevó a cabo sus estudios universitarios en la Universidad de Panamá donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en 1994. Se ha desempeñado en el sector agropecuario en instituciones privadas y gubernamentales.

Desde el año 2015 a la fecha ocupa el cargo de Ingeniera Agrónoma – Profesora Asistente en la Escuela de Cultivo Tropical de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá.

ÍNDICE GENERAL

<i>DEDICATORIA</i>	<i>III</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>IV</i>
<i>BIOGRAFÍA</i>	<i>V</i>
<i>ÍNDICE DE CUADROS</i>	<i>IX</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>X</i>
<i>LISTA DE ACRÓNIMOS</i>	<i>XI</i>
<i>RESUMEN</i>	<i>XII</i>
<i>SUMMARY</i>	<i>XIII</i>
<i>Introducción</i>	<i>1</i>
1.1. Antecedentes	2
1.1.2. Justificación	4
1.1.3. Importancia	5
1.1.4. Objetivos	6
1.1.4.1. Objetivo general.....	6

1.1.4.2. Objetivos específicos	6
1.1.5. Preguntas e hipótesis del estudio	6
2. Revisión de literatura	8
2.1 Generalidades del cultivo de arroz	8
2.2 Principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo del arroz	11
2.3 Control de plagas y enfermedades por medio biológico	16
2.3.1 El manejo integrado de las plagas (MIP).....	17
2.3.1.1 ¿Qué son los microorganismos eficientes?	18
2.4 <i>Beauveria bassiana</i>	20
2.4.1 Generalidades de <i>Beauveria bassiana</i>	20
2.4.2 Modo de acción de <i>Beauveria bassiana</i>	21
2.5 <i>Trichoderma harzianum</i>	24
2.5.1 Generalidades de <i>Trichoderma harzianum</i>	25
2.5.2 Modo de acción de <i>Trichoderma harzianum</i>	25
3. Metodología	27
3.1 Ubicación del área de estudio	27

3.1.1	Clima	28
3.1.2	Actividades socioeconómicas	28
3.2	Procesos metodológicos	28
3.2.1	Primera fase: establecimiento del cultivo en campo	29
3.2.2	Segunda fase: laboratorio.....	32
3.2.3	Tercera fase: análisis estadístico.....	34
4.	Resultado	38
5.	Discusión	44
6.	Conclusión	46
7.	Recomendación	47
8.	Literatura citada	48
9.	Anexos	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Etapas del ciclo y morfología del ácaro del vaneo de arroz	11
Cuadro 2. Ejemplo de plagas y cultivos donde se ha aplicado <i>Beauveria bassiana</i>	23
Cuadro 3. Comportamiento de % de incidencia y % de severidad en tallos de <i>Gaeumannomyces graminis var graminis</i>	40
Cuadro 4. Resultado de las mezclas en lo referente a peso promedio * de 10 espigas / 1000 granos/ 1m ² , desarrollo vegetativo por tratamiento	41
Cuadro 5. Ingrediente activo biológico	42
Cuadro 6. Medias del porcentaje de severidad	43
Cuadro 7. Porcentaje de incidencia	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del ciclo y morfología del ácaro del vaneo de arroz	10
Figura 2. Daño en la panícula erecta, con granos vanos y manchados	14
Figura 3. La <i>Rupella albinella</i>	15
Figura 4. Cultivo de arroz afectado por <i>Gaeumannomyces graminis</i>	16
Figura 5. Ubicación del área de estudio	27
Figura 6. Parcela preparada para la siembra	29
Figura 7. Siembra de la parcela en estudio	30
Figura 8. Identificación de los tratamientos aplicados en campo	31
Figura 9. Representación de tratamientos al azar en campo	32
Figura 10. Recolección de muestras al azar en la parcela de estudio	33
Figura 11. Pasos en el laboratorio	34
Figura 12. Presencia de <i>Rupella albinella</i> en el área de estudio	39

LISTA DE ACRÓNIMOS, ABREVIATURAS Y UNIDADES

CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
EM	Microorganismos Eficientes
FCA	Facultad de Ciencias Agropecuarias de Panamá
IDIAP	Instituto de Innovación Agropecuaria
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censo de población y Vivienda
MIP	Manejo Integrado de Plagas
MIDA	Ministerio de Desarrollo Agropecuario
UP	Universidad de Panamá

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en determinar la eficiencia de *Beauveria bassiana* en el control de *Steneotarsonemus spinki* Smiley y de *Trichoderma harzianum* en el control de *Gaeumannomyces graminis* var *graminis* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en la finca La Cabezona, ubicada en Guarumal distrito de Alanje, provincia de Chiriquí, República de Panamá. Se realizó en el período comprendido del 15 de febrero al 15 de junio de 2021, la variedad de arroz Lazarroz FL, que se utilizó para este estudio, presenta una fenología de 120 días, y se sembró bajo el sistema de secano favorecido. El objetivo de estudio fue determinar la eficiencia de la mezcla de *Beauveria bassiana* *Trichoderma harzianum* para ambos la concentración fue de 1×10^{-9} en el control de *Steneotarsonemus spinki* Smiley y *Gaeumannomyces graminis* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

El diseño que se utilizó fue bloque completamente al azar (DBCA). Compuesto de cinco tratamientos, con cuatro repeticiones; los cuales fueron: testigo absoluto, tratamiento con agroquímicos, tratamiento con dosis de 1,0 Kg/Ha, 1,5 Kg/Ha y 2,0 Kg/Ha de las cepas de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum*. Previo a la siembra del cultivo de arroz el área de estudio fue inoculada con material vegetativo afectado con *G. graminis*.

Las muestras obtenidas fueron analizadas con el programa estadístico SAS CA USA 2008; a las cuales se les aplicó análisis de varianza, la prueba de medias de Tukey, porcentaje de incidencia y, porcentaje de seriedad. Los resultados obtenidos mostraron que: en cuanto, al control de enfermedad, el tratamiento T2 de Agroquímico fue el mejor seguido por T4 de 1,5 Kg /Ha para el mal del pie producida por la enfermedad de *G. graminis*. Lo mismo se presentó para *Rupela albinella* (el insecto de la novia del arroz) en cuanto a su control. El porcentaje de incidencia; -55% a los 21 días y el porcentaje de severidad 14% a los 55 días, nos permite concluir que el mejor tratamiento de los biológicos fue el T4 a razón de 1,5 Kg/Ha de la mezcla de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum*.

PALABRAS CLAVES: Arroz, microorganismos eficientes, *G. graminis*, *Rupela albinella*, *Beauveria bassiana*, *Trichoderma harzianum*, secano favorecido.

SUMMARY

The present research work consisted of determining the efficiency of *Beauveria bassiana* in the control of *Stenotarsonemus spinki* Smiley and *Trichoderma harzianum* in the control of *Gaeumannomyces graminis* var *graminis* in the cultivation of rice (*Oryza sativa* L.) in the La Cabezona farm, located in Guarumal district of Alanje, province of Chiriquí, Republic of Panama. It was carried out in the period from February 15 to June 15, 2021, the Lazarroz FL rice variety, which was used for this study, presents a phenology of 120 days, and was sown under the favored rainfed system. The objective of the study was to determine the efficiency of the mixture of *Beauveria bassiana* *Trichoderma harzianum* for both the concentration was 1×10^{-9} in the control of *Stenotarsonemus spinki* Smiley and *Gaeumannomyces graminis* in the cultivation of rice (*Oryza sativa* L.) The design that was used was completely random block (DBCA). Composed of five treatments, with four repetitions, which were: absolute control, treatment with agrochemicals, treatment with doses of 1.0 Kg/Ha, 1.5 Kg/Ha and 2.0 Kg/Ha of the strains of *Beauveria bassiana* and *Trichoderma harzianum*. Prior to planting the rice crop, the study area was inoculated with vegetative material affected with *G. graminis*. The samples obtained were analyzed with the statistical program SAS CA USA 2008; to which analysis of variance, tukey's mean test, percentage of incidence and percentage of serenity were applied. The results obtained showed that in terms of disease control, the T2 treatment of Agrochemical was the best followed by T4 of 1.5 Kg / Ha for foot disease caused by *G. graminis* disease. The same was presented for *Rupela albinella* (the rice bride insect) in terms of its control. The incidence percentage -55% at 21 days and the percentage of severity 14% at 55 days. It allows us to conclude that the best treatment of the biologics was T4 at the rate of 1.5 Kg/Ha of the mixture of *Beauveria bassiana* and *Trichoderma harzianum*.

KEY WORDS: Rice, efficient microorganisms, *G. graminis*, *Rupela albinella*, *Beauveria bassiana*, *Trichoderma harzianum*, favored dry land.

1. Introducción

El cultivo de arroz constituye en la actualidad el grano básico de más de dos mil millones de personas alrededor del planeta, que representan la tercera parte de la población mundial. Un 90% de la producción mundial depende de pequeños agricultores y comunidades en los países empobrecidos, generalmente en superficies inferiores a la hectárea (IDEAS 2007). El consumo mundial de este producto es, desde mediados de los años ochenta, de alrededor de 65 kilogramos per cápita al año, del cual más del 87.0% se dedica a la alimentación humana o a manufactura alimenticia (IDEAS 2007)

Se conocen más de 40.000 diferentes variedades de arroz, de las cuales se comercializan principalmente dos variedades: el arroz africano (*Oryza glaberrima*) y el arroz asiático (*Oryza sativa L.*) (Pedraza 2012).

La producción de arroz en Panamá se da en varias provincias con diferentes altitudes, que van desde el nivel del mar hasta altitud de 2500 metros, requiere de suelos con alto contenido de arcilla. Panamá es el de mayor consumo per cápita de la región centroamericana con 70 Kg/persona/año (MIDA 2020)

El cultivo de arroz en Panamá ha sufrido un incremento de plagas y enfermedades lo cual ha aumentado el uso de agroquímicos para el control de estas, ocasionando afectaciones al ambiente ya sea por desconocimiento de los productores y el interés económico de las empresas dedicadas a la comercialización de estos; y conservan la humedad por más tiempo (Franquet 2004).

El uso indiscriminado de agroquímicos en el cultivo de arroz trae como consecuencia la degradación de los suelos, lo cual a su vez ocasiona un pobre desarrollo de las plantas de arroz y por ende el aumento en los costos de producción, disminuyendo la cantidad de

hectáreas sembradas, y reducción de ingresos a los pequeños productores que se dedican al cultivo de arroz. Todo lo anterior poniendo en riesgo la seguridad alimentaria nutricional del país (FAO 2015)

Por lo tanto, surge la necesidad de utilizar los microorganismos eficientes para el control de plagas y enfermedades, los cuales brindan una producción, inocua para el consumo humano y que genera beneficios en la recuperación de los suelos a mediano plazo. En esta investigación se utilizó cepas de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* para el control de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (No se evidencio en campo, lo cual se evaluó *Rupela albinella*) y *Gaeumannomyces graminis* ya que son plagas que disminuyen los rendimientos en la producción panameña

1.1 Antecedentes:

El complejo ácaro-hongo-bacteria, afectó la sostenibilidad y rentabilidad del sector arrocero en Panamá en el año 2004, cuando ocasionó pérdidas significativas a los productores quienes vieron cómo se reducía su productividad en un 40% (Zachrisson 2009). En el ciclo agrícola 2004, el rendimiento promedio nacional fue de 69 qq/Ha, mientras en el 2003 se había alcanzado 95 qq/Ha. Esta situación generó crisis en el país, siendo este grano un producto tradicional, con un consumo per cápita que supera los 70 Kg por persona/año (MIDA 2020).

En el año 2003 de acuerdo con Quirós et al et al 2005, se detectaron en el área del Caño de Natá parcelas de arroz con 80-95% de las panículas erectas con granos manchados, vanos. Estas parcelas mostraron también daños por barrenadores y virus de la hoja blanca asociado a granos manchados y panícula erecta. En diciembre del 2003 se detectó en muestras de arroz procedentes del área del Coco distrito de Nata, daños por *Sarocladium* en la última vaina y presencia de ácaros en las vainas de las hojas (Almaguel 2004). Es posible que la epizootia detectada en el 2003 sea el producto, no sólo de los factores abióticos manifestados como

incrementos en los promedios de precipitación, temperatura del aire y humedad relativa, sino también por el uso inadecuado de los plaguicidas que afectaron las poblaciones de los enemigos naturales y favoreció la emergencia de plagas como los ácaros fitófagos. En marzo del 2004 la Dra. Lérica Almaguel confirmó que el ácaro responsable del vaneado de la panícula era *Steneotarsonemus spinki* (IDIAP 2011).

De acuerdo con Almaguel *et al.* 2003, en Cuba la presencia de *S. spinki* en asociación con *S. oryzae* produjo síntomas de esterilidad en la panícula y pudrición de la vaina. En Panamá, Nandakumar *et al.* 2007, describieron la asociación de las bacterias *Burkholderia glumae* (Kurita y Tabei) y *B. gladioli* (Severini) lo que produce los síntomas del tizón de la panícula Hummel *et al.* 2009 en Luisiana encontraron sintomatología de tizón bacterial de la panícula, un daño que incluye vaneamiento del grano y panículas erectas en plantas de arroz atacadas por el ácaro.

