

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

**EVALUACIÓN DEL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL
CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), UTILIZANDO EL AGENTE DE
CONTROL BIOLÓGICO *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare Y Gams**

LIONEL E. DE LISSER C.
4-783-731

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2022

EVALUACIÓN DEL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), UTILIZANDO EL AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare Y Gams

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

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

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

APROBADO:

Prof. Ing. Zyddi S. Vissueti S. M. Sc.

DIRECTOR

Prof. Ing. Juan M. Osorio Ph. D.

ASESOR

Prof. Ing. Ricardo Blas M. Sc.

ASESOR

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por su amor y por darme la oportunidad de completar esta tesis y mi carrera universitaria.

Igualmente, a mis padres, Lionel y Hermelinda, por su apoyo incondicional y por enseñarme a siempre buscar la excelencia. Gracias por su amor y por creer en mí desde el principio. A mi hermana Nohellys, le doy las gracias por su presencia y por estar siempre presente en los momentos más importantes de mi vida.

También quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis profesores, Zyddi S. Vissuetti S., Juan M. Osorio y Ricardo Blas, por su valiosa guía y apoyo durante la elaboración de esta tesis. Su dedicación y paciencia han sido fundamentales para que pudiera completar este trabajo de manera satisfactoria.

Agradeciendo también al Sr. Nodier Aparicio por facilitarme su finca para la realización del proyecto.

Igualmente agradezco a mis amigos que de una u otra forma colaboraron a la realización de este trabajo, Alejandro Aparicio, Julio Medina, Dustin Moreno, Richard Ríos, Jeffry Villareal y Luis Castillo.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi gratitud a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de esta tesis. Estoy en deuda con cada una de ellas y espero poder devolverles, algún día, todo lo que me han brindado.

DEDICATORIA

A mis padres, Lionel y Hermelinda, que con su amor y apoyo incondicional han sido la base sobre la que he podido construir mi formación académica y personal.

A mi hermana Nohellys, por estar siempre dispuesta a ayudarme. A todos ellos, y a todas las personas que han contribuido de alguna manera a mi formación, les dedico esta tesis con todo mi cariño y gratitud.

EVALUACIÓN DEL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), UTILIZANDO EL AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare Y Gams.

De Lisser Lionel E. 2022. EVALUACIÓN DEL CONTROL DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS EN EL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), UTILIZANDO EL AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare Y Gams. Tesis. Ingeniería Agronómica en Cultivos Tropicales. Chiriquí. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad De Panamá.

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la finca propiedad del productor Nodier Aparicio, dedicada a la producción de arroz a nivel comercial, la cual está ubicada en Guarumal, Distrito de Alanje, Provincia de Chiriquí. El ensayo se realizó en condiciones de secano favorecido utilizando la variedad de arroz IDIAP 54-05.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al a Azar (DBCA), para evaluar 5 tratamientos con 3 repeticiones. Los datos obtenidos fueron procesados con el programa SAS CA, 2008.

Se evaluó la eficacia biológica del producto Nema-Kell (*Pochonia chlamydosporia*) sobre el control de nematodos fitoparásitos y su efecto sobre características agronómicas del cultivo de arroz. En la cual se obtuvo una reducción significativa en el número de nematodos fitoparásitos en campo con el producto Nema-Kell SC (*Pochonia chlamydosporia*) a una dosis de 1 L/ha, pero contrastando con el tratamiento químico Oxate 24 SL (Oxamil) este supera a la formulación biológica.

Para las variables agronómicas de altura de planta, longitud de raíces, ahijamiento, número de granos por panícula y rendimiento los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento químico, sin embargo, el producto Nema-Kell SC (*Pochonia chlamydosporia*) presento resultados positivos y satisfactorios en las variables agronómicas evaluadas.

Los nombres de los productos comerciales utilizados y sus ingredientes activos fueron: Nema-Kell SC (*Pochonia chlamydosporia*), Nano - Steel 10 GW® (*Paecilomyces lilacinum*), Oxate 24 SL (Oxamil).

Los tratamientos fueron: Testigo (T1), Nema-Kell SC (T2), Nano - Steel 10 GW® (T3), Nano - Steel 10 GW® (T4) y Oxate 24 SL (T5).

Palabras claves: Nemátodo fitoparásito, *Oryza sativa* L., Oxamil, *Paecilomyces lilacinum*, *Pochonia Chlamydosporia*.

CONTROL EVALUATION OF PHYTOPARASITIC NEMATODES IN THE RICE CULTIVATION. (*Oryza sativa* L.), USING THE BIOLOGICAL AGENT CONTROL *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare & Gams.

De Lisser Lionel E. 2022. CONTROL EVALUATION OF PHYTOPARASITIC NEMATODES IN THE RICE CULTIVATION. (*Oryza sativa* L.), USING THE BIOLOGICAL AGENT CONTROL *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare & Gams. Thesis. Agronomic Engineering in Tropical Crops. Chiriqui. Faculty of Agricultural Sciences. Panama University.

ABSTRACT

This research was carried out on the farm owned by the farmer Nodier Aparicio dedicated to the rice production at a commercial level, which is located in Guarumal, Alanje District, Chiriqui Province. The testing was carried out under favored rainfed conditions using the IDIAP 54-05 rice variety.

A DBCA experimental design was used in order to evaluate 5 treatments with 3 repetitions. The data obtained was processed with the SAS CA program, 2008.

The biological effectiveness of the Nema-Kell SC product (*Pochonia chlamydosporia*) was evaluated over the phytoparasitic nematodes control and the effect over the agronomic characteristics of the rice cultivation in which it was obtained a significant reduction in the phytoparasitic nematodes number in the field with the Nema-Kell SC (*Pochonia chlamydosporia*) in a 1 dose of 1 L/ha, but contrasting with the chemical treatment Oxate 24 SL (Oxamil) this surpasses the biological formulation.

For the agronomic variables of plant height, root length, tillering, number of grains per panicle and yield, the best results were obtained in the chemical treatment, however, the Nema-Kell SC product (*Pochonia chlamydosporia*) presented positive and satisfactory results in the agronomic variables evaluated.

The names of the commercial used products and their active ingredients were: Nema-Kell SC (*Pochonia chlamydosporia*), Nano-Steel 10 GW® (*Paecilomyces lilacinum*), and Oxate 24 SL (Oxamil).

The treatments were: Testigo (T1), Nema-Kell SC (T2), Nano-Steel 10 GW® (T3), Nano-Steel 10 GW® (T4) and Oxate 24 SL (T5).

Keywords: *Oryza sativa* L., Oxamil, *Paecilomyces lilacinum*, Phytoparasitic nematode, *Pochonia Chlamydosporia*.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Antecedentes	5
1.3. Justificación.....	7
1.4. Objetivos	8
1.4.1. Objetivo general:.....	8
1.4.2. Objetivos específicos:	8
1.5. Hipótesis.....	8
1.6. Alcances y limitaciones.....	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
2.1. Características y taxonomía de los nematodos fitoparásitos.....	10
2.2. Microorganismos benéficos utilizados para la investigación.....	11
2.2.1. Características y taxonomía de <i>Pochonia chlamydosporia</i>.....	11
2.2.2. Características y taxonomía de <i>Paecilomyces lilacinus</i>.....	12
2.3. Productos químicos y biológicos utilizado para la investigación.....	13
2.3.1. Características del producto químico Oxate 24 SL.....	13
2.3.2. Características del producto biológico Nema-Kell SC	14
2.3.3. Características del producto biológico Nano - Steel 10 GW.....	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Ubicación geográfica.....	16
3.2. Material Vegetal.....	17
3.3. Trabajo de Campo.....	17
3.3.1. Preparación del suelo.....	17