Steneotarsonemus spinki ha sido reportado causando pérdidas económicas en el cultivo de arroz en diferentes países como Taiwán (Cheng y Chiu 1999), China (Jiang *et al.* 1994), India (Ou *et al.* 1977). Para la agricultura de Cuba, es considerado como una de las principales plagas en cultivos de arroz, los registros del periodo 1997-98, cuando se confirmó su llegada a la Isla, indican que la producción se redujo en 70% y en los años siguientes las pérdidas estuvieron en el rango entre 30 y 60% (Ramos y Rodríguez 2000).

En Costa Rica, durante el 2004 ocurrieron las primeras infestaciones de *S. spinki* y se produjeron pérdidas de 96,000 t de arroz en la Provincia de Guanacaste, lo cual representó cerca del 45% de la producción del país y un estimado de pérdidas económicas de US\$ 11 millones (Navia *et al.* 2010).

Situaciones similares fueron encontradas en 1998 en República Dominicana, con pérdidas económicas y de producción aproximadas de 40% (Díaz *et al.* 1999; Ramos *et al.* 2001); en

Haití estas pérdidas fueron de 60% (Almaguel y Botta 2005) y entre 40 y 60% en Panamá (García 2005). En Colombia el ácaro fue registrado por el ICA en el 2005 y el mismo año fue declarada la emergencia fitosanitaria en todo el territorio nacional por la presencia de los ácaros *S. spinki* (Smiley) y *S. furcatus* (De León) en arroz. Mediante acciones de vigilancia fitosanitaria y diagnóstico vegetal y por información de productores de semilla se detectó la presencia de *S. spinki* en arroz producido en Casanare, Tolima, Huila y Norte de Santander, y *S. furcatus* en el Tolima. Toro (2014) reportó la presencia de *S. spinki* y *S. furcatus* en cultivos de arroz en los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Magdalena, Cesar, Norte de Santander, Valle del Cauca, Tolima, Huila y Meta.

1.1.2 Justificación

A nivel mundial, se han reportado muchos casos exitosos de control biológico de estos patógenos como *B. bassiana*, *T. harzianum*, micorrizas entre otras (Zachrisson 2014). Al ser un cultivo de necesidad alimentaria que cubre el 50% de la dieta diaria del panameño (INEC 2010), se hace necesario controlar plagas que afecten la producción sostenible, mediante el incremento de los rendimientos calidad, la reducción de los costos, la desaceleración de la degradación ambiental causada por el excesivo uso de plaguicidas, y a su vez favorecer el incremento en la rentabilidad y competitividad del cultivo (MIDA 2008).

Según Quezada (1989) el control biológico en Panamá no había alcanzado un desarrollo significativo y existían pocos reportes registrados para esta época. Actualmente el control de plagas y enfermedades en el cultivo del arroz se ha orientado a la producción haciendo uso de productos biológicos reduciendo un poco el uso de los productos químicos o sintéticos. Este fenómeno se atribuye en gran parte a la aplicación desmesurada de insecticidas, lo que ha provocado el desequilibrio en el agroecosistema de arroz (Zachrisson 2010). Por otro lado, la influencia directa de los factores abióticos sobre la dinámica poblacional de los insectos y plagas, también (Zachrisson 2014)

Al tenerse evidencia de la existencia de los patógenos como *Steneotarsonemus spinki* Smiley y *Gaeumannomyces graminis* en el área de estudio. La misma se ubica en Alanje, uno de los trece distritos que conforma la provincia de Chiriquí (Panamá). Se manifiestan 2 tipos de clima en Alanje: el tropical de sabana (Awi) y el tropical húmedo (Ami) (ETESA 2021), ambos se caracterizan por una estación seca de unos tres meses de duración y temperaturas medias en el mes fresco (EcuRed 2010). La alta capacidad agrológica de sus suelos ha permitido el desarrollo de actividades agrícolas diversas entre la que está el cultivo de arroz (INEC 2016).

Utilizamos la *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* como una alternativa, de control de plagas como el *Steneotarsonemus spinki* Smiley y *Gaeumannomyces graminis* de esta investigación, que aseguren la producción del cultivo del arroz, importante para la seguridad alimentaria y nutricional de Panamá, tanto por tradición cultural como por hábito alimentario.

1.1.3 Importancia

El arroz es el cultivo de mayor importancia en Panamá en términos de área cultivada y consumo. Es la principal fuente de ingresos para más de 1700 agricultores (MIDA 2019). Su importancia nutricional y económica en Panamá es muy alta, con un consumo per cápita anual de 70,12 Kg por persona/año de arroz, siendo uno de los mayores consumidores de este grano en el mundo (MIDA 2020). En el distrito de Alanje se produce el 70% de la producción nacional (MIDA 2020)

Estadísticas de la Dirección de Agricultura del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), indican que en el año agrícola 2019-2020 se han sembrado 67,558 hectáreas de arroz, es decir, 3,437 hectáreas más en comparación con el periodo anterior que registró 64,121 hectáreas. Del total sembrado de arroz, el 92.2% es de secano (62,280 hectáreas con 988 productores) y 7.8% con sistema de riego (5,278 hectáreas de 53 productores). El

informe indica que la provincia de Chiriquí registra el mayor porcentaje de siembra del producto, seguida de Panamá Este y Los Santos.

1.1.4 Objetivos

Objetivo general

Determinar la eficiencia de *Beauveria bassiana* en el control de *Steneotarsonemus spinki* Smiley y *Trichoderma harzianum* en el control de *Gaeumannomyces graminis* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el distrito de Alanje Panamá.

Objetivos específicos

- 1- Diagnosticar la presencia actual de las plagas *Steneotarsonemus spinki* Smiley y *Gaeumannomyces graminis* en el área de estudio.
- 2- Evaluar la eficiencia de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* en el control de las plagas *Steneotarsonemus spinki* Smiley y *Gaeumannomyces graminis* y fitopatógenos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)
- 3- Establecer la dosis más adecuada de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* como control biológico de plagas para las condiciones agroclimáticas del distrito de Alanje.

1.1.5 Preguntas e Hipótesis del estudio

1.1.5.1 Hipótesis

- Ho. El uso de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* presentan control sobre las plagas y fitopatógenos del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L)

- Hi. El uso de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* no presentan control sobre las plagas y fitopatógenos del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*)

1.1.5.2 Preguntas

- 1- ¿Con el muestreo en el área de estudio se puede encontrar la presencia de las plagas *Steneotarsonemus spinki Smiley* y *Gaeumannomyces graminis*?

Diagnosticar la presencia actual de las plagas *Steneotarsonemus spinki Smiley* y *Gaeumannomyces graminis* en el área del ensayo.

- 2- ¿El uso de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* presentan control sobre las plagas y fitopatógenos como *Steneotarsonemus spinki Smiley* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*)?

Evaluar la eficiencia de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* para el control de las plagas y fitopatógenos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*)

- 3- ¿Cuál es la dosificación más adecuada para las condiciones agroclimáticas de Alanje en el control biológico de las plagas en evaluación?

Establecer la dosificación más adecuada para las condiciones agroclimáticas de Alanje en el control biológico de las plagas en evaluación

2. Revisión de literatura

2.1 Generalidades del cultivo de arroz

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cultivo que provee más de la mitad del alimento diario a una tercera parte de la población mundial. Es el único cereal importante que se destina casi exclusivamente a la alimentación humana (INFOAGRO 1995). Sus virtudes como alimento son numerosas: es rico en vitaminas y en sales minerales que cubren en un alto porcentaje las necesidades alimenticias del ser humano (Niño C 2013). Presenta bajos contenidos de grasa (1%), libre de colesterol y muy bajo contenido de sodio (Pincioli 2010). Por estas características, el arroz es un recurso importante para las poblaciones rurales y para la seguridad alimentaria en muchos países de bajos ingresos. Es un cultivo que se produce en más de 100 países, con una superficie cultivada que asciende a 158 millones de hectáreas (MIDA 2008).

El cultivo de arroz participa en la economía nacional de Panamá con un 2,5% del PIB. El sector agropecuario panameño tradicionalmente ha desempeñado un papel protagónico dentro del desarrollo económico y social del país (MIDA 2014). En términos de su aporte relativo a la economía nacional, 3,4% del PIB, 70% del valor de las exportaciones y 19% de la generación de empleos directos e indirectos (INEC 2016).

El arroz es el principal cultivo del país y es sembrado en los sistemas de secano favorecido y de riego. El sistema de secano favorecido puede ser a "chuzo", que corresponde al sistema campesino; y el secano comercial mecanizado (FAO 2010).

El ciclo fenológico del arroz se ha dividido en cinco fases fenológicas, iniciando desde la fase de germinación y emergencia (fase 1) hasta la fase de maduración de la planta (fase 5).

La duración del ciclo varía de acuerdo con la variedad y las condiciones de la región productiva del país.

- Fase de germinación y emergencia: comprende desde la siembra de la semilla hasta la aparición de la primera hoja completa con vaina. Esta esta etapa tiene una duración aproximada de 7 a 8 días (Velásquez *et al.* 2015).
- Fase de macollamiento: en esta etapa empiezan a emerger los hijos primarios de los nudos del tallo principal. Después que se desarrollan los hijos primarios siguen emergiendo los hijos secundarios sucesivamente. La duración de la fase comprende desde la aparición de la cuarta hoja verdadera hasta la presencia de la novena hoja verdadera (Velásquez *et al* 2015).
- Fase de diferenciación del primordio: durante esta fase la planta empieza a desarrollar internamente la panícula, hasta que posteriormente la panícula emerge sobre el cuello de hoja bandera. Al inicio se puede observar la panícula haciendo un corte longitudinal en la hoja bandera. La fase de diferenciación del primordio comprende desde la aparición de la novena hoja verdadera hasta que la emergencia de la panícula. En variedades de ciclo intermedio la diferenciación floral se da a los 65 días después de la germinación, en variedades de ciclo más corto esta fase se reduce a los 50 días y en variedades de ciclo largo dura aproximadamente entre 70 a 75 días (Velásquez *et al* 2015).
- Fase de floración: después que emerge la panícula inmediatamente se da la antesis de las flores, es decir la apertura floral (Fernández *et al* 1985; Velásquez *et al* 2015). En esta fase las anteras empiezan a derramar el polen y éste inicia la fecundación de las espiguillas, una vez que se ha depositado en los estigmas (Degiovanni *et al* 2010). Esta etapa puede durar alrededor de 7 a 10 días.

- Fase de maduración: después de la polinización de las flores comienza la formación del grano lechoso. El grano mantiene un color verde al inicio de la fase y posteriormente éste se vuelve pastoso y de color amarillento al entrar en el estado de madurez (Velásquez *et al.* 2015). Las fases de crecimiento anterior se ilustran en la figura 1.

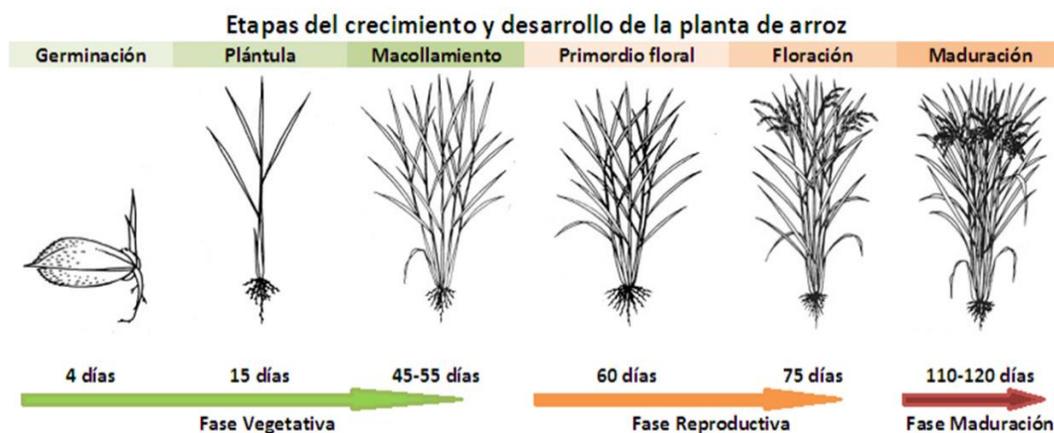


Figura 1. Etapas del crecimiento y desarrollo de la planta de arroz

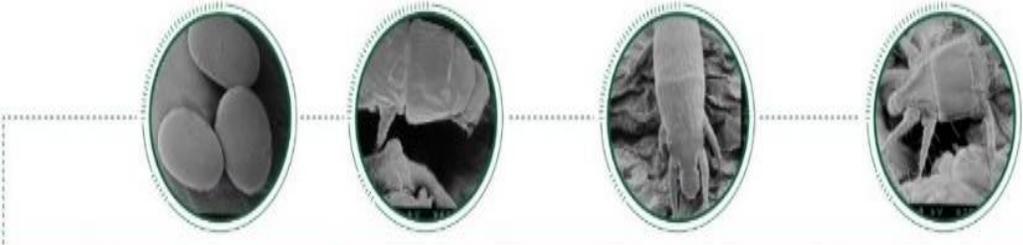
Fuente: Quirós McIntire 2005

El arroz se cultiva en diversos tipos de suelos y climas, especialmente bajo condiciones de alta humedad relativa y alta temperatura; sin embargo, estos ambientes son favorables para el desarrollo de un gran número de insectos y patógenos (FAO 2010). Las plagas y enfermedades constituyen las principales limitantes en el cultivo de arroz, pues se estima que destruyen aproximadamente el 35% de la producción; además, restringen la expansión de las áreas de cultivo y aumentan los costos de producción debido a los gastos realizados por la adquisición y aplicación de insumos necesarios para su control, incrementando sus costos de producción (MIDA 2008).