3.3.2. Marcado del terreno.....	18
3.3.3. Siembra.....	18
3.3.4. Fertilización.....	19
3.3.5. Control de malezas.....	20
3.4. Trabajo de laboratorio.....	22
3.4.1. Extracción de nematodos.....	22
3.4.2. Medición de la longitud de follaje y las raíces.....	23
3.4.3. Rendimiento.....	23
3.5. Diseño experimental y Tratamientos.....	24
3.6. Variables evaluadas.....	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. Conteo de Nematodos Fitoparásitos.....	32
4.2. Altura de la planta.....	42
4.3. Longitud de raíces.....	44
4.4. Número de granos por panícula.....	47
4.5. Rendimiento.....	49
V. CONCLUSIONES.....	53
VI. RECOMENDACIONES.....	54
VII. REFERENCIAS CITADAS.....	55
VIII. ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
I	DENSIDAD DE SIEMBRA DEL ENSAYO EXPERIMENTAL	19
II	FERTILIZACIÓN DEL ENSAYO.....	20
III	PRODUCTOS QUÍMICOS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE MALEZAS.....	21
IV	TRATAMIENTOS UTILIZADOS Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	26
V	RESULTADOS PROMEDIO PARA CADA VARIABLE EVALUADA.....	28
VI	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) DEL EXPERIMENTO PARA TODAS LAS VARIABLES....	31
VII	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE CONTEO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS.....	32
VIII	PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE CONTEO DE NAMATODOS FITOPARÁSITOS.....	35
IX	CANTIDAD PROMEDIO Y GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS PRESENTE EN LOS MUESTREOS REALIZADOS.....	36
X	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA.....	42
XI	PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE ALTURA DE LA PLANTA.....	43
XII	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE LA LONGITUD DE RAICES.....	44
XIII	PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE LA LONGITUD DE RAICES.....	46
XIV	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE NUMERO DE GRANOS POR PANICULA.....	47
XV	PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE NUMERO DE GRANOS POR PANICULA.....	48
XVI	RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE RENDIMIENTO.....	49
XVII	PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE RENDIMIENTO.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Ubicación donde se realizó el proyecto investigación.....	16
2	Medición de la parcela y las unidades experimentales en campo.....	18
3	Siembra de las unidades experimentales.....	19
4	Control de malezas.....	22
5	Medición de longitud de follaje y raíces.....	23
6	Diagrama de la distribución y diseño experimental en campo (área total de 159.5 m ²).....	25
7	Cantidad promedio de nematodos fitoparásitos del tratamiento 1 (testigo) muestreados al inicio y final de la investigación.....	37
8	Cantidad promedio de nematodos fitoparásitos del tratamiento 2 muestreados al inicio y final de la investigación.....	38
9	Cantidad promedio de nematodos fitoparásitos del tratamiento 3 muestreados al inicio y final de la investigación.....	39
10	Cantidad promedio de nematodos fitoparásitos del tratamiento 4 muestreados al inicio y final de la investigación.....	40
11	Cantidad promedio de nematodos fitoparásitos del tratamiento 5 muestreados al inicio y final de la investigación.....	41
12	Promedio del rendimiento en kilogramos por hectárea de cada tratamiento.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

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

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del arroz, *Oryza sativa* L., comenzó hace casi 10,000 años en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Este cultivo es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, ocupando el segundo lugar después del trigo con respecto a superficie cosechada. El arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquiera de los otros cereales cultivados (Acevedo *et al.*, 2006).

En Panamá, según (MIDA, 2020) un total de 84,459 hectáreas de arroz fueron sembradas en el año agrícola 2020-2021, con un rendimiento promedio de 4,717.35 Kg por hectárea; rendimientos que están por debajo del promedio en la región, aun existiendo en el país suelos y condiciones climáticas favorables para el cultivo de arroz. Esto indica que a los suelos no se les aprovecha su máximo potencial, por ello, se deben buscar mecanismos para incrementar los niveles actuales de productividad por unidad de superficie.

Uno de los factores que afecta significativamente el rendimiento en los cultivos son las plagas. Se estima que las pérdidas en la producción agrícola mundial por plagas fluctúan entre 20 % y 40 %, ocasionando mermas económicas de miles de millones de dólares al año. Además, se prevé la necesidad mundial de producir 60 % más de alimentos para el sustento de una población más numerosa en todo el planeta en 2050 (FAO, 2011).

Entre las plagas más preponderantes que pueden afectar al cultivo de arroz son los nemátodos fitoparásitos. A nivel mundial se estima que el 76 % del área dedicada a este cultivo se encuentra infestada con altas densidades de nematodos fitoparásitos. Más de 100 especies de estos han sido encontrados en asociación en cultivos de arroz, inundado y seco; su frecuencia e importancia es muy variable (López *et al.*, 1987) citado por (Guzmán *et al.*, 2011).

Los daños que producen los nematodos se efectúan principalmente en las raíces. Estos se inician con la ruptura de las células de la planta a través de su estilete, por la disolución de las paredes celulares o por la inducción de cambios fisiológicos en las células como resultado de la inyección de sustancias por el nematodo a través del estilete. Estas afectaciones provocan una predisposición de la planta al ataque de otros microorganismos patógenos como hongos, bacterias y virus que penetran la planta a través de las heridas ocasionadas por el daño mecánico producido por el nematodo (Suárez & Rosales, 2004) citado por (Vargas, 2008).

Entre las mejores alternativas por las que se pueden optar para el control de plagas, no solo de nematodos fitoparásitos, sino también de otras plagas que afectan a los cultivos es la utilización de microorganismos eficientes en el manejo del mismo, desde el punto de vista agrícola los microorganismos eficientes pueden suprimir a varios agentes fitoparásitos causantes de enfermedades en numerosos cultivos, entre ellos, a los nematodos fitoparásitos. Además, son inocuos a la salud humana y no contaminan el ambiente.

1.1. Planteamiento del problema

El arroz es el principal grano en la dieta de los panameños. El arroz registra en Panamá un consumo per cápita de 73.62 Kg por año (MIDA, 2019), la producción del mismo además de contribuir en la alimentación de la población genera una alta actividad económica, entre ella una de las más importantes es la generación de fuentes de empleo. Sin embargo, este cultivo se ve amenazado por la incidencia de plagas cada vez más agresivas e incluso resistentes a los plaguicidas químicos que por décadas se han utilizado alrededor del mundo.

Una de las plagas más severas que atacan al cultivo del arroz son los nematodos fitoparásitos los cuales generan pérdidas significativas. En el mundo se considera que el 76 % del área dedicada para la producción agrícola se encuentra infestada con densidades perjudiciales de nematodos fitoparásitos (Guzmán *et al.*, 2011).

Por esto surge la necesidad de encontrar alternativas a la utilización de plaguicidas químicos para controlar plagas. Una de las estrategias propuestas para lograr este objetivo es la utilización del control biológico, el cual consiste en utilizar organismos que se encuentran en nuestro ambiente para controlar en este caso nematodos y poder reducir las cargas químicas en los suelos.

Uno de los principales microorganismos utilizados para el control de nematodos fitoparásitos son los hongos nematófagos, los cuales a lo largo de los últimos años han demostrado ser muy eficaces y económicamente viables

en una amplia gama de cultivos. Sin embargo, aún se necesitan realizar más evaluaciones sobre todo *in situ* para determinar la eficacia de la utilización de plaguicidas biológicos en determinados cultivos.

1.2. Antecedentes

Los microorganismos eficientes (ME) desde la década de los 80 gracias a las investigaciones del científico Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón han demostrado ser una alternativa eficiente y sostenible en la producción de alimentos ya que las producciones agrícolas limpias constituyen una prioridad en los programas de desarrollo de varios países. Uno de los microorganismos eficientes que realizan un efecto preventivo en el control de nematodos fitoparásitos es *Pochonia chlamydosporia* (Morocho *et al.*, 2019).