2.2 Principales plagas y enfermedades que afectan el cultivo del arroz

En primera instancia tenemos la *Steneotarsonemus spinki* Smiley plaga de interés de este estudio descrita en el Cuadro 1, se ilustra las etapas del ciclo y morfología del ácaro del vaneo de arroz

Cuadro 1. Etapas del ciclo y morfología del ácaro del vaneo de arroz



	HUEVO	LARVA	LARVA-PUPA	ADULTOS
Forma	Semirredondos dispuestos en masas (aunque ocasionalmente separados).	Las larvas emergidas son ovalada alargada	Las larvas se transforman en 'pupas larvales'. Forma ovalada con los extremos bien agudos.	Son cristalinos solo visibles con lupa. Los machos caminan rápidamente y se mantienen activos muy móviles.
Color	Traslúcidos (recién puestos). Cambia con el avance del desarrollo hasta blanquecino turbio (próximos a su eclosión)	Traslucido recién nacidas y en la medida en que se desarrollan color blanquecino con una mancha blanca en la parte ventral.	Blanco hialino y una mancha blanca de forma rectangular.	Cargan a las pupas hasta que emerge el adulto hembra. Los adultos hembras presentan idiosoma alargado, de mayor tamaño que los machos.
Movilidad y alimentación		Hexápoda y muy móvil	Estado de desarrollo inmóvil (pero fisiológicamente activo). No se alimentan, son cargadas y transportadas por el macho sobre el dorso.	La cópula se realiza cuando emerge el adulto hembra, después se separan.

Fuente: Crop Life

Ácaro del vaneó del arroz (*Steneotarsonemus spinki* Smiley): Es una plaga que tiene como principal hospedante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Causa daño mecánico a la planta a lo largo del interior de las vainas de las hojas, afecta directamente el raquis de las panículas e influye en los mecanismos de circulación de los nutrientes (Zachrisson 2014)

Las panículas afectadas presentan granos malformados, manchados y un porcentaje importante de granos vanos. Esto se refleja en una disminución de los rendimientos que puede oscilar entre 30 a 60%, dependiendo de la susceptibilidad de la variedad (Jiménez 2009)

Las lesiones mecánicas ocasionadas por el ácaro facilitan la penetración y diseminación de las conidias del hongo oportunista *Sarocladium oryzae* (Sawada/Gams y Hawks), quien ocasiona la enfermedad conocida como pudrición de la vaina. La diseminación de *S. spinki* en la región Caribe incrementó la incidencia de la infección por el hongo *Sarocladium oryzae* (Sawada) (Moniliaceae) (Chow *et al.*, 1980; González y Cárdenas 2003; Ramos y Rodríguez 2001).

Este hongo fitopatogénico puede causar pudrición de la vaina y, en combinación con altas infestaciones de *S. spinki*, ocasiona reducción significativa en la producción del cultivo. De acuerdo con Almaguel *et al.* 2003, en Cuba la presencia de *S. spinki* en asociación con *S. oryzae* produjo síntomas de esterilidad en la panícula y pudrición de la vaina. En Panamá, Nandakumar *et al.* 2007, describieron la asociación de las bacterias *Burkholderia glumae* (Kurita y Tabei) y *B. gladioli* (Severini) lo que produce los síntomas del tizón de la panícula Hummel *et al.* 2009 en Luisiana encontraron sintomatología de tizón bacterial de la panícula, un daño que incluye vaneamiento del grano y panículas erectas en plantas de arroz atacadas por el ácaro.

Steneotarsonemus spinki ha sido reportado causando pérdidas económicas en el cultivo de arroz en diferentes países como Taiwán (Cheng y Chiu 1999), China (Jiang *et al.* 1994), India (Ou *et al.* 1977). Para la agricultura de Cuba, es considerado como una de las principales plagas en cultivos de arroz, los registros del periodo 1997-98, cuando se confirmó su llegada a la Isla, indican que la producción se redujo en 70% y en los años siguientes las pérdidas estuvieron en el rango entre 30 y 60% (Ramos y Rodríguez 2000). En Costa Rica, durante el 2004 ocurrieron las primeras infestaciones de *S. spinki* y se produjeron pérdidas de 96,000 t de arroz en la Provincia de Guanacaste, lo cual representó cerca del 45% de la producción del país y un estimado de pérdidas económicas de US\$ 11 millones (Navia *et al.* 2010).

Situaciones similares fueron encontradas en 1998 en República Dominicana, con pérdidas económicas y de producción aproximadas de 40% (Díaz *et al.* 1999; Ramos *et al.* 2001); en Haití estas pérdidas fueron de 60% (Almaguel y Botta 2005) y entre 40 y 60% en Panamá (García 2005).

En Colombia el ácaro fue registrado por el ICA en el 2005 y el mismo año fue declarada la emergencia fitosanitaria en todo el territorio nacional por la presencia de los ácaros *S. spinki* Smiley en arroz. Mediante acciones de vigilancia fitosanitaria y diagnóstico vegetal y por información de productores de semilla se detectó la presencia de *S. spinki* en arroz producido en Casanare. Toro (2014) reportó la presencia de *S. spinki* y *S. furcatus* en cultivos de arroz en los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Magdalena, Cesar, Norte de Santander, Valle del Cauca, Tolima, Huila y Meta.

La población de *Steneotarsonemus spinki* se incrementa a partir de la fase de inicio del primordio floral hasta la apertura de la panícula. Por otro lado, las lesiones mecánicas facilitan la infección de las bacterias fitopatógenas, favoreciendo al complejo y aumentando la severidad de este (Zachrisson 2014). Estas lesiones las podemos observar en la figura 2, daño en la panícula erecta, con granos vanos y manchados que está a continuación.



Figura 2. Daño en la panícula erecta, con granos vanos y manchados.

Fuente: OIRSA, 2018.

***Rupella albinella* Crame**

Esta plaga conocida comúnmente como la novia del arroz, se presenta en el cultivo entre 35 y 40 días después de la germinación (ddg) y permanece hasta la etapa vegetativa (Zachrisson et al. 2010). El daño es causado por la fase larval, la cual durante el primer instar, penetra el tallo en la región superior del cuello de la raíz, abriendo galerías (Zachrisson et al. 2005). La destrucción de los vasos conductores de nutrientes y agua (xilema y floema), provocado por la larva al introducirse al interior del tallo, se traduce en el amarillamiento de las hojas localizadas en la región superior de la planta (Zachrisson et al. 2010). Los huevos de la plaga ubicados en el haz de las hojas se presentan agregados y sobrepuestos, cubiertos por una masa algodonosa como se puede observar en la (Figura 3), los cuales son parasitados por *Telenomus rowani* (Him *Scelionidae*) (Zachrisson et al. 2005).

El entomólogo Bruno Zachrisson 2011, investigador de las plagas que afectan el cultivo de arroz en Panamá, manifestó que la *Rupela albinella* (novia del arroz), la cual es una plaga barrenadora que existe desde hace mucho tiempo en el país sin causar daños considerables; sin embargo, debido al uso excesivo de insecticidas en la región, se están eliminando los controladores naturales que atacan a los huevecillos de este insecto.

Se registra la presencia de adultos de *R. albinella* a partir del inicio del primordio floral hasta el inicio de floración, en la etapa vegetativa no se registra y escasos insectos en la maduración. (Saavedra 2006).



Figura 3. La *Rupela albinella*.

Fuente. EcuRed 2010

***Gaeumannomyces graminis*:** Este hongo causa la enfermedad conocida comúnmente como Pudrición de la hoja envainadora en el cultivo del arroz, produciendo severos daños en los estados de llenado, cuajado y maduración de la panícula. Es un hongo difícil de combatir

existiendo pocos fungicidas recomendados para su combate (Quirós, McIntire 2005). Podemos apreciarlo en la figura 4 a continuación.



Figura 4. Cultivo de arroz afectado por *Gaeumannomyces graminis*.

Fuente:http://lac.harvestplus.org/wpcontent/uploads/2018/11/revista_manual_produccion_s_emillaarroz.pdf

2.3. Control de plagas y enfermedades por medio biológico

El Control Biológico en su definición más sencilla, significa “la regulación de un organismo como consecuencia de la actividad de otro, lográndose con ello un equilibrio poblacional” (Espinosa 2014)

Las enfermedades constituyen una limitante en el cultivo de arroz. Las más relevantes son las causadas por bacterias que hasta hace un tiempo presentaban poca importancia. Sin

embargo, existen bacterias que manifiestan facciones benéficas y son conocidas como rizobacterias, promotoras del crecimiento vegetal o PGPR (Plant Growth Promoting) por sus siglas en inglés; a lo largo de las investigaciones científicas, varios grupos de bacterias han sido eficientemente aisladas y multiplicadas para el desarrollo de inoculantes utilizados en una escala extensiva (Bhattacharyya y Jha 2012).

Cuando se utilizan microorganismos como agente patogénico o controlador, nos referimos entonces a un control microbiológico de agentes patógenos (Carballo et al. 2004). Si bien existen referencias a lo largo de la historia sobre su uso, ha sido en los últimos 30 años que este tipo de estrategia ha cobrado relevancia con los estudios de fitopatógenos por Almaguel 2008, Zachrisson et al. 2002, 2005, 2009, 2010, 2014 con el estudio de diferentes cultivares del IDIAP. Tuñón 2018 con el estudio de otros patógenos en cultivares de arroz en Panamá. En el mundo biológico existe una interacción continua entre los patógenos potenciales y sus antagonistas, de forma tal que estos últimos contribuyen a que en la mayoría de los casos no se desarrollen la enfermedad. En condiciones naturales los microorganismos están en un equilibrio dinámico en la superficie de las plantas (Fernández 2001).

En las últimas décadas, se ha descrito el efecto que ejerce una gran diversidad de microorganismos rizosféricos en el control de organismos fitopatógeno, ya que la rizosfera representa la primera línea de defensa de la planta contra organismos fitopatógeno-edáficos, evitando así el establecimiento de éstos en la raíz (Villa *et al.*2017).

2.3.1. El manejo integrado de las plagas (MIP)

Se apoya en el monitoreo de la población de plaga y si se superan los umbrales- se hacen aplicaciones calendarizadas. El objetivo es mantener la población en bajos niveles sin causar perjuicio económico al agricultor. Los Programas MIP están destinados también a retrasar la evolución y selección de resistencia de insectos a las biotecnologías o a cualquier otra práctica de control (Jiménez 2009). Se apunta a manejar, factores que favorecen la selección

de resistencia para mantener muy baja la frecuencia de individuos resistentes a nivel del lote (OIRSA 2018)

El suelo es un recurso viviente y dinámico que condiciona la producción de alimento, su calidad tiene un papel fundamental en el mantenimiento del balance entre producción y consumo de dióxido de carbono en la biosfera (FAO 2015). El suelo no sólo es la base para la agricultura, sino que de él depende toda la vida del planeta. La mayor parte de las etapas de los ciclos biogeoquímicos tienen lugar en él (García 2011).

Algunos hongos entran en simbiosis con las raíces llamadas micorrizas. Son más activos en suelos arenosos y pobres en materia orgánica. La simbiosis se ve favorecida por la pobreza mineral del suelo. Los géneros de hongos más importantes asociados a las raíces de las plantas son *Aspergillus spp*, *Penicillium spp*, *Rhizopus spp* y *Trichoderma spp*. El *Aspergillus spp* y el *Penicillium spp* movilizan el fósforo y el nitrógeno del suelo. El *Trichoderma spp* sostiene la humedad en las raíces en condiciones de sequía (Lizarra y Restrepo 2014).

2.3.1.1 ¿Qué son los microorganismos eficientes?

El profesor japonés Teruo Higa (1991; 1994; 1995) es quien desarrolló el concepto de “Microorganismos Eficientes” (EM). Según este investigador, los EM son cultivos mixtos de microorganismos benéficos, de ocurrencia natural en suelos no alterados, que pueden ser aplicados como inoculantes para incrementar la biodiversidad microbial de los suelos y plantas. EM contienen grupos microbiales seleccionados por sus funciones benéficas, incluyendo bacterias ácido-lácticas, actinomicetos, levaduras y un número menor de bacterias fotosintéticas (Higa y Parr 1994).