El primer reporte de *Pochonia chlamydosporia*, como parásito de los huevos de nematodo se dio en Reino Unido en el año 1974, aunque en la actualidad es bien conocido que tiene una distribución mundial; con el pasar de los años este hongo se convirtió en uno de los agentes con mayor potencial de control biológico, además de ser uno de los más estudiados (Manzanilla *et al.*, 2013). Se sabe que existen alrededor de 300 especies de hongos nematófagos descritos, que han sido encontrados por todo el planeta, incluyendo las regiones polares (Barron, 1977) citado por (Piedra, 2008).

Muchos factores han contribuido para despertar el interés de este hongo para ser utilizado en el control biológico de nematodos, ya que tienen bondades como su fácil cultivo en el laboratorio, acceso a cepas y permite evaluar la eficacia o no en el control de nematodos. Estos factores, aunados con el interés de utilizar medidas de control alternativas debido a la reducción gradual de plaguicidas sintéticos, han llevado a la detección y pruebas de numerosos aislados para encontrar agentes

de control biológico potenciales, incluyendo *Pochonia*, contra las principales plagas de nematodos endo-parásitos vegetales.

Principalmente en los géneros *Heterodera*, *Globodera*, *Meloidogyne*, y más recientemente *Nacobbus* y *Rotylenchulus spp.*, los cuales han sido estudiados intensivamente como lo demuestran los numerosos incrementos de reportes mundiales de aislados nativos de *Pochonia* (Manzanilla *et al.*, 2013).

1.3. Justificación

Pochonia chlamydosporia es un hongo que tiene la capacidad de permanecer en el suelo como saprófito (Domsch *et al.*, 1993) citado por (Martínez *et al.*, 2016) y a su vez también puede colonizar raíces como un verdadero endófito (Maciá-Vicente *et al.*, 2009a; Escudero & Lopez-Llorca, 2012) citado por (Martínez *et al.*, 2016). El ciclo de vida multitrófico de *Pochonia chlamydosporia* y su amplia distribución alrededor del mundo hacen de este hongo nematófago un excelente agente de control biológico para el manejo de poblaciones de nemátodos fitoparásitos (Larriba *et al.*, 2014) citado por (Martínez *et al.*, 2016).

Panamá es uno de los mayores consumidores de arroz en la región debido a que es el grano básico en la dieta del panameño, además de ser uno de los rubros más cultivados en el país. Por esto, es momento de ir cambiando en la medida de lo posible el enfoque tradicional de manejo que generalmente consiste en solo utilizar el control químico por técnicas de control biológico para ir reduciendo la carga química en los suelos derivada de la utilización de plaguicidas sintéticos, para lograr producir de una manera más limpia y sostenible, y también para garantizar la soberanía alimentaria asegurando el futuro de las próximas generaciones.

Actualmente al investigar sobre control biológico de nemátodos fitoparásitos en el cultivo del arroz en Panamá es muy escasa, incluso nula si se busca información para regiones específicas del país. Por ello la importancia de esta investigación que busca generar información fiable sobre la efectividad del control de nemátodos fitoparásitos en el cultivo del arroz, utilizando el hongo *Pochonia*

chlamydosporia, en una región productora de arroz como lo es el Corregimiento de Guarumal, Distrito de Alanje, Provincia de Chiriquí.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar la eficacia biológica de *Pochonia chlamydosporia* para el control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar y comprobar la eficacia biológica de *Pochonia chlamydosporia* en el control de los nematodos fitoparásitos.
- Establecer cuál tratamiento presenta un mejor control de los nematodos fitoparásitos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.).

1.5. Hipótesis

Hipótesis (o): El hongo *Pochonia chlamydosporia* no presenta eficacia biológica para el control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de arroz.

Hipótesis (a): El hongo *Pochonia chlamydosporia* presenta eficacia biológica para el control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de arroz.

1.6. Alcances y limitaciones

Esta investigación nos permite evaluar y determinar la efectividad de *Pochonia chlamydosporia* como agente de control biológico de nemátodos fitoparásitos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Esto nos ayuda a brindarle a los productores, técnicos, investigadores y al sector agrícola en general, información técnica basada en la evidencia para que tomen las mejores decisiones en cuanto al manejo de nemátodos fitoparásitos.

También esta investigación servirá de apoyo para futuros investigadores que deseen realizar estudios en este ámbito, puesto que la agricultura orgánica cada día toma más fuerza a nivel mundial y la utilización de productos biológicos han demostrado ser una alternativa viable en el manejo fitosanitario.

Si bien en otros países de la región se han realizado una cantidad significativa de investigaciones basadas en el control biológico de nemátodos utilizando *Pochonia chlamydosporia* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), en Panamá aún no se han realizado suficientes investigaciones utilizando este controlador biológico en dicho cultivo, y son aún más limitadas las investigaciones en la región en donde se llevó a cabo esta investigación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características y taxonomía de los nematodos fitoparásitos.

Todos los nematodos parásitos de plantas tienen una estructura de alimentación con forma de lanza, llamada estilete en la región de la cabeza (porción anterior). El estilete es usado por los nematodos para penetrar el tejido vegetal directamente y para alimentarse de las células vegetales (Noe, 2006; Agrios, 2005) citado por (Riascos, 2014).

Los nematodos atacan tanto partes aéreas como el sistema radical de las plantas. Entre los órganos invadidos están: raíces, hojas, flores y frutos. El ataque al sistema radical es el más frecuente e importante (Colbert, 1979) citado por (Vargas, 2009). Según (Colbert, 1979) citado por (Vargas, 2009) el modo de acción de los nematodos sobre las plantas hospederas, se manifiesta de tres maneras. a) Acción mecánica: ocasionada por los nematodos fitoparásitos a provocar lesiones en los tejidos. b) Acción de absorción: los nematodos fitoparásitos se aprovechan de elementos nutritivos ya elaborados por las plantas. c) Acción tóxica: es la producida por metabolitos o sustancias químicas tóxicas producen los nematodos fitoparásitos. Tanto de la acción fisiológica de los nemátodos como de la planta.

A través del estilete los nematodos secretan compuestos al interior de las células de la planta y remueven nutrientes de éstas. Los nematodos pueden alimentarse fuera de las raíces (ectoparásitos) o dentro de las raíces (endoparásitos) y algunos son migratorios (se mueven durante su ciclo de vida); mientras que otros son

sedentarios (se establecen permanentemente en su sitio de alimentación) (Noe, 2006) citado por (Riascos, 2014).

Entre los nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del arroz se encuentran: *Meloidogyne sp.*, *Helicotylenchus sp.*, *Pratylenchus sp.*, *Aphelenchoides sp.*, *Aphelenchus sp.*, *Xiphinema sp.*, *Longidorus sp.*, *Trichodorus sp* (Naranjo & Campos, 2005) citado por (Vargas, 2009).

2.2. Microorganismos benéficos utilizados para la investigación.

2.2.1. Características y taxonomía de *Pochonia*

chlamydosporia.

La mayoría de las 100 000 especies de hongos conocidas son estrictamente saprofitas y viven sobre la materia orgánica muerta, a la que descomponen (Agrios, 2005).

Los hongos parásitos, en particular los entomopatógenos se pueden utilizar como agentes de control biológico de plagas ya que algunos tienen cierto tipo de nutrición. Como es el caso del hongo nematófago *Pochonia chlamydosporia* antes considerado como *Verticillium chlamydosporium*, es un parásito facultativo que afecta huevos de nematodos formadores de quistes y agallas, que se encuentran de forma natural como saprofítico en una amplia gama de suelos y agroecosistemas alrededor del mundo. (Gams & Zare, 2001) citado por (Arévalo, 2012).