Los microorganismos, también llamados microbios u organismos microscópicos, son seres vivos que sólo puede visualizarse con el microscopio. La ciencia que estudia a los

microorganismos es la Microbiología. «Micro» del griego (diminuto, pequeño) y «bio» del griego (vida) seres vivos diminutos. Son organismos dotados de individualidad que presentan, a diferencia de las plantas y los animales, una organización biológica elemental (EcuRed 2010). El suelo constituye el sustrato en el que la mayor variedad de microorganismos se pueda encontrar. Esto se justifica por la presencia de elevadas concentraciones de nutrientes que existen en él (Tejera *et al.* 2011).

Los microorganismos son particularmente efectivos bajo condiciones óptimas de sustrato, disponibilidad de agua, presencia o ausencia de oxígeno (dependiendo de si los microorganismos son aeróbicos o anaeróbicos), pH y temperatura ambiental (Tejera *et al.* 2011). Un gran número de microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos y cianobacterias) son usados para remediar problemas asociados con el uso de fertilizantes químicos y pesticidas (p.e., elementos potencialmente tóxicos como los metales pesados), y están ahora siendo aplicados ampliamente en la agricultura orgánica (Higa 1991; Higa y Párr. 1994).

Los microorganismos del suelo muchas veces son clasificados como benéficos o dañinos, de acuerdo con sus funciones y efectos en la calidad del suelo, así como en el crecimiento, la productividad o la sanidad de las plantas de cultivo (Higa 1991). Entre los microorganismos benéficos están aquellos que fijan nitrógeno atmosférico, descomponen desechos y residuos orgánicos, degradan pesticidas, mejoran la sanidad y nutrición de plantas y suprimen patógenos del suelo, incrementan el acceso a y el reciclaje de nutrientes y producen componentes bioactivos como vitaminas, hormonas y enzimas que estimulan el crecimiento de las plantas. Una clasificación específica de los microorganismos benéficos ha sido sugerida por el profesor japonés Teruo Higa (1991; 1994; 1995)

2.4. *Beauveria bassiana*

Las esporas del hongo *Beauveria bassiana*, descubierta por el botánico entomólogo italiano Agostino Bassi en 1912.

Taxonomía

Reino: *Fungi*

Familia: *Clavicipitaceae*

Orden: *Hypocreales*

División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Género: *Beauveria*

Especie: *Beauveria bassiana*

2.4.1 Generalidades de *Beauveria bassiana*

Las esporas de *Beauveria bassiana* al entrar en contacto con el agua inician su germinación y actividad enzimática que les permite degradar y penetrar la cutícula de los insectos plagas, reproduciéndose rápidamente, invadiendo los tejidos y produciendo toxinas que finalmente les causan la muerte, la cual puede tardar entre 4 y 7 días (Chávez 2007). Sin embargo, desde el momento de la infección los insectos plagas dejan de ser un problema, ya que pierden

movilidad, cesan su alimentación y muestran desorientación, hasta cuando ocurre su muerte (Infoagro 1995)

Actualmente en la agricultura se hace hincapié en el uso de productos más amigables con el ambiente y la salud humana. En ese sentido, los microorganismos entomopatógenos constituyen una herramienta importante para el manejo integrado de plagas (Pincioli 2011). Tal es el caso de los hongos entomopatógenos que poseen gran potencial como agentes controladores de poblaciones de artrópodos. Entre los géneros más importantes están: *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Rhizopus* y *Fusarium*.

Dentro de estas, la especie más utilizada comercialmente alrededor del mundo es *Beauveria bassiana* por los resultados favorables que ha mostrado en el control de insectos plagas de diferentes cultivos.

2.4.2 Modo de acción *Beauveria bassiana*

Es un hongo imperfecto de la clase *Deuteromycetes*, capaz de infectar a más de 200 especies de insectos. Es de apariencia polvosa, de color blanco algodonoso o amarillento cremoso (SET 2014). El ciclo de vida de este hongo consta de dos fases: la patogénica y la saprofitica (Téllez et al 2009). El desarrollo del hongo se puede dividir hasta en ocho etapas, mismas que se describen a continuación:

Adhesión: El primer contacto entre el hongo entomopatógeno y el insecto sucede cuando la espora (conidio) es depositada en la superficie del insecto (SET 2014)

Germinación: El conidio inicia el desarrollo de su tubo germinativo y un órgano sujetador (llamado apresorio), que le permite fijarse a la superficie del insecto. Para una germinación

adecuada se requiere una humedad relativa del 92 % y temperatura de entre 23 a 25 °C (SET 2014).

Penetración: Después de la fijación mediante mecanismos físicos (acción de presión sobre la superficie de contacto) y químicos (acción de enzimas: proteasas, lipasas y quitinasas), el hongo ingresa en el insecto a través de las partes blandas (Infoagro 1995).

Producción de toxinas: Dentro del insecto, el hongo ramifica sus estructuras y coloniza las cavidades de hospedante (Infoagro 1995). Produce la toxina llamada Beauvericina que ayuda a romper el sistema inmunológico del patógeno, lo que facilita la invasión del hongo a todos los tejidos (SET 2014). Otras toxinas que secreta son beauvericin, beauverolides, bassianolide, isarolides, ácido oxálico y los pigmentos tenellina y bassianina que han mostrado cierta actividad insecticida. El propósito de las toxinas es evitar el ataque a las estructuras invasivas del hongo.

Muerte del insecto: Muerte del patógeno y marca fin de la fase parasítica, dando así inicio a la fase saprofítica (SET 2014).

Multiplicación y crecimiento: Después de la muerte del insecto, el hongo multiplica sus unidades infectivas (hifas) y estas de manera simultánea crecen, terminando por invadir todos los tejidos del insecto y haciéndose resistente a la descomposición, aparentemente por los antibióticos segregados por el hongo (Infoagro 1995). Después de la completa invasión, el desarrollo posterior del hongo sobre el insecto depende de la humedad relativa, y en caso de no contar con las condiciones idóneas el insecto permanece con apariencia de momia (Infoagro 1995).

Penetración del interior hacia el exterior: Solo si las condiciones ambientales lo permiten el hongo penetra las partes blandas del insecto y emerge hacia el exterior (Infoagro 1995).

Producción de nuevas unidades reproductivas. Al contar con las condiciones para su desarrollo inicia la producción de nuevas unidades reproductivas o conidios (SET 2014). Aplicaciones del hongo *Beauveria bassiana* en campo *Beauveria bassiana* debe aplicarse bajo condiciones propicias para su desarrollo, es decir, deben prevalecer condiciones idóneas de medio ambiente (temperatura y humedad) y la presencia de hospederos (plaga objetivo) (SET 2014). Las formas de aplicación suelen ser: mediante aplicaciones foliares, siendo la más común y se emplean formulaciones líquidas o sólidas a pH 6 o 7; uso de trampas con organismos inoculados con el hongo, adicionando feromonas como atrayente; y, a través del riego en “drench” (SET 2014). Para que *Beauveria bassiana* actúe requiere ponerse en contacto con el insecto, de otra manera no tendrá acción alguna (Infoagro 1995). Como se observa en el cuadro 2, las plagas y cultivos donde se ha utilizado la *Beauveria bassiana*.

Cuadro 2. Ejemplos de plagas y cultivos donde se han aplicado *Beauveria bassiana*

Plaga	Cultivo y autor que lo reporta
Broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i>)	Café (Monzón 2001, Goettel <i>et al</i> 1990)
Picudo algodonero (<i>Anthonomus grandis</i>).	Algodón (Monzón 2001)
Mosquita blanca y trips	Hortalizas (Goettel <i>et al</i> 1990)
Gusano defoliador (<i>Dione juno</i>)	Maracuyá (Malpartida <i>et al</i> 2013)

Fuente: Autora con la recopilación de datos de Zachrisson *et al.* 2010

2.5 *Trichoderma harzianum*

La *Trichoderma harzianum* es un hongo beneficioso para las plantas, ampliamente utilizado como agente de control biológico contra diversos patógenos vegetales. Se utiliza en aplicaciones foliares, tratamiento de semillas y suelo para el control de diversas enfermedades producidas por hongos (Infoagro 1995)

Taxonomía

Reino: *Fungi*

Familia: *Hypocreaceae*

Orden: *Hypocreales*

División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Género: *Trichoderma*

Especie: *T. Trichoderma*

Sinonimia: *Sporotrichum narcissi* Tochinai y Shimada, (1930) - *T. lignorum* var. *narcissi* (Tochinai y Shimada) Pidopl., (1953) - *T. narcissi* (Tochinai y Shimada) Tochinai y Shimada, (1931)

2.5.1 Generalidades de *Trichoderma harzianum*

Estos hongos estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas, además del efecto de control biológico que ejercen sobre patógenos que reducen el crecimiento radicular (Camargo et al 2014).

Trichoderma harzianum son hongos que están presentes en casi todos los suelos. Normalmente son los hongos con mayor presencia en ellos. También se dan en otros hábitats (Higa y Parra 2018)..

Algunos productos fitosanitarios fabricados con *Trichoderma harzianum* son eficaces para control de Botrytis, Fusarium y Penicillium. También se utiliza para la fabricación de enzimas.

2.5.2 Modo de acción de *Trichoderma harzianum*

Según Coyne & Claudius 2007 los hongos de *T. harzianum* colonizan rápidamente las raíces de las plantas. Ataca, parasita y/o se alimenta de otros hongos mediante numerosos mecanismos para atacarles y a la vez mejorar.

Los mecanismos de acción mediante los cuales *Trichoderma harzianum* enfrenta hongos fitopatógenos son fundamentalmente de tres tipos: 1) competencia directa por el espacio o los nutrientes debido a su alta velocidad de crecimiento 2) fungistasis mediante producción de metabolitos secundarios de naturaleza volátil o no volátil, y 3) parasitismo directo de las especies sobre los hongos fitopatógenos (Guédez et al. 2012).

Aplicaciones sucesivas de fungicidas, ejercen presión de selección sobre el patógeno, lo que conlleva a la aparición de poblaciones de este con resistencia al principio activo de los productos. En este sentido, es importante considerar que existen métodos alternativos de

control de enfermedades, entre los que destaca la utilización de microorganismos antagónicos (Núñez y Pavone 2014; Santos et al. 2014). Los hongos antagonistas son una herramienta de importancia en el control biológico; entre los más estudiados están los del género *Trichoderma*, biocontroladores de microorganismos patógenos de plantas (Martínez et al. 2008).

Aunque el género *Trichoderma* posee especies caracterizadas como controladores biológicos de patógenos presentes en el suelo, se ha demostrado que tienen acción contra los hongos causantes de enfermedades foliares (Martínez et al. 2013).

La tendencia cada vez más acentuada a disminuir los costos de producción y los niveles de residuos químicos en los productos agrícolas, el respeto por el medio ambiente y la falta de productos eficaces en muchos casos sitúa al control biológico como una alternativa o al menos un complemento del control químico (Poveda y Cruz 2010). Siendo Panamá un gran consumidor de arroz, es necesario que se fortalezcan estrategias y métodos alternativos de control de estas enfermedades.

3. Metodología

3.1 Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en la Finca La Cabezona, corregimiento de Querévalo, ubicada en el distrito de Alanje, provincia de Chiriquí república de Panamá. Propiedad del sr. Arnulfo Morales. Con la siguiente coordenada de $8^{\circ}22'00''\text{N}$ $82^{\circ}31'00''\text{O}$ y Latitud: 8.3666667 N y Longitud: -82.516667° , con suelos franco arenosos y arenosos dentro de la zona de vida de Bosque Húmedo Tropical según Holdridge (Tossi 1971). Bajo sistema de secano favorecido. En la figura 5 podemos apreciar la ubicación satelital del estudio.



Figura 5. Ubicación del área de estudio.

Fuente: Google map

3.1.1 Clima

Se manifiestan 2 tipos de clima en Alanje: el tropical de sabana (Awi) y el tropical húmedo (Ami), ambos se caracterizan por una estación seca de unos tres meses de duración y temperaturas medias en el mes más fresco (EcuRed 2020)

3.1.2 Actividades socioeconómicas

La alta capacidad agrológica de sus suelos ha permitido el desarrollo de actividades agrícolas diversas: cultivos de arroz, maíz, sorgo, habas, frijoles chiricanos y de palo, sandía, zapallo, melón, caña de azúcar y banano (INEC 2010)

3.2 Procesos metodológicos

El estudio estuvo enfocado en la utilización de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* para el control de dos de las principales plagas y enfermedades como lo son *Steneotarsonemus spinki* Smiley no teniendo la presencia de esta plaga se evaluó la plaga presente en el área comúnmente conocida como novia del arroz (*Rupela albinella*) y *Gaeumannomyces graminis* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).

Previo a la siembra del cultivo de arroz y primera aplicación de la mezcla de cepas de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* se trató el terreno del ensayo con material vegetal que presenta hongos fitopatógenos de *Gaeumannomyces graminis* para asegurar la presencia de este ejerciendo una presión de infestación para asegurar la patogenicidad en esta área de estudio. Una vez realizado esto se aplicó una prueba de laboratorio para asegurar la presencia del *Rupela albinella* y *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* inoculando platos Petri con una dilución de suelo.

Para el desarrollo de la metodología la he dividido en tres fases

3.2.1 Primera fase; establecimiento del cultivo en campo.

Se seleccionó el área de estudio, preparación del terreno, limpieza de maleza y residuo y siembra en parcelas de una dimensión de 2,5 metros de frente por 3,0 metros de fondo. Se realizó la limpieza de un metro alrededor de las parcelas para evitar hospederos de plagas y enfermedades. Dichas parcelas fueron separadas por 0,5 metros entre subunidades experimentales y entre bloques de un metro. Teniendo una parcela dividida en subunidades y una parcela útil en estudio de 7.5 M², como se puede observar en la figura 6.



Figura 6. Parcela preparada para la siembra

Fuente: Autora

Siembra: la variedad de arroz empleada es Lazarroz FL es una variedad generada en Costa Rica, se sembró en secano favorecido para la época seca; no se tiene precipitaciones, lo cual requiere riego. En esta época seca comprendida entre enero a abril, en donde la temperatura promedio aumenta y las lluvias son muy pocas. Se inició la siembra el 15 de febrero para medir el ciclo que debe cubrir entre 105 -120 días. Presentó su floración entre los 75 a 80

días después de la germinación, mientras que la cosecha es entre los 115 a 120 después de haber germinado.

La siembra se realizó manualmente a chorro, a partir del 15 de febrero de el 2021, como lo hace el pequeño productor, con una proporción de 3,5 quintales de semilla por hectarea. Podemos apreciarlo en la figura 7.



Figura 7. Siembra de la parcela en estudio.

Fuente: Autora

Se utilizó los bioplaguicidas *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* producidos por el Laboratorio Biotech para el control de plagas y enfermedades del cultivo de arroz.

Las dosis utilizadas fueron 1,0 Kg, 1,5 Kg y 2,0 kg/ha de *B. bassiana* y *T. harzianum*. Los tratamientos son: un testigo (sin tratar), control absoluto (aplicaciones de agroquímicos) y tres dosis diferentes de cada producto mezclados para su aplicación por aspersión, que se describen a continuación: D1= 1,0 Kg/Ha D2 = 1,5 Kg/Ha D3 = 2,0 Kg/Ha

Cinco Tratamientos: T1 = Testigo sin control, T2= Control Agroquímicos, T3= 1,0 Kg/Ha, T4= 1,5 Kg/Ha, T5= 2,0 Kg/Ha de *B. bassiana* y *T. harzianum*.

Momentos de aplicación

Primera aplicación= al momento de la siembra

Segunda aplicación = 10 días después de la siembra

Tercera aplicación= 21 días después de la siembra

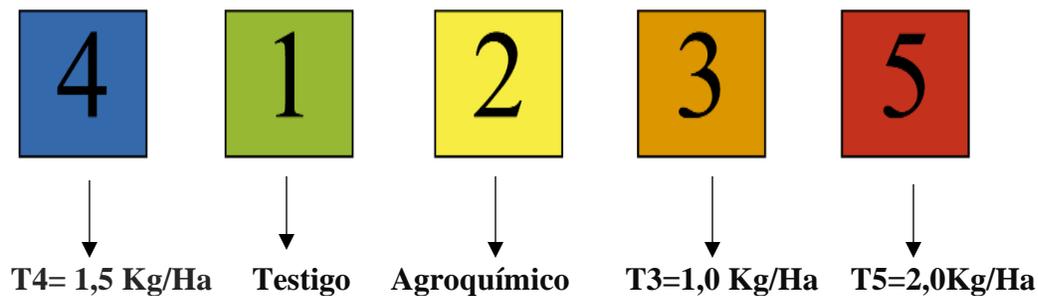


Figura 8. Identificación de los tratamientos aplicados en campo

Fuente: Autora

Los tratamientos fueron mezclados para su aplicación, con ordenamiento al azar en campo como es visible en la figura 9 a continuación

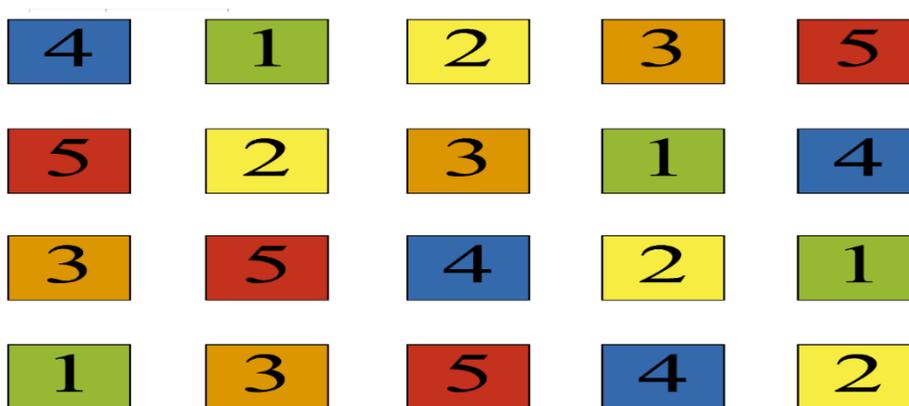


Figura 9: Representación de tratamientos al azar en campo

Fuente: Autora.

3.2.2 Segunda fase: laboratorio.

Después de la segunda aplicación y haber corroborado en campo que las plantas están con presencia del hongo *G. graminis* variedad *graminis*, se tomó muestras en campo 60 días después para analizarlas en el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá. Se muestrearon 4 plantas de arroz por cada subunidad experimental, para un total por tratamiento de 20; rotulando cada una de las muestras, para evitar la línea de custodia. Las muestras fueron procesadas inmediatamente después de ser colectadas, como se puede ver en la figura 10.



Figura 10. Recolección de muestras en el área de estudio.

Fuente: Autora

En el laboratorio se guardaron todas las normas de asepsia y esterilización del equipo a utilizar. Se procedió con el lavado o limpieza de las muestras con agua a chorro del grifo para eliminar el exceso de material contaminante para procesar las muestras. Se limpiaron con agua, se colocaron en papel toalla para eliminar el exceso de humedad. La inoculación del material vegetal se realizó en platos Petri con su identificación (medio de cultivo PDA, tratamiento y repetición, día-mes-año y parte vegetal inoculada). Se colocaron a 2 cm del borde del plato Petri las muestras vegetales una vez están desinfectadas las partes que se van a inocular, utilizando una tenaza fina y una aguja de disección.

La desinfección inició con 2 vidrios reloj con hipoclorito de sodio donde los cortes de muestras estuvieron por 5 segundos en cada uno. Posteriormente, para romper la tensión superficial se pasará a un vidrio reloj con alcohol al 70 % y enjuagados en 2 vidrio reloj con agua destilada esterilizada por 5 segundos.

La siembra, para inoculación se realizó en una cámara de transferencia laminar. Los platos Petri, se sellaron con papel parafinado y se procedió a ubicar los platos Petri en la cámara de crecimiento, a una temperatura de 28°C. Las muestras se analizaron entre 48 a 72 horas posterior a ser inoculadas. De allí se tomaron muestras para obtener un cultivo puro. El proceso de laboratorio tomo alrededor de 8 días, como se puede observar en la figura 11:

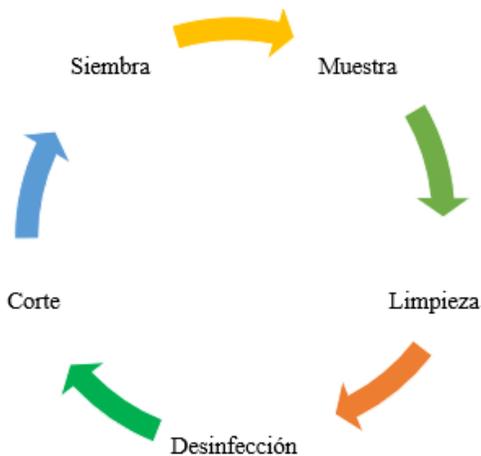


Figura 11. Pasos de laboratorio

Fuente: Autora.

3.2.3 Tercera fase:

Análisis estadístico

El análisis estadístico fue realizado para el parámetro de rendimiento con el programa estadístico SAS Versión Ocho corriéndose, los siguientes análisis

- Análisis de varianza (ANOVA)

- Contraste de medias (PRUEBA DE DUNCAN)

□ Modelo lineal aditivo para este diseño fue el siguiente: $Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = observación de la variable de respuesta efectuada en la unidad experimental ubicada en el bloque j th, que recibió el tratamiento i th.

μ = media del rendimiento estimado por la media general del ensayo.

i = efecto de los tratamientos i th.

B_j = efecto del bloque j th.

E_{ij} = error experimental asociado con la observación del bloque j th, tratamiento i th.

Dónde:

$i = 1, \dots, t$

$j = 1, \dots, b$

El análisis estadístico que se utilizó es el análisis estadístico satelital en el cual se empleó bloques, seleccionados al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones para cada dosificación.

Para el análisis se hizo la mezcla de los dos bioplaguicidas a base de cepas *B. bassiana* y *T. harzianum* producidos por el laboratorio Biotech, disueltos en agua. Es importante considerar el pH del agua a utilizar debe tener un valor menor a 4 para que no influya en la efectividad de los microorganismos eficientes. Posteriormente, la mezcla se colocó en una bomba para la aplicación por aspersión a los respectivos bloques, considerando los diferentes momentos de aplicación antes mencionados.

Se buscó medir, por lo tanto, las variables de efectividad ante las plagas en estudio, dosificación más adecuada y rendimiento del cultivo al utilizar los bioplaguicidas.

Análisis Estadístico Satelital (SAS, C.A. USA del 2008).

Mediante este programa con los resultados de campo se realizó un análisis de varianza a un alfa de 0,05 y la comparación de medias de Duncan si la $Pr > F$ es menor a 0.05.

Bloque I: 2 1 5 3 4, Bloque II: 3 2 4 5 1, Bloque III: 2 5 1 4 3, Bloque IV: 4 3 1 5 2

Las fuente de variación para el análisis estadístico son: Fuentes Grados de libertad
Tratamiento $(t-1) = 4$ Bloques $(r-1) = 3$ Error $(t-1)(r-1) = 12$

Modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

μ = media general

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento

B_j = efecto del j-ésimo bloque

E_{ij} = error experimental en la unidad j del tratamiento i

Los efectos de tratamientos y bloques son aditivos

- ✓ No hay interacción entre bloques y tratamientos.
- ✓ La relación entre los tratamientos es la misma en cada uno de los bloques.

Cada observación del experimento es expresada mediante una ecuación lineal en los parámetros, el conjunto conforma el modelo para el diseño de bloques completos al azar: μ τ β e_{ij} $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij}$ $i=1,2,\dots,t$ $j=1,2,\dots,r$ μ = Parámetro, efecto medio τ_i = Parámetro, efecto del tratamiento I β_j = Parámetro, efecto del bloque j e_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la u.e. i,j Y_{ij} = Observación en la unidad experimental

Estimación de parámetros por mínimos cuadrados del error $\sum \tau_i = 0$; $\sum \beta_j = 0$; $\sum \mu = Y_{..}$ $\tau_i = Y_{i.} - Y_{..}$ $\beta_j = Y_{.j} - Y_{..}$ e_{ij} El error en cada unidad experimental puede ser encontrado por diferencia: $e_{ij} = Y_{ij} - Y_{i.} - Y_{.j} + Y_{..}$

Forma general del ANOVA

FV	GL
Bloques	$r-1=3$
Tratamientos	$t-1=4$
Error	$(r-1)(t-1)=12$
Total	$(r t)-1=19$

Aplicación de programas estadísticos

El Statistical Analysis System (SAS) 2008, fue diseñado como una herramienta de análisis de datos para todo propósito. SAS proporciona herramientas para el almacenamiento y recuperación de información, modificación de datos y programación; elaboración de reportes, estadística simple y avanzada, y el manejo de archivos (CAUSA 2012). Varios de los productos de SAS son integrados con el SAS BASE para proporcionar un sistema completo. Por ejemplo, el módulo SAS/STAT provee una poderosa herramienta para procedimientos de análisis estadístico el cual incluye regresión, análisis de varianza, análisis de datos categórico, análisis multivariado, análisis discriminante, análisis de conglomerados, etc. (CAUSA 2012). El módulo SAS/ETS provee procedimientos para realizar análisis de series de tiempo y el SAS/IML es usado para la manipulación de datos matriciales (CAUSA 2012)

4. Resultado

Para el cultivo de arroz con la variedad Lazarroz FL, con un ciclo fenológico de 120 días, se inició el muestreo a los 60 días de haber germinado el cultivo, para medir la eficiencia de las cepas de *Beauveria bassiana* en el control de *Steneotarsonemus spinki* Smiley y *Trichoderma harzianum* en el control de *Gaeumannomyces graminis* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

En el campo no se tuvo la presencia del *Steneotarsonemus spinki* Smiley esto lo podemos adjudicar que antes de la siembra se inóculo el área de estudio con las plagas, sin embargo, se cuidaron todas las medidas para la propagación de dicho ácaro como lo fue el retiro de malezas, aplicación de la mezcla de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum*.