Clasificación taxonómica de *Pochonia chlamydosporia* (Zare & Gams, 2001):

Reino: Fungi

Phylum: Deuteromycota

Clase: Hyphomycetes

Género: *Pochonia*

Especie: *Chlamydosporia*

2.2.2. Características y taxonomía de *Paecilomyces lilacinus*.

Otro hongo utilizado en el estudio es *Paecilomyces lilacinus* el mismo produce unas estructuras llamadas conidias las cuales son las que se encargan de realizar el efecto sobre los nematodos. Estas conidias al hacer contacto con el cuerpo de los nematodos, se fijan en la pared externa del cuerpo del nematodo, luego germinan y producen unas estructuras especializadas, a través de las cuales penetran en el cuerpo del nematodo. En el interior del cuerpo del nematodo el hongo toma sus nutrientes del nematodo y se reproduce masivamente invadiendo totalmente el cuerpo del nematodo, causándole una enfermedad que finalmente causa su muerte. En condiciones favorables de humedad, después de la invasión, las estructuras del hongo salen del cuerpo del nematodo y sobre este se producen nuevas conidias que pueden afectar a otros nematodos (Monzón, 2009) citado por (Bendezú, 2017).

Paecilomyces lilacinus es altamente adaptable en su estrategia de vida, dependiendo de la disponibilidad de alimentos en los microambientes circundantes puede ser: Entomopatogenico, Micoparasítico, Saprofítico, Nematófago (Santo-Pietro, 2008) citado por (Bendezú, 2017).

Clasificación taxonómica de *Paecilomyces lilacinus* según (Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson, 2011):

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Ophiocordycipitaceae

Género: *Paecilomyces*

Especie: *lilacinus*

2.3. Productos químicos y biológicos utilizado para la investigación.

2.3.1. Características del producto químico Oxate 24 SL.

Insecticida, Nematicida-Carbamato. Oxamil. Producto Altamente tóxico, de acción sistémica y de contacto para uso agrícola, cuando se aplica al suelo y al follaje para el control de nemátodos, para los insectos actúa por contacto, con efecto moderado residual. No es volátil.

Es un insecticida-nematicida perteneciente al grupo de los carbamatos, puede usarse como tratamiento al suelo. Tratamiento para inmersión de bulbos, tallos y raíces. También puede utilizarse en aplicaciones foliares, sólo o como complemento de tratamiento de suelo.

Debe existir condiciones de humedad para asegurar el movimiento del producto en el suelo a las áreas de crecimiento de las raíces. Se recomienda su rotación con nematicidas de grupo químico diferente. Controla mayormente a los nemátodos fitoparásitos del género: *Meloidogyne* y *Pratylenchus* (Compá, 2004).

2.3.2. Características del producto biológico Nema-Kell SC.

Es un producto que tiene como ingrediente activo el hongo nematófago *Pochonia chlamydosporia* en suspensión concentrada a razón de 1×10^8 Conidios/mL, este coloniza rápidamente el suelo y el sistema radicular de la planta después de su aplicación, luego localiza nematodos fitoparásitos en el suelo, los parasita y se alimenta de ellos.

Funciona con potentes enzimas que destruyen las paredes celulares de huevos, juveniles y adultos de nematodos fitoparásitos, penetrando y sirviendo de alimento esto permite reducir las poblaciones en el suelo y así lograr un excelente desarrollo de sistema radicular, sin daños y con una absorción máxima de los fertilizantes aplicados. Además, estimula la producción de fitohormonas de la planta y el sistema de resistencia inducida.

2.3.3. Características del producto biológico Nano - Steel 10

GW

Es un nematocida biológico que utiliza como ingrediente activo *Paecilomyces lilacinus* a razón de 10% 3×10^{11} UFC.

Modo de acción: está basado en que parasita con sus hifas los huevos, juveniles y hembras de los nematodos; mediante enzimas líticas causa destrucción de ovarios y reducción de la eclosión bajando sus poblaciones eficazmente por gramo de suelo.

Mecanismo de acción: produce toxinas que afectan el sistema nervioso y causan deformaciones en el estilete de los nematodos que sobreviven, lo que le permite reducir significativamente el daño a las raíces de los cultivos. La evaluación de control se da por monitoreo y muestreos periódicos que determinen el comportamiento poblacional de los nematodos, reducción de nodulaciones en el sistema radicular y porcentaje de áreas necrosadas (Demeter, 2022).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica.

Esta investigación se realizó en la finca propiedad del productor Nodier Aparicio, dedicada a la producción de arroz a nivel comercial, ubicada en el Corregimiento de Guarumal, Distrito de Alanje, Provincia de Chiriquí, específicamente en las coordenadas 8.358267, -82.520551.

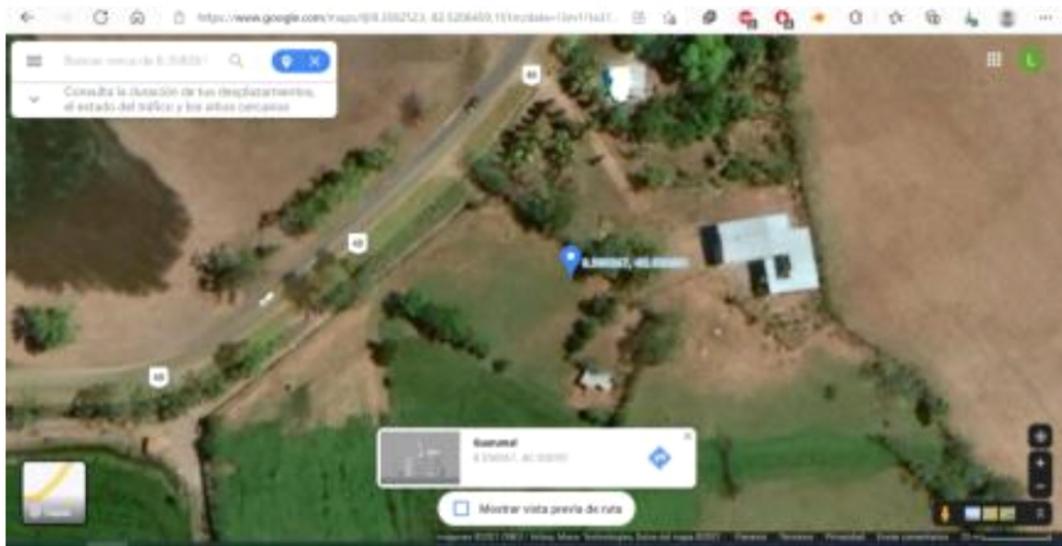


Figura 1. Ubicación donde se realizó el proyecto investigación.

3.2. Material Vegetal.

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

3.3. Trabajo de Campo.

3.3.1. Preparación del suelo.

Después de haber esperado diez días para que el herbicida Glifosato aplicado a una dosis de 4 L/ha hiciera efecto, se comenzó la preparación del suelo donde inicialmente se realizaron dos pases de rastra cruzada, luego se esperó 15 días para realizar nuevamente una aplicación de herbicida donde nuevamente se utilizó Glifosato a una dosis de 4 L/ha para controlar las malezas que emergieron en los días posteriores a los pases de rastra, donde una vez más se tuvo un periodo de espera, en este caso de 4 días para realizar un pase de rastra liviana para de esta manera mejorar las condiciones del terreno.

Cabe mencionar que también se hizo necesario utilizar algunas herramientas agrícolas como rastrillos y azadas para desmoronar algunas estructuras de suelo muy grades (terrones) que habían quedado en la parcela. Por último, se construyeron taipas o camellones, para de esta manera retener el agua procedente del Sistema de Riego Remigio Rojas.

3.3.2. Marcado del terreno.

El área total del ensayo fue de 159.5 m², luego dentro del área mencionada se marcaron 15 parcelas las cuales representan cinco tratamientos con tres repeticiones, cada tratamiento tiene una medida de 2.5 m de ancho por 3 m de largo, lo que equivale a un área de 7.5 m² para cada tratamiento, entre cada tratamiento se delimitó una distancia de 0.5 m y entre cada repetición se delimitó una distancia de 1 m.



Figura 2. Medición de la parcela y las unidades experimentales en campo.

3.3.3. Siembra.

La siembra fue realizada el 18 de octubre de 2021. Esta práctica agrícola consistió en marcar con la azada los surcos donde se sembraría posteriormente la semilla. La semilla antes de su siembra fue tratada con insecticida BUNKER 24,7 SC (i.a. Lambda-Cihalotrina + Tiametoxam) para la protección de la semilla y plántula los primeros 15 días después de siembra. Las parcelas contaban con 10 surcos, con

un distanciamiento de 25 cm entre cada uno, los cuales fueron sembrados a chorrillo a una densidad de 102 g por parcela. Luego de sembradas las parcelas se fertilizaron al voleo con fertilizante 12-24-12.

CUADRO I. DENSIDAD DE SIEMBRA DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

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



Figura 3. Siembra de las unidades experimentales.

3.3.4. Fertilización.

La fertilización se realizó conforme a la interpretación de los resultados arrojados por el análisis de suelo de la siguiente manera: Al momento de siembra se aplicó fertilizante con la fórmula 12-24-12 a una dosis de 158.75 Kg/ha, luego al transcurrir 20 días después de siembra se aplicó fertilizante con la fórmula 30-0-20 a una dosis de 181.43 Kg/ha, por último, a los 35 días después de siembra se aplicó fertilizante de la fórmula 46-0-0 con una dosis de 136.07 Kg/ha. Posterior a los 35 días después de siembra no se volvió a realizar aplicaciones de fertilizantes, esto debido a que según el análisis de suelo el mismo presentaba alta cantidades

de macro y micro elementos, por ello si se le aplicaba más fertilizante, aunque fuese de manera fraccionada las plantas podrían correr el riesgo de acame.

CUADRO II. FERTILIZACIÓN DEL ENSAYO.

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

3.3.5. Control de malezas.

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

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

A los 20 días después de siembra se utilizó Piclordom 48,7 SC (Picloram + 2,4-D) a una dosis de 0.3 L/ha, esto debido a que se presentó una marcada incidencia de malezas de hoja redonda que no se controlaron con las aplicaciones anteriores.

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

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

Control manual: se realizó mediante el uso de azadas y machete cuando aún con las aplicaciones de herbicidas no se observaba control sobre algunas malezas.



Figura 4. Control de malezas.

3.4. Trabajo de laboratorio.

Para realizar el trabajo de laboratorio se tuvo que extraer quince plantas de los cuatro surcos centrales de cada unidad experimental; en total se extrajeron 225 plantas para realizarle los respectivos análisis de laboratorio para de esta manera evaluar la eficacia biológica del hongo *Pochonia chlamydosporia* sobre los nematodos fitoparásitos.

Del suelo adherido a las raíces se tomaron muestras de 100 g por cada tratamiento, para efectuar las extracciones de nematodos fitoparásitos mediante la técnica de centrifugación-flotación en azúcar y posteriormente realizar los conteos.

Es importante mencionar que, para realizar las demás evaluaciones, las plantas se extrajeron a los 55 días después de siembra, debido a que en ese punto la planta de arroz debe estar en la etapa de máximo macollamiento y esta es la etapa fisiológica más óptima para realizar cada una de las evaluaciones como lo son el conteo de hijos, medir la altura de la planta, medición de la longitud de las raíces.

3.4.1. Extracción de nematodos.

Este análisis se realizó con el fin de obtener un estimado de las poblaciones de nematodos fitoparásitos y conocer la eficacia biológica del producto comercial Nema-Kell sobre los mismos en cada uno de los tratamientos.

3.4.2. Medición de la longitud de follaje y las raíces.

Estas mediciones se realizaron con la finalidad de analizar que tratamiento presentaba mayor longitud tanto de follaje como de raíces. Para medir el follaje se colocó una cinta métrica en la base de cada planta madre o principal hasta el extremo de la última hoja. Con respecto a la medición de las raíces se procedió a medir desde la base de la planta. hasta la punta de la raíz más prominente.



Figura 5. Medición de longitud de follaje y raíces.

3.4.3. Rendimiento.

Los rendimientos se evaluaron por repetición y luego se promediaron por tratamientos. Para obtener los datos de rendimiento se tomó el arroz cosechado de un área efectiva de 6 m² dentro de cada unidad experimental de 7.5 m².

3.5. Diseño experimental y Tratamientos

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

- Análisis de varianza ANOVA
- Contraste de medias con el método de rangos múltiples de Duncan.
- Modelo lineal aditivo.

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

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

μ Es la media general.

τ_i Es el efecto de la i-ésima población.

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

El diseño experimental constó de cinco tratamientos con tres repeticiones y se realizó en el campo con las siguientes medidas: distancia entre bloques de 1 m, distancia entre unidad experimental 0.5 m, frente de cada unidad experimental de 2.5 m, fondo de cada unidad experimental de 3 m, alrededor del esquema 1 m. Área total del ensayo 11 m (fondo) X 14.5 m (frente) = 159.5 m².

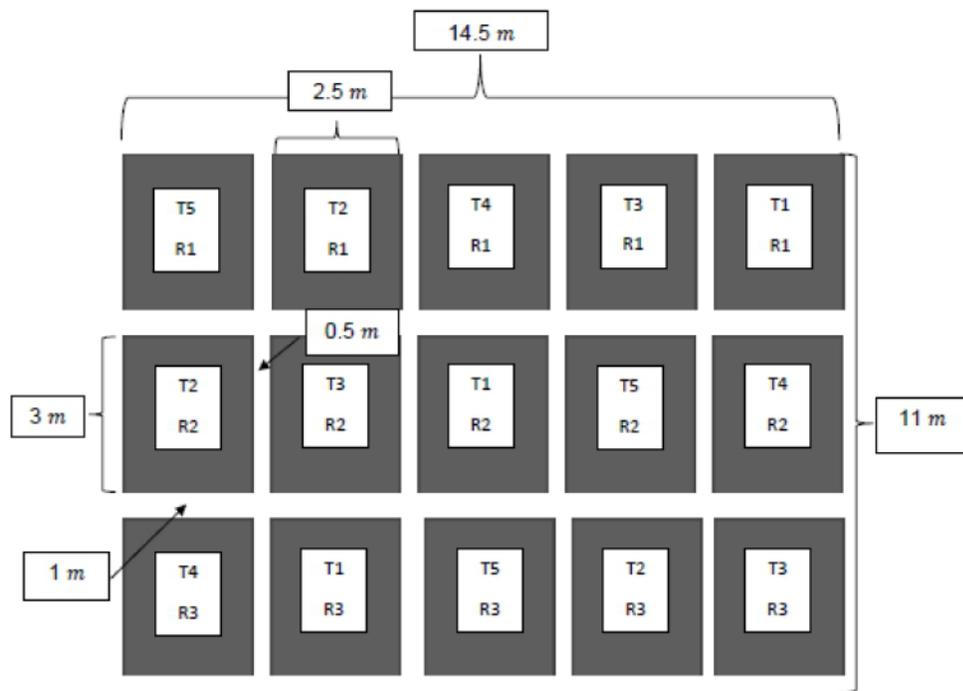


Figura 6. Diagrama de la distribución y diseño experimental en campo (área total de 159.5 m^2).

NOTA: Se utilizaron 5 tratamientos con 3 repeticiones en donde se evaluaron los siguientes productos biológicos: Nema-Kell SC, Nano- Steel 10 GW y el producto químico Oxate 24 SL.

Se realizaron 3 aplicaciones de cada producto, tanto de los biológicos como del producto químicos con un intervalo de aplicación de dos semanas; es decir al momento de siembra, al día 15 después de siembra y al día 30 después de la siembra, posteriormente no se aplicó ningún productos químico o biológico. Los productos comerciales biológicos que se aplicaron fueron Nano – Steel 10 GW (*Paecilomyces lilacinus*), Nema-Kell SC (*Pochonia chlamydosporia*) y el producto químico utilizado fue Oxate 24 SL (Oxamil).