Así mismo, se realizó la siembra en época seca donde la temperatura es más alta lo cual evidencia la ausencia del *Steneotarsonemus spinki* Smiley según los estudios realizados por Hummel et al 2009, Santos et al 2002, que evaluaron el ciclo de duración del ácaro con temperatura de 15 °C y Ramos y Rodríguez 2000 que estudiaron la mortalidad del ácaro en el rango de 20 a 34 °C.

Como no se tuvo la presencia del *Steneotarsonemus spinki* Smiley se evaluó la mezcla de las cepas de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* en un insecto presente en el cultivo de arroz como lo fue la novia del arroz descrita anteriormente en las principales enfermedades y plagas del cultivo de arroz en Panamá, podemos observarla en la figura 12 a continuación.



Figura 12. Presencia de *Rupela albinella* en el área de estudio.

Fuente: Autora.

Para obtener mayor certeza de los resultados se realizó evaluación del % de incidencia y el porcentaje de severidad, para obtener dichos resultados se aplicaron las siguientes formulas.

% de incidencia = número de tallos enfermos / número de muestras x 100.

% de severidad = $\Sigma [(1*n.) + (2*n) + (3*n) + (4*n) + (5*n) + (6*n)] * 100 / N * 100$

N = tratamientos, n = % área afectada según escala.

Cuadro 3: Comportamiento de % de incidencia y % de severidad en tallos de *Gaeumannomyces graminis var graminis*

Tratamiento	% de incidencia 21 dds	% de severidad 55 dds
1. Testigo	77	83
2. Agroquímico (Vertigo)	55	10
3. <i>B. bassiana</i> - <i>T. harzianum</i> 1 kg/ha ⁻¹⁰ * 30 g	66	20
4. <i>B. bassiana</i> - <i>T. harzianum</i> 1,5 kg/ha ⁻¹⁰ * 45g	55	14
5. <i>B. bassiana</i> - <i>T. harzianum</i> 2,0 kg/ha ⁻¹⁰ * 60 g	50	19

Fuente: Autora

Podemos observar que en el Cuadro 3 tenemos los resultados para el porcentaje de incidencia y severidad en tallos de *Gaeumannomyces graminis var graminis* a los 21 días después de siembra presentándose la mayor incidencia en el tratamiento uno o sea el testigo y en los tratamientos T2 y T4 fue igual sin embargo en relación a la severidad el T2 presentó el mejor resultado con un 10, seguido del biológico T4.

Cuadro 4: Resultado de las mezclas en lo referente a peso promedio * de 10 espigas / 1000 granos/ 1m², desarrollo vegetativo por tratamiento

Tratamiento	Peso promedio 100 granos/cosecha	Peso promedio 1 grano/cosecha	Largo de la raíz cm/ 90 dde	Longitud del tallo en cm/ 90 dde
1. Testigo	29	0.029	7.71	121.3
2. Agroquímico (45	0.045	9.23	127
3. <i>B. bassiana T.</i> <i>harzianum</i> 1 kg/ha ⁻¹⁰ * 30 g	42	0.042	8.78	128.4
4. <i>B. bassiana T.</i> <i>harzianum</i> 1,5 kg/ha ⁻¹ * 45 g	50.8	0.051	8.87	128.7
5. <i>B. bassiana T.</i> <i>harzianum</i> 2,0 kg/ha ⁻¹ * 60 g	38	0.038	8.90	127

Fuente: Autora

Para el Cuadro 4 observamos que los mejores resultados en cuanto a peso promedio, largo de la raíz y longitud del tallo de las plantas de arroz a los 90 días después de siembra fue para el tratamiento cuatro como se indica anteriormente.

Al utilizar un producto biológico, como las cepa de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* proporcionado por el laboratorio Biotech, se analizó por separado ambos productos en el laboratorio de toxicología para conocer su caracterización como se puede observar en el Cuadro 5 siguiente:

Cuadro 5: Ingrediente activo biológico

No.	Registro	Descripción	pH	Densidad g/mL**	u.f.c./mL ***
1	O-21-03	B	7.8	1.01694	2.22E+10
2	O-21-04	T	8.4	1.01546	5.18E+11

** La determinación de la densidad se realizó por gravimetría

*** La determinación de la concentración se realizó por espectrofotometría a través de la escala de Mc Farlan

Fuente: Autora con datos del análisis de laboratorio de toxicología

Observamos que para la cepa de *Beauveria bassiana* resulto un pH de 7.8 con una densidad de 1.01694 de g/ml y para la cepa de *Trichoderma harzianum* fue un pH de 8.4 con una densidad 1.01546.

Cuadro 6: Medias del porcentaje de severidad

Método del rango múltiple de Duncan para el porcentaje de severidad.

Letras iguales indica que no hay diferencias significativas

Tratamiento	Repeticiones	Media	Grupo
1	4	83	A
3	4	20	B
5	4	19	B
2	4	14	B
4	4	10	C

Fuente: Autora

El Cuadro 6, evidencia diferencias significativas entre tratamiento. Siendo el tratamiento 4 el de menor severidad y seguido por los tratamientos 2 y 5 respectivamente $\alpha = 0.05$

Cuadro 7. Porcentaje de incidencia.

Programa SAS/ANOVA/Modelo general lineal

FV	GL	SC	Valor - F	PR >F
Tratamiento	4	1892.8000	11.25	0.0005
Bloque	2	623.2000	4.94	0.0185
Error	12	504.8000		
Total	19	3020.8000		

R-cuadrado = 0.83

Coefficiente de variación = 10.70

El Cuadro 7. Muestra que existen diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación indica que el modelo estadístico utilizado se adapta a este tipo de investigación.

5. Discusión

La investigación señala que los tratamientos de bioplaguicidas a base de cepas de *Beauveria bassiana* en el control de *Rupella albinella* y *Trichoderma harzianum* para *Gaeumannomyces graminis* plagas de interés comercial del cultivo arroz. Con cinco tratamientos, en el tratamiento uno, que es el testigo absoluto muestra diferencia significativa, en comparación con los otros tratamientos utilizados en la investigación como el T2= químico, T3, T4, y T5 mezcla de bioplaguicidas como los resultados obtenidos por Quintero 2019 para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz. Refirmado por Cruz 2019, Tuñón 2018, Urriola 2016, evidenciaron la eficiencia de bioplaguicidas en el control de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz como lo ha demostrado esta investigación.

La aplicación de *Trichoderma* en el arroz ha sido poco estudiada, sin embargo, en la última década se han obtenido resultados satisfactorios en el control de *P. oryzae* (Pérez et al., 2017), todos ellos mediante la interacción in vitro entre hongos fitopatógenos del arroz y especies de *Trichoderma*. Pérez-Torres et al. 2018, encontraron eficiencias para la inhibición de *P. oryzae* con cepas de *Trichoderma harzianum* de 63, 75 y 82% utilizando 10⁻⁹, 10⁻¹⁰ y 10⁻¹¹ UFC respectivamente. Esos resultados contrastan con los obtenidos en este estudio, ya que la cepa de *Trichoderma harzianum* presentó valores de inhibición de 44% a los 8 días de la inoculación.

Se realizaron todas las labores agrícolas necesarias en el cultivo de arroz para su normal desarrollo, tales como preparación del terreno, siembra, riego, fertilización, control de malezas, control fitosanitario y cosecha. Por los resultados obtenidos se determinó que el uso de *Trichoderma harzianum* produjo efecto en las enfermedad causadas por *Gaeumannomyces graminis* en arroz; la mayor incidencia y severidad de la enfermedad se reportó en el tratamiento testigo, sin aplicación de productos; la dosificación más eficaz fue

la mezcla de bioplaguicidas de 1,5 Kg/ha no coincidiendo con los estudios realizados por Cepeda 2018 utilizando *Trichoderma harzianum* no produjo efecto sobre la enfermedad.

Sin embargo la mayor incidencia y severidad de la enfermedad se reportó en el tratamiento testigo, sin aplicación de productos; el fungicida más eficaz fue Sitol (Difeconazole + Propiconazole) en dosis de 500 cc/ha; las características agronómicas como altura de planta, longitud de panícula, macollos y panículas/m² y porcentaje de granos llenos obtuvieron mayor respuesta cuando se aplicaron fungicidas químicos comerciales y el mayor peso de 1000 granos, rendimiento y beneficio neto alcanzó mayor valor con el uso de Sitol (Difeconazole + Propiconazole) en dosis de 500 cc/ha⁻¹. *Trichoderma harzianum* no presento control similar vs a una mezcla de agroquímico, frente a *Rhizoctonia solani*, *Gaeumannomyces graminis* en el cultivo arroz.

El porcentaje de incidencia y severidad del hongo *G graminis* concuerda con lo encontrado por Cepeda 2018. La dosis de la mezcla del biológico se logra resultados como lo evidencia el tratamiento 4 de este estudio y lo confirma Núñez *et al.* 2019. Los grados de severidad en el testigo absoluto a los 55 días después de germinadas casi todas las plantas estaban enfermas.

El peso del tratamiento 4 presenta tanto en su desarrollo vegetativo máximo y el peso promedio del grano mejores resultados lo cual se puede atribuir a la aplicación de los bioplaguicidas que favorecen el aumento del crecimiento vegetativo y rendimiento, similar a lo encontrado por Quintero 2019. Seguido del tratamiento dos (agroquímicos) posteriormente el tratamiento 3 y de ultimo el tratamiento 1. Si aplicamos tratamiento de las semillas con antagonistas del género *Trichoderma* proporciona un buen control de las enfermedades en etapas tempranas del desarrollo de las plantas, puede garantizar el control de patógenos presentes tanto en las semillas como en el suelo como demuestra OIRSA 2015.

6. Conclusión

Después de haber analizado los resultados obtenidos en este experimento, se desprenden las siguientes conclusiones:

- ✓ Existió la presencia de *Gaeumannomyces graminis* en menor cantidad que *Rupela albinella* mientras que el *Steneotarsonemus spinki* Smiley no tuvo presencia. Ambas cepas de microorganismos tuvieron eficiencia en las plagas evaluadas..
- ✓ Las cepas *Beauveria bassiana* y *Trichoderma harzianum* utilizadas en el estudio mostraron un 90% o más de efectividad sobre las plagas, sin embargo, no existe diferencia significativa de los tratamientos aplicados en diferente dosificación.
- ✓ Se recolectó de cada tratamiento cinco plantas al azar para el muestreo, arrojando los resultados que el tratamiento 1 que corresponde al testigo fue el que evidenció la mayor cantidad de insectos, sin embargo, no existió diferencia significativa en los tratamientos con dosificación de las cepas que afecte la rentabilidad de la producción.

7. Recomendación

- Realizar ensayos para evaluar el complejo de patógenos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) ya que se presentaron *Rhizoctonia solani* y *Sarocladium oryzae* sobre el *Steneotarsonemus spinki* Smiley en el área de estudio.
- Llevar a cabo estudios de validación de las cepas bacterianas y fúngicas con actividad antagónica a ensayos al cultivo de arroz en las diferentes regiones del país, para el control de plagas y enfermedades, reduciendo el uso de agroquímico.
- Evaluar la persistencia y establecimiento de los microorganismos eficientes en donde ellos no son endémicos y puedan persistir, en diferentes zonas del país a fin de contar con un cepario adaptado a las condiciones climáticas de Panamá.
- Fomentar la extensión del control biológico con un programa de manejo integrado como estrategia de una producción saludable, sostenible y de calidad que proveerá una seguridad alimentaria y nutricional a nuestro país.

8. Literatura citada

Almaguel, L.; Botta, E. 2005. Manejo integrado de *Steneotarsonemus spinki*, Smiley. Resultados de Cuba y transferencia para la región de Latinoamérica y el Caribe. Curso de Posgrado de Ácarología, Introducción a la Ácarología Agrícola. La Habana, Cuba. 44 p.

Almaguel, L.; Cabrera, R. I; Hernández, J.; Ramos, M.; Sandoval, I. 2002. Etimología, biología, ecología y manejo integrado del vaneado de la panícula y pudrición de la vaina del arroz en Cuba. Resultado Científico Premio MINAGRI y de la Academia de Ciencias de Cuba, Septiembre 2002. 245 p.

Almaguel, L.; Hernández, J.; De La Torre, P. E.; Santos, A.; Cabrera, R. I.; García, A.; Rivero, L. E.; Báez, L.; Cáceres, I.; Ginarte, A. 2000. Evaluación del comportamiento del ácaro *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en los estudios de regionalización desarrollados en Cuba. Fito sanidad 4 (1-2): 15-19 p..

Asesoramiento del Dr. Binns, J. 2021. Estadística. UP-FCA

Asamblea Nacional 2018. Declara el arroz como cultivo de seguridad alimentaria

nacional. ciudad de Panamá. Panamá. Consultado el 7 de marzo de 2021.