CUADRO IV. TRATAMIENTOS UTILIZADOS Y SUS CARACTERISTICAS.

Tratamiento	Producto comercial	Ingredientes activos (i.a.)	Dosis/ha	Dosis por repetición	Dosis por tratamiento (3)
1	Testigo	X	X	X	X
2	Nema-Kell SC	<i>Pochonia chlamydosporia</i>	1 L	2.25 mL	0.75 mL
3	Nano – Steel 10 GW	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	1 L	2.25 mL	0.75 mL
4	Nano – Steel 10 GW	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	2 L	4.5 mL	1.5 mL
5	Oxate 24 SL	Oxamil	1 L	2.25 mL	0.75 mL

3.6. Variables evaluadas.

1. Conteo de nematodos: se basó en contar nematodos fitoparásitos extraídos del suelo adherido a las raíces cada tratamiento, mediante la técnica de centrifugación-flotación en azúcar.
2. Altura de la planta: esta variable fue evaluada en la etapa de máximo macollamiento ya que la planta expresa su mayor desarrollo. Se midió la longitud del follaje de las plantas en centímetros.
3. Longitud de raíces: evaluada en la etapa de máximo macollamiento ya que la planta expresa su mayor desarrollo. Se midió la longitud en centímetros del sistema radicular de las plantas.
4. Numero de granos por panícula: se cuantifico el número de granos por panícula.
5. Rendimientos por hectárea: se cosechó el área útil de cada unidad experimental por separado, se pesaron por repetición y luego se promediaron por tratamiento para determinar que tratamiento logró mayor rendimiento.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CUADRO V. RESULTADOS PROMEDIO PARA CADA VARIABLE EVALUADA.

Variables dependientes	TRATAMIENTO				
	1	2	3	4	5
	sin tratamiento, testigo	Nema-Kell SC, 0.75 mL	Nano-Steel 10 GW, 0.75 mL	Nano-Steel 10 GW, 1.5 mL	Oxate 24 SL, 0.75 MI
Conteo final de Nematodos Fitoparásitos	36.66	20.00	36.33	26.33	8.66
Altura de la planta (cm)	111.17	112.73	112.43	112.80	113.13
Longitud de raíces (cm)	6.92	8.99	8.13	8.41	10.89
Numero de granos por panícula	185.97	197.38	193.25	195.25	201.29
Rendimiento en peso seco	1.50	3.267	2.10	2.67	3.7667

Nota: los valores obtenidos en el conteo de nematodos fitoparásitos está basado en muestras de 100 g de suelo por tratamiento.

En todos los tratamientos biológicos empleados el hongo *Pochonia chlamydosporia* muestra resultados positivos y favorables, como agente biológico de control con los nematodos en el arroz, así como las características morfológicas y agronómicas del cultivo; el tratamiento más efectivo fue el T5, pero con la particularidad que es un método químico, a base Oxamil. En segundo lugar, está el Tratamiento T2 donde se especifica el uso del hongo nematófago en

estudio, *P. chlamydosporia*, mediante la aplicación del producto biológico comercial Nema-Kell SC a dosis de 0.75 mL/tratamiento (1 L/Ha); solo en la altura de la planta el T4 supera al T2, haciendo uso del producto biológico comercial Nano-Stell 10 GW a razón de 1.5 mL/tratamiento (1 L/Ha) a base del hongo *Paecilomyces lilacinus*, y con una dosis más alta que en el Tratamiento T3 (0.75 mL).

Los resultados antes mencionados concuerdan con lo observado por (Arevalo *et al.*, 2012), donde concluyen que cepas de *P. chlamydosporia* tienen potencial como agente de control biológico sobre la población natural de los nematodos en el suelo de cultivos hortícolas, que la capacidad saprofita y patogénica del hongo lo hace una alternativa útil al colonizar la rizosfera de las plantas. Además, el hongo *P. chlamydosporia* al ser multitrófico con actividad endófito y nematófaga dirigida contra nematodos agalladores y fitoparásitos, y una actividad enzimática activa mejora la capacidad de este como agente de control biológico. (Aranda *et al.*, 2016)

Uno de los hongos que tiene la capacidad de comportarse como hongo endofítico mutualista es *Pochonia chlamydosporia*, el cual es un excelente antagonista contra *Heterodera*, *Globodera* y *Meloidogyne*, y se comporta también como un saprófito ante condiciones adversas (Larriba *et al.*, 2014) & (Stirling, 2014) citado por (Silva *et al.*, 2020). El mismo autor en su revisión menciona que *P. chlamydosporia* y sus variantes son antagonistas de nematodos como: *Heterodera* spp., *Globodera* spp., *Meloidogyne* spp., *M. incognita*, *M. javanica*, *G. pallida*, *H. glycines*, *T. semipenetrans*, *R. reniformis*, *H. schachtii*, *H. avenae*, *P.*

neglectus, *N. aberrans*, *R. reniformis*, (*P. chlamydosporia* var. *chlamydosporia*); *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp. *Heterodera* spp., *Rotylenchulus* spp., *Nacobbus* spp., *R. similis* (*P. chlamydosporia* var. *catenulata*) en diferentes cultivos. (Pérez *et al.*, 2007; Franco *et al.*, 2013; Dong *et al.*, 2015; Hidalgo *et al.*, Monteiro *et al.*, Escudero *et al.*, 2017; y Li *et al.*, 2015) citado por (Silva *et al.*, 2020).

El estudio de (Escudero, 2015), sugiere que una sola aplicación inoculativa del hongo nematófago *Pochonia chlamydosporia* en plántulas de tomate promovió el crecimiento de plantas y causó la colonización de masas de huevos del nematodo parásito de plantas *Meloidogyne* spp.

Según (Mastrolinardo & Barahona, 2019), los nematodos fitoparásitos más encontrados afectando las parcelas de producción la Facultad de Ciencias Agropecuarias en Chiriquí, pertenecen a los géneros *Pratylenchus* y *Meloidogyne* los cuales utilizan como hospederos alternos a las malezas asociadas al cultivo.

Los géneros de nematodos asociados al cultivo de arroz son *Pratylenchus*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus* y *Criconomella*; al mismo tiempo que los géneros más asociados a la raíz del cultivo son *Pratylenchus* spp, *Meloidogyne* spp y *Helicotylenchus* spp, con una frecuencia alta y densidades poblacionales, donde el género *Meloidogyne* spp ocupa el segundo lugar (López, 2006).

Según (Alonso, 1997) reporta que los principales géneros de nematodos asociados al cultivo de arroz en las fincas estudiadas en la provincia de Coclé son *Pratylenchus* y *Meloidogyne*, dominando el primero.

CUADRO VI. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) DEL EXPERIMENTO PARA TODAS LAS VARIABLES.

Variable	Datos del ANOVA		
	Pr>F		C.V.
	Tra	Blo	
Conteo final de nematodos fitoparásitos	0.0001**	0.0842 ^{ns}	12.76
Altura de la planta (cm)	0.0049**	0.0277*	0.39
Longitud de raíces (cm)	0.0001**	0.0035**	5.29
Número de granos por panícula	0.0001**	0.1607 ^{ns}	0.80
Rendimiento en peso seco	0.0002**	0.4250 ^{ns}	12.41

4.1. Conteo de nematodos fitoparásitos

CUADRO VII. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE CONTEO DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS.

Conteo de nematodos fitoparásitos					
Variable					
Fuente de variación	GL	Σ de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr>F
Tra	4	1668.93	417.23	39.05	0.0001 a**
Blo	2	73.20	36.60	3.43	0.0842 ns
Error	8	85.46	10.68		
Total	14	1827.60			

R^2

C.V.

0.95

12.76

Para la variable de conteo de nematodos fitoparásitos, el análisis ANOVA muestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). (T1: sin tratamiento, testigo; T2: Nema-Kell SC, 0.75 mL; T3: Nano-Steel 10 GW, 0.75 mL; T4: Nano-Steel 10 GW, 1.5 mL; T5: Oxate 24 SL, 0.75 mL).

Según (Silva, 2021) el uso de *Pochonia chlamydosporia* influye negativamente sobre la cantidad de huevos en la rizosfera y el suelo, igualmente que el tratamiento químico con nematicidas con ingrediente activo Oxamil tiene mejores resultados contra el agallamiento y población natural de nematodos en el suelo.

Según (Meyer, 1990) & (Morgan, 1988) citado por (Gómez *et al.*, 2014), el hongo causa la desintegración de la capa vitelina de la pared del huevo y una dilución parcial de la capa quitinolítica y lipídica del huevo. *P. chlamydosporia* cuando está cerca de los huevos de los nematodos impiden que eclosionen bajando las poblaciones.

Pochonia chlamydosporia es un hongo nematófago que se está utilizando para el control de nematodos, especialmente *Meloidogyne incognita* y otros nematodos fitoparásitos, en diversos cultivos alimenticios y que infecta huevos de nematodos y hembras sedentarias, convirtiéndose en una alternativa ambientalmente segura para el manejo de esta plaga (Gómez *et al.*, 2014).

El pH del suelo donde se realizó el ensayo está dentro del rango que requiere el hongo para establecer patogenicidad sobre los nematodos, criterio mencionado por (García & Del Pozo, 2000) citado por (Heredia, 2014), donde determinaron que el pH óptimo para el desarrollo de hongos benéficos se encuentra por entre 5 y 7, el mismo autor comprobó que en suelos con pH alcalinos es un factor determinante que produce un efecto negativo sobre todos los procesos fisiológicos y mecánicos de acción del hongo nematófago *Pochonia chlamydosporia* para un control eficientes en nematodos del género *Meloidogyne spp.*, al mismo tiempo que las enzimas que genera el hongo para ejercer su efecto necesitan de un pH óptimo para su actividad; incluso concluye que la temperatura del suelo no tiene efecto negativo sobre el hongo, pero que la humedad si tiene efecto sobre la patogenicidad del hongo nematófago *Pochonia chlamydosporia*.

En estudios realizados por (Abuslin & Vaca, 2017), se determinó que el hongo nematófago con mayor reducción de la población de *Meloidogyne spp.*, es el hongo *Paecilomyces lilacinus*; igualmente, el hongo nematófago *P. chlamydosporia* y otros métodos presentaron el mismo porcentaje de reducción, pero recalcó que el nematicida Oxamil se destacó por una reducción temprana de la densidad poblacional, pero no fue diferente de *P. lilacinus* a los 39 días después del trasplante.

El hongo *P. chlamydosporia* es un parasito de huevos de nematodos, primero debe penetrar la quitina que es un componente de la cascara de los huevos para poder ejercer infección, este proceso lo hace mediante el empleo de una enzima extracelular de virulencia conocida como la quitinasa (Yang *et al.*, 2007).

El uso del hongo *Pochonia chlamydosporia* en tratamiento directo en la semilla a dosis altas (3.5 L/Ha) también favorece la reducción de la población de nematodos del género *Meloidogyne*, dando como resultado uniformidad en la producción (Álvarez, 2017).

CUADRO VIII. PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE CONTEO DE NAMATODOS FITOPARÁSITOS

Tratamiento	Media	Agrupación de Duncan	N
5	8.667	a	3
2	20.000	b	3
4	26.333	c	3
3	36.333	d	3
1	36.667	d	3

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

Los tratamientos que comparten el grupo con la misma letra no son significativamente diferentes. La menor densidad poblacional de nematodos se obtuvo en el tratamiento T5 correspondiente al grupo con letra A, con la media más baja; la media más alta para los tratamientos con aplicación de algún producto fue para el T3 (Nano-Steel 10 GW, 0.75), que comparte el mismo grupo con letra D con el tratamiento T1; en el grupo con letra B únicamente se encuentra el T2 con la segunda media más baja de entre todos los tratamientos, así mismo el tratamiento T4 es el único agrupado con la letra C.

La cantidad promedio y género de nematodo muestreado al inicio y al final según los datos obtenidos se presentan en el cuadro IX.

CUADRO IX. CANTIDAD PROMEDIO Y GÉNEROS DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS PRESENTE EN LOS MUESTREOS REALIZADOS.

CANTIDAD PROMEDIO Y GÉNEROS DE NEMATODOS						
TRA		G	<i>Meloidogyne</i> <i>spp.</i>	<i>Criconemoides</i> <i>spp.</i>	<i>Helicotylenchus</i> <i>spp.</i>	Otros
T1	MI	37.0	16.0	7.7	7.3	6.0
	MF	36.7	15.3	7.0	7.3	7.0
T2	MI	34.0	13.7	6.7	6.0	6.0
	MF	20.0	5.7	4.3	4.0	6.0
T3	MI	38.0	17.0	7.3	7.3	6.3
	MF	36.3	14.7	8.0	6.3	7.3
T4	MI	34.3	15.3	7.7	6.3	7.3
	MF	26.3	7.7	6.7	5.3	6.7
T5	MI	38.0	17.7	6.0	8.0	7.7
	MF	8.7	1.7	3.0	1.7	2.3

Nota: MI: Muestra Inicial; MF: Muestra Final; G: General; T1: sin tratamiento, testigo; T2: Nema-Kell SC, 0.75 mL; T3: Nano-Steel 10 GW, 0.75 mL; T4: Nano-Steel 10 GW, 1.5 mL; T5: Oxate 24 SL, 0.75 mL.

Nota: Los valores obtenidos en el conteo de nematodos fitoparásitos está basado en muestras de 100 g de suelo por tratamiento.

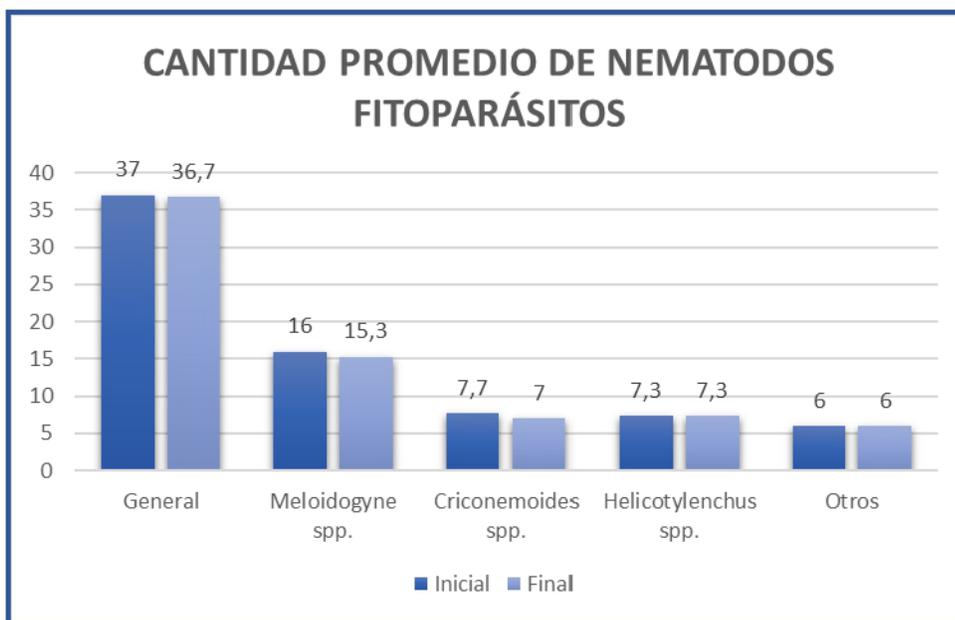


Figura 7. Cantidad promedio de nematodos fitoparásitos del tratamiento 1 (testigo) muestreados al inicio y final de la investigación.