Disponible

en

https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28471_B/GacetaNo_28471b_20180223.pdf 18p

Barría Farrugia, A. 2012. Diagnóstico del sector arrocero de Panamá. Zamorano, Honduras.

4 al 6 p.

Bin, F. 1994. Biological control with egg parasitoids other than *Trichogramma*. In Wajnberg, E; Hassan. S. Biological Control in Egg Parasitoids. CAB International. p. 145-153

Cabrera, I. M.; Ramos, M. L.; Fernández, M. B. 2003. Factores que influyen la abundancia de *Steneotarsonemus spinki* en arroz, en Cuba. Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 69: 34-37

Camargo B., González O.; Quirós M.; B. Zachrisson; Von Ch. (q.e.p.d.). 2014. Manejo integrado del complejo ácaro (*Steneotarsonemus spinky*) - hongo (*Sarocladium oryzae*) bacteria (*Burkholderia glumae*), en el cultivo del arroz. In. Innovación Tecnológica para el Manejo Integrado del Cultivo del Arroz en Panamá. IDIAP, Panamá. Pag 114 – 138.

Castilla, L. A.; Pineda, D.; Ospina, J.; Echeverr, J.; Perafán, R.; Garcés, G.; Sierra, J.; Diaz, A. 2010. Cambios climáticos y producciones de arroz. Revista Arroz 58 (489): 5.

Carballo, M et al. CATIE, 2004 1a ed. Control biológico de plagas agrícolas Managua: 232 p. - (Serie técnica. manual técnico/CATIE; N.º 53)

CENTRAL RICE RESEARCH INSTITUTE (CRRRI). 2006. A new alternate host of rice panicle mite. CRRRI Newsletter 27 (3): 10.

Chamberlain, T-P; Daly, M-J; Medfield, C-N. S.f Utilization of effective microorganism's commercial organic agriculture – A case study from New Zealand. Canterbury, New Zealand, New Zealand Nature Farming Society. 8 p.

Chaves, M. 2016. Metodología para el Enfrentamiento *in vitro* de Hongos.

Chaves, N. P. 2007. Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico del nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thor. Tesis presentada en opción al Título Académico de Magister Ciencia en Agricultura Ecológica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 85 pp. Disponible en <http://www.sidalc.net/repdoc/a1654e/a1654e.pdf>.

Cheng, C. H.; Chiu, Y. I. 1999. Review of changes involving rice pests and their control measures in Taiwan since 1945. Taipei. Plant Protection Bulletin 41 (1): 9-34.

Comportamiento Poblacional de *Steneotarsonemus Spinki* Smiley (Acarí: Tarsonemidae) en el Cultivo del Arroz (*Oryza Sativa* L.) (en línea) Consultado el 30 de noviembre de 2020. Disponible en: http://www.utm.mx/edi_antteriores/Temas39/2NOTAS%2039-4.pdf

CONTIN A 1975 Cultivo de arroz. Manual de producción México Editorial Limusa 426 p

Correa-Victoria, F. 2006. Complejo ácaro-hongo-bacteria en el arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 7 p.

Cruz, B-P; Bruque, M-D. 2004. Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (EM) en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) híbrido Atar Ha-435. Guayaquil, Ecuador, Universidad de Guayaquil. 16 p.

Decreto ejecutivo de 1 de julio de 2014. Precios máximos de venta al consumidor, de 22 productos de la canasta básica familiar de alimentos en la República de Panamá. Panamá

Dunnett G. 2012. Análisis de varianza (Con un control) (en línea) Consultado el 30 de noviembre de 2020. Disponible en: https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf

EcuRed 2020. Distrito de Alanje, Panamá. (en línea) Consultado el 27 de junio de

2021. Disponible en:

[https://www.ecured.cu/Distrito_de_Alanje_\(Panam%C3%A1\)](https://www.ecured.cu/Distrito_de_Alanje_(Panam%C3%A1))

EcuRed Principales enfermedades y plagas del cultivo de arroz. (en línea) Consultado el 7 de marzo de 2021. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Distrito_de_Alanje_\(Panam%C3%A1\)](https://www.ecured.cu/Distrito_de_Alanje_(Panam%C3%A1))

FAO. 2015-2030. Perspectivas para el medio ambiente. Agricultura y medio ambiente. (en línea) Consultado el 7 de marzo de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.html>

FAO. 2010. Segundo Informe Nacional. Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en Panamá. Instituto de Investigación

Agropecuaria de Panamá, Comisión Nacional de Recursos Fitogenéticos de Panamá. (en línea) Consultado el 7 de noviembre de 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282912414_Segundo_Informe_Nacional_Estado_de_los_Recursos_Fitogeneticos_para_la_Alimentacion_y_la_Agricultura_en_Panama_2010_Instituto_de_Investigacion_Agropecuaria_de_Panama_Comision_Nacional_de_Recursos_Fitog

FEDEARROZ. 2010. Evaluación socioeconómica del arroz en Colombia. Consultado el 23 de abril de 2021. Disponible en: <http://www.fedearroz.com.co/revistanew/arroz488.pdf>

Franquet JM. 2004 Economía del Arroz: Variedades y Mejora. Primera edición - Edición electrónica gratuita España., 18-20p

García, M. P. 2005. Vaneamiento y manchado de grano en cultivos de arroz en Panamá. Revista Arroz 53 (455): 10-13.

Hargreaves, GH. 1981. Climate and Third World Agricultural. Asociacion Interciencia. Caracas, Venezuela. (en línea) Consultado el 22 de noviembre de 2020. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8692/Oferta_hidrica_en_la_microcuenca_del_rio_Para.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Hernández, LG; Escalona, MA. 2003. Microorganismos que benefician a las plantas: las bacterias PGPR. Revista de Divulgación Científica y Tecnología del a Universidad Veracruzana, 16 (1), 19-25. Recuperado en: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol16num1/articulos/microorganismos/micro.htm>

Higa, T y Párr. J. 2018. Microorganismos Benéficos y Efectivos para una Agricultura y Ambiente Sostenible (en línea) Consultado el 7 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2018/10/MICROORGANISMOS-DEL-SUELO-PARA-LA-AGRICULTURA.pdf>

IDEAS: Iniciativas de Economías Alternativas y Solidarias. 2007. La producción y el comercio internacional de arroz. Observatorio de Corporaciones Tradicionales. Boletín N° 16, Págs. 8 y 9. Nicaragua.(en línea) Consultado el 27 de febrero de 2021. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REE71I56p.pdf>

Infoagro. 1995. Guía de la Tecnología de EM. (en línea) Consultado el 27 de diciembre de 2020. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Boletin%20Tecnologia%20%20EM.pdf>

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2005. Resolución No. 001195 de 2005. Diario Oficial, edición 45.892. Miércoles 27 abril de 2005. Bogotá, Colombia. 17 p.

Instituto Nacional de Estadística y Censo 2016. Panamá en cifras https://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/subcategoria.aspx?ID_CATEGORIA=17&ID_SUBCATEGORIA=45&ID_IDIOMA=1

Jiang, P. Z.; Xie, X. J.; Chen, W. X.; Cao, S. Y.; Liang, Z. H. 1994. Regularity of incidence of *Steneotarsonemus spinki*. Guandong. Agricultural Science 5: 37-40.

- Jiménez, E. 2009. Métodos de control de plagas. (en línea) Consultado el 7 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10J61me.pdf>
- Leyva Fernández Y.; Zamora N.; Álvarez A.; Jiménez, M. 2003. Resultados preliminares de la dinámica poblacional del ácaro *Steneotarsonemus spinki*. Revista Electrónica Granma Ciencia 7 (1): 1-6.
- Lo, K. C.; Ho, C. C. 1979. Ecological observations on rice tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* (Acarina: Tarsonemidae). Journal of agricultural research of China 28 (3): 181-192.
- Madigan, MT; Martinko, J; Wesley, A. 2009. Brock. Biología de los microorganismos. 12^a ed. Madrid, Addison-Wesley. 1259 p.
- MIDA – IICA.2008. Plan de acción para la competitividad de la cadena de arroz en Panamá. (en línea) Consultado el 12 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/plan-de-accion-de-arroz-para-la-competitividad-de-la-cadena%5B1%5D.pdf>
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario) 2014. Aportes para el desarrollo del sector agropecuario y rural de Panamá, desde una política de estado de mediano y largo plazo. (en línea) Consultado el 12 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/aportesmidasector.pdf>
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario) 2020. Producción de arroz se incrementa. (en línea) Consultado el 12 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://mida.gob.pa/blog/produccion-de-arroz-se-incrementa-en-3437-hectareas/>

- Mondino, P. S. 2006. Control Biológico Postcocecha. Medidas para conservar fruta y hortalizas. , 1-158.
- Navarro, M. 2012. Inventario del complejo de malezas predominantes en áreas arroceras de riego y secano en Panamá. (en línea) Consultado: noviembre 23 de 2020. Disponible en: https://www.google.com/search?sxsrf=ALeKk03t5bANhWcdPbGqUQIszRtqKskxqA%3A1613689671809&ei=R_MuYKLtMIu25gKQ07O4DA&q=N
- Niño C. 2013. Ecosistema II. Cultivo de arroz en Lambayeque. ((en línea) Consultado noviembre 23 de 2020. Disponible en: <https://inicialciencia.blogspot.com/2013/07/el-cultivode-arroz.html>
- OIRSA. 2018. Manejo Integrado del Ácaro del Arroz (*Steneotarsonemus spinki Smiley*) y las enfermedades asociadas. (en línea) Consultado noviembre 23 de 2020. Disponible en: https://www.oirsa.org/contenido/2018/Sanidad_Vegetal/Manuales%20OIRSA%202015-2018/Manual%20de%20Manejo%20Integrado%20de%20S%20%20spinki%20versi
- Olmos S., 2007. Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz. (en línea) Consultado diciembre 23 de 2020. Disponible en: <https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf>
- Ou, T.; Fang, H. C.; Tseng, Y. H. 1977. Studies on *Steneotarsonemus madecassus* Gutierrez of rice. Plant Protection Bulletin 19: 21-29.

Páez, E.; Medina, D.; Guerra, J.; Martínez, W. 1992. Las malezas y su manejo en el cultivo del arroz en Venezuela. (en línea) Consultado el 30 de noviembre de 2020. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2015/SB_191_R5_U585_Vol.1.pdf

Pedraza, D., 2012. *Burkholderia glumae* como patógeno del arroz. del arroz. (en línea) Consultado diciembre 23 de 2020. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/383899079/Pedraza-Pineda-Diego-Felipe-2012>

Pérez Torres, Ernesto Juniors, Bernal Cabrera, Alexander, Milanés Virelles, Pausides,

Mora Leiva, Michel, Sierra Reyes, Yuri Sandra y Cupull Santana, René.

2017. Actividad antagónica de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre el agente causal del tizón del arroz (*Pyricularia grisea* Sacc.). Centro Agrícola, 44(3), 13-

19. Recuperado de

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025357852017000300002&lng=es&tlng=es.

Pérez, C. R; Duque, M. C. 2012. Muestreo y comportamiento del ácaro *Steneotarsonemus spinki* en el cultivo de arroz en Montería, Colombia. Revista arroz 60 (497): 31-39.

Pérez, C.A. 2004: Manejo Ecológico de Plagas. La Habana, Cuba. Editorial Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural. 127 – 284 pp.

Pérez-Torres, E; Bernal-Cabrera, A; Milanés-Virelles, P; Sierra-Reyes, Y; Leiva-Mora, M; Marín Guerra, 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* Vol. 30, N.º 1. 17-26 pp.

Pincioli, M 2010. Proteínas de arroz propiedades estructurales y funcionales. (en línea) Consultado el 27 de febrero de 2021. Disponible de: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo_.pdf?sequence=3

Porres M. 2013. Herramientas y estadísticas básicas para el análisis de la imagen digital. (en línea) Consultado enero 20 de 2021. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30214/Herramientas%20y%20estad%C3%ADsticas%20b%C3%A1sicas%20para%20el%20an%C3%A1lisis%20de%20la%20imagen%20digital.pdf?sequence=5>

Quezada, A y García, F. 2014. *Burkholderia glumae* en el cultivo de arroz en Costa Rica. (en línea) Consultado 29 de octubre de 2020. Disponible en; https://www.researchgate.net/publication/270006134_Burkholderia_glumae_en_el_cultivo_de_arroz_en_Costa_Rica

Quirós, E, et al 2005. Evaluación del rendimiento, la adaptabilidad y otras características agronómicas e industriales de cultivares de arroz de ciclo precoz bajo condiciones de secano y riego. Informe técnico. IDIAP. 4 p. En prensa. (en línea) Consultado el 22 de noviembre de 2020. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/25782>

- Quirós, E; Camargo, I. 2011. Respuesta de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) a las poblaciones de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en Panamá. *Revista de Protección Vegetal* 26 (1): 30-39.
- Quiroz E, 2014. Innovación Tecnológica para el Manejo Integrado del Cultivo de Arroz en Panamá. IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá).
- Quiroz-Sarmiento, Vivian Francisca, Ferrera-Cerrato, Ronald, Alarcón, Alejandro, & Lara Hernández, María Encarnación. 2008. Antagonismo in vitro de cepas de *Aspergillus* y *Trichoderma* hacia hongos filamentosos que afectan al cultivo del ajo. *Revista mexicana de micología*, 26, 27-34. Consultado el 23 de febrero de 2021, de Recuperado en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018731802008000100005&lng=es&tlng=es
- R. Caicedo, A. Herrera, P. Gómez, L. Lozano, M. (1997). Oferta tecnológica para su producción. *El Arroz de Riego*. Tolima, Colombia. PRODUMEDIOS., 1, pp. 19-21-23-26-27-28-29-30.
- Ramos, M.; Rodríguez, H. 1998. *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae): Nuevo informe para Cuba. *Revista de Protección Vegetal* 13: 25-28.
- Ramos, M.; Rodríguez, H. 2000. Ciclo de desarrollo de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en laboratorio. *Revista de Protección Vegetal* 15 (2): 51-52.
- Ramos, M.; Rodríguez, H. 2001. Aspectos biológicos y ecológicos de *Steneotarsonemus spinki* en arroz, en Cuba. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 61: 48-52.

- Rao, J.; Prakash, A. 1996. *Cynodon dactylon* (Linn.) Pers. (Graminae): an alternate host of rice tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley. Journal of Applied Zoological Research 7: 50-51.
- Rao, J; Prakash, A. 2002. Paddy field weed, *Schoenoplectus articulatus* (Linn.) Palla (Cyperaceae): a new host of tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley and panicle thrips, *Haplothrips ganglbaureri* Schmutz. Journal Applied Zoological Research 13: 174-175.
- Rao, P. R. M.; Bhavani, T. R. M.; Rao, T. R. M.; Reddy, P. R. 2000. Spikelet sterility grain discoloration in Andhra Pradesh, India. International Rice Research Notes 25 (3): 40.
- Retana Barrantes, J., Villalobos Flores, R., Alvarado Gamboa, L., Sanabria Valverde, N. , Córdoba Peraza, J. 2014. Tercera Comunicación Nacional. Seguridad alimentaria y el cambio climático en Costa Rica: granos básicos. Ministerio de Ambiente y Energía; Instituto Meteorológico Nacional: MINAE, IMN, GEF, PNUD, 2014. 96 p.
- Rodríguez J. 1999. Fertilización del cultivo del arroz (*Oryza sativa*) XI Congreso Nacional Agronómico. FERTICA. 14p.
- Rodríguez P., Navas D., Medianero E., Chang R. 2006. Cuantificación del daño ocasionado por *Oebalus insularis* (Heteroptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en Panamá. Revista colombiana de entomología. Panamá. 5p.
- Rodríguez, H.; Miranda, I.; Jean, L.; Hernández, J. 2009. Comportamiento poblacional de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) Temas de Ciencia y Tecnología 13 (39): 55-66.

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería, HN). 2003. Manual técnico para el cultivo de arroz. (en línea) Consultado el 26 noviembre 2020. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=SAG+\(Secretaria+de+Agricultura+y+Ganader%C3%ADa%2C+HN\).+\(2003\).+Manual+t%C3%A9cnico+para+el+cultivo+de&oq=SAG+\(Secretaria+de+Agricultura+y+G](https://www.google.com/search?q=SAG+(Secretaria+de+Agricultura+y+Ganader%C3%ADa%2C+HN).+(2003).+Manual+t%C3%A9cnico+para+el+cultivo+de&oq=SAG+(Secretaria+de+Agricultura+y+G)

Sanabria, C.; Aguilar, H. 2005. El ácaro del vaneo del arroz (*Steneotarsonemus spinki* L: *Tarsonemidae*). Boletín Fitosanitario, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. 16 p.

Sánchez I., Bonilla T. 2001 Fitosanidad Vol.5 N° 1. Comportamiento de la pudrición de la vaina del arroz por *Sarocladium oryzae* (Swada) Gams y Haswks en variedades de La Habana. (en línea) Consultado el 30 de noviembre de 2020. Disponible en: <http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/873>

Santos, R.; Navia, D.; Cabrera, R. I. 2004 *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Prostigmata: Tarsonemidae) - uma ameaça para a cultura do arroz no Brasil. Documento 117/ Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnología. Brasília. 48 p.

SAS. 2011. Institute. SAS/STAT 9.3 Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures. SAS Institute.

SET (Secretaria Educación Pública) 2014. “Producción y aplicación del hongo *Beauveria bassiana* en el laboratorio de control biológico del Itzm”. (en línea) Consultado el 7 de noviembre de 2020. Disponible en: http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/for/for-2014-5.pdf

Silva, C.; Jadue, J.; Crivelli, A.; Buccioni, E. 2017. Análisis Estadístico y Aplicaciones del S.A.S. (en línea) Consultado el 30 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/contribuciones/article/view/3010/2736>

Smiley et. al. S/A. Comportamiento Poblacional de *Steneotarsonemus Spinki* Smiley (Acarí: Tarsonemidae) en el Cultivo del Arroz (*Oryza Sativa* L.) (en línea) Consultado el 7 de noviembre de 2020. Disponible en: http://www.utm.mx/edi_antiores/Temas39/2NOTAS%2039-4.pdf

Takashi, G; Masaky, S; Shoji, K; Masanobu, S; Hiroyasu, O; Aki, F; Somlak, P. 1999. Kyusei Nature Farming and the Thechnology of Effective Microorganisms. Sangakkara, R. International Nature Farming Research Center and Asia Pacific Natural Agriculture Network. 49 p.

Téllez J., A.; Cruz R., M. G.; Mercado F., Y.; Asaff T. A.; Arana-C., A. 2009. Mecanismos de Acción y Respuesta en la Relación de Hongos Entomopatógenos e Insectos. Revista Mexicana de Micología. N° 30. (en línea) Consultado el 7 de noviembre de 2020. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/beauveria-bassiana-en-el-control-biologico-de-patogenos>

Tinoco R. & Acuña A. 2009. Cultivo de arroz (*Oryza sativa*): Manual de recomendaciones técnicas. INTA. San José, Costa Rica. 72p

Toro, S. 2013. Dinámica poblacional y estudio de la incidencia del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acarí: Tarsonemidae) sobre el desarrollo fenológico del arroz en

Colombia. Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Cali, Colombia. 125 p.

Toro, S; Mesa, N. 2014. Parámetros poblacionales y comportamiento de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en el cultivo de arroz. Acta Agronómica 64 (2): 186-193. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.43936>

Tuñón, J; 2018. Prospección y caracterización de microorganismos rizosféricos contra patógenos de cultivares de arroz en la república de Panamá, (en línea) Consultado el 24 de diciembre de 2020. Disponible en: <http://up-rid.up.ac.pa/1576/1/jhoel%20tu%C3%B1on.pdf>

Ulate M. 2010. Ácaro de la vaina del arroz (*Steneotarsonemus spinki*). CONARROZ. San José, Costa Rica.

Urbina, R. 2018. Control de calidad en la producción tradicional y no convencional de semilla de arroz (en línea) Consultado el 24 de diciembre de 2020. Disponible en: http://lac.harvestplus.org/wpcontent/uploads/2018/11/revista_manual_produccion_semillaarroz.pdf

Vargas, E. 2004. Contenido de elementos en la planta y su relación con la susceptibilidad a Bacterios. *Universidad de Costa Rica. Costa Rica*. 50 p.

Xu, G. L.; Wu, H. J.; Huan, Z. L.; Wan, M. 2001 Study on reproductive characteristic of rice mite, *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae). Systematic and Applied Acarology 6: 45-49. https://doi.org/10.11158/saa.6.1.7_

Zachrisson, BA. 1999. Identificación y monitoreo de insectos–plagas, en el cultivo del

arroz y sus enemigos naturales. Centro de Investigación Agropecuaria Oriental (CIAOr), Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP); Panamá, PA. 3 p.

Zachrisson, BA. 2002.Registro del complejo de parasitoides oófagos del chinche del arroz (*Oebalus insularis* Stal) (Heteroptera: Pentatomidae), para la región oriental de Panamá. En Resúmenes del Primer Congreso Latinoamericano y del Caribe de Control, Aseguramiento de la Calidad e Inocuidad de Vegetales Frescos y Procesados, 1. Panamá, PA. 31 p.

Zachrisson, BA; González, J; Sánchez, M. 2005. Reporte para Panamá de *Telenomus rowani* (Scelionidae), parasitoide de huevos de *Rupela albinella* (Cramer) (Lepidoptera: Pyralidae). Separata Especial, (Reportero Agropecuario), Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP); Panamá, PA. Agosto. 1 p

Zachrisson B. 2009. Guía Técnica. Manejo Integrado del Complejo Ácaro (*Steneotarsonemus spinki* Smiley) – Hongo (Sawada/Gams y Hawks) –

Bacteria (), en el Cultivo del Arroz. Recuperado de:

<https://www.researchgate.net/profile/Bruno>

Zachrisson/publication/273774821_Manejo_Integrado_del_Complejo_Acaro-
Hongo-Bacteria_en_arroz/link

Zachrisson B. 2010. Avances en el control biológico de plagas de arroz (*Oryza sativa*), por medio de parasitoides oófagos en Panamá. (en línea) Consultado el 11 de diciembre de 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273774916_Control_biologico_de_Plagas_de_Arroz_por_medio_de_Parasitoides_Oofagos

Zachrisson B. 2014. Control Biológico en Panamá. Desafíos y Proyecciones (en línea) Consultado el 11 de diciembre de 2020. Disponible en: <https://scholar.google.com/citations?user=Xw5-oawAAAAJ&hl=es>

9. Anexos

	Arroz blanco	Arroz integral
Energía (Kcal)	361,18	345,2
Agua (g)	12,37	12,98
Hidratos (g)	81,6	74,1
Proteínas (g)	6,67	7,25
Grasas (g)	0,9	2,2
Fibra (g)	1,4	2,2
Manganesio (g)	31	110
Niacina (g)	4,87	6,6
Ácido Fólico (g)	20	49
Fósforo (g)	150	310
Potasio (g)	109	238

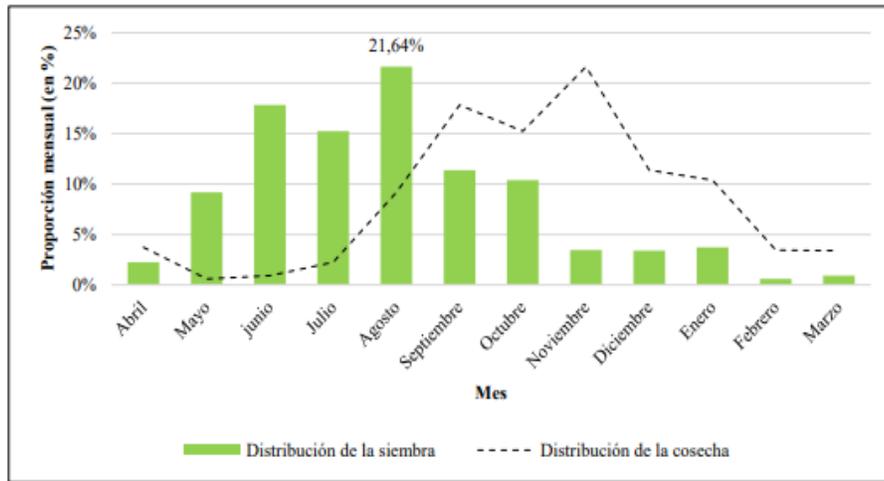
Anexo 1. Contenido nutricional del arroz.

Fuente: Batista 2019



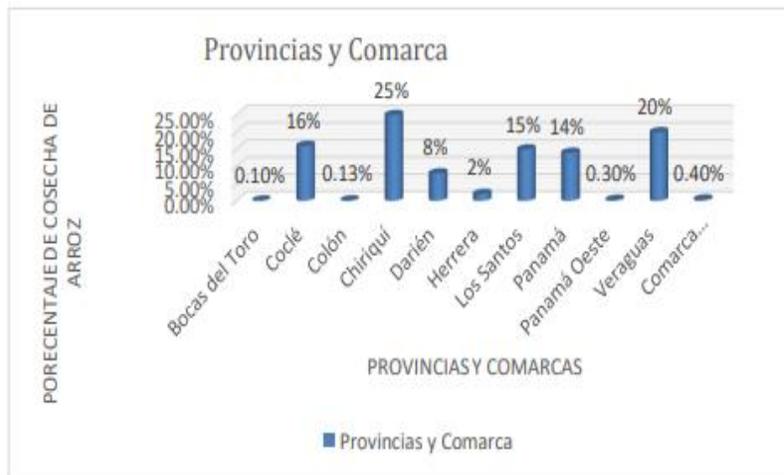
Anexo 2. Áreas donde se cultiva arroz en Panamá

Fuente: Contraloría de la República, INEC 2017-2018



Anexo 3. Distribución de siembra durante todo el año en Panamá.

Fuente: Sánchez- Galán 2020.



Anexo 4, Cosecha de arroz en Panamá 2017-2018

Fuente: Autora, con datos de Contraloría General 2017-2018