La cantidad promedio de nematodos fitoparásitos que muestran las gráficas correspondientes al tratamiento T1 (testigo) tanto en el muestreo inicial como en el final son muy similares, esto debido a que no se aplicó ningún tipo de producto para controlar nemátodos durante la investigación.

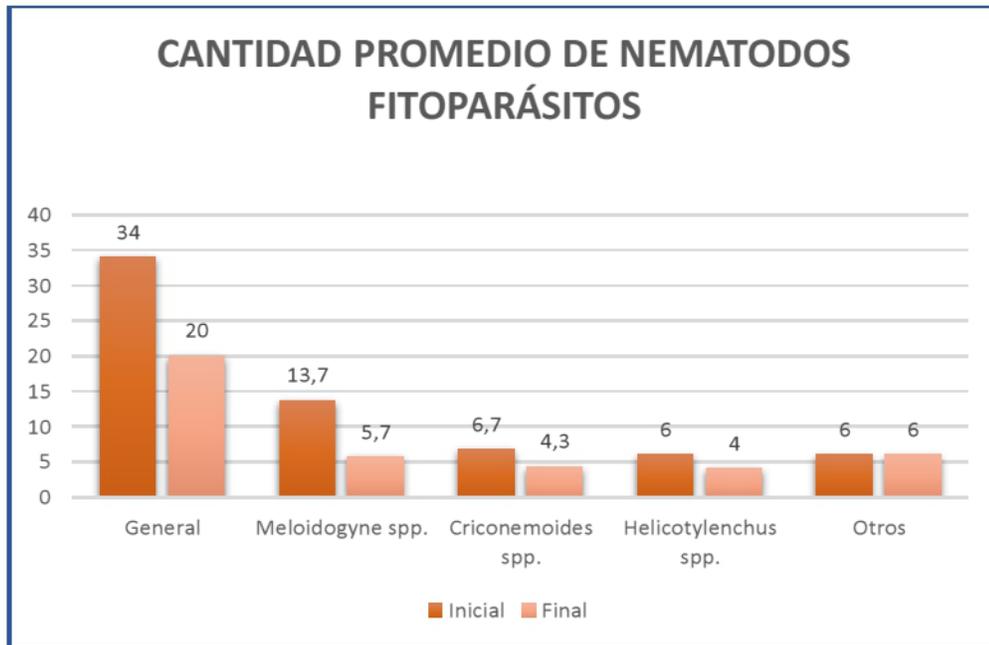


Figura 8. Cantidad promedio de nematodos fitoparásitos del tratamiento 2 muestreados al inicio y final de la investigación.

La cantidad promedio de nematodos fitoparásitos en la muestra final del T2 se observa que para los géneros *Meloidogyne spp.* y *Criconemoides spp.* es inferior que el número de nematodos en la muestra inicial. El producto biológico Nema-Kell (0.75 mL) muestra control sobre los nematodos fitoparásitos existentes, incluso sobre la población general reduciéndola de 34 a 20 nematodos fitoparásitos promedio.

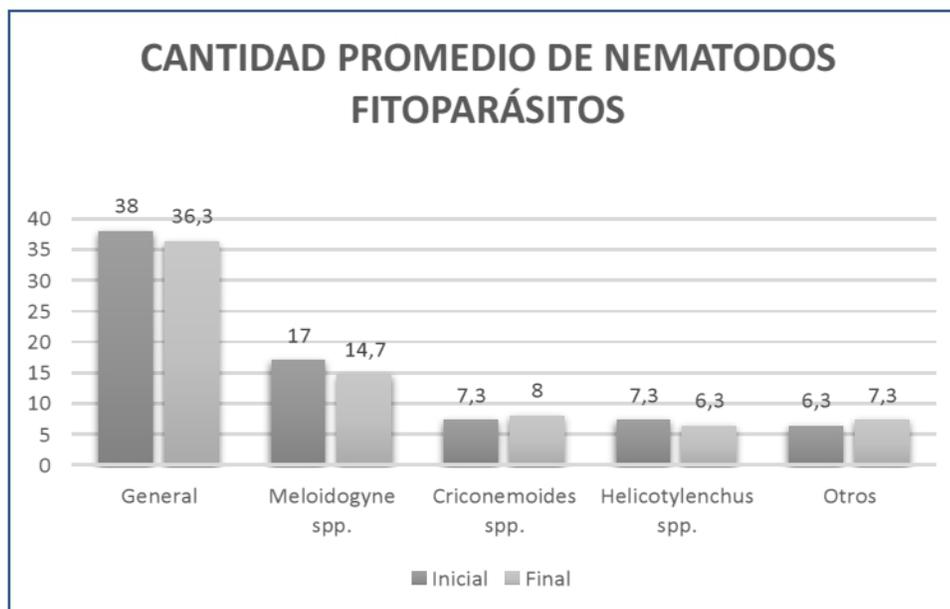


Figura 9. Cantidad promedio de nematodos fitoparásitos del tratamiento 3 muestreados al inicio y final de la investigación.

La cantidad promedio de nematodos fitoparásitos en el muestreo final del tratamiento T3 se puede observar que para los géneros *Meloidogyne spp.* hubo un leve control, al igual que sucede con los nemátodos fitoparásitos del género *Helicotylenchus spp.*, sin embargo, con los del género *Criconemoides spp.* No hubo control de hecho se cuantificaron más nematodos. Esto nos indica que el producto Nano Steel 10 GW a dosis de (0.75 mL) muestra un leve control sobre los nematodos fitoparásitos en general.

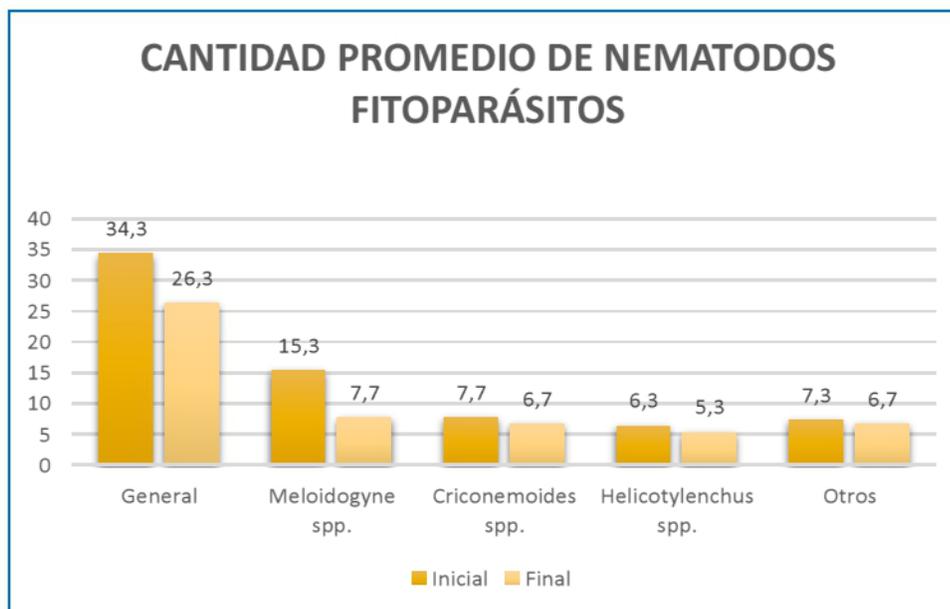


Figura 10. Cantidad promedio de nematodos fitoparásitos del tratamiento 4 muestreados al inicio y final de la investigación.

Con respecto al tratamiento T4 al que le fue aplicado Nano Steel 10 GW a una dosis de (1.5 mL) se puede observar que hubo un control de todos los géneros de nematodos fitoparásitos, sobre todo se observó un marcado control sobre los nematodos del género *Meloidogyne spp*, sin embargo, no fue un control tan bueno como el efectuado en el tratamiento T2.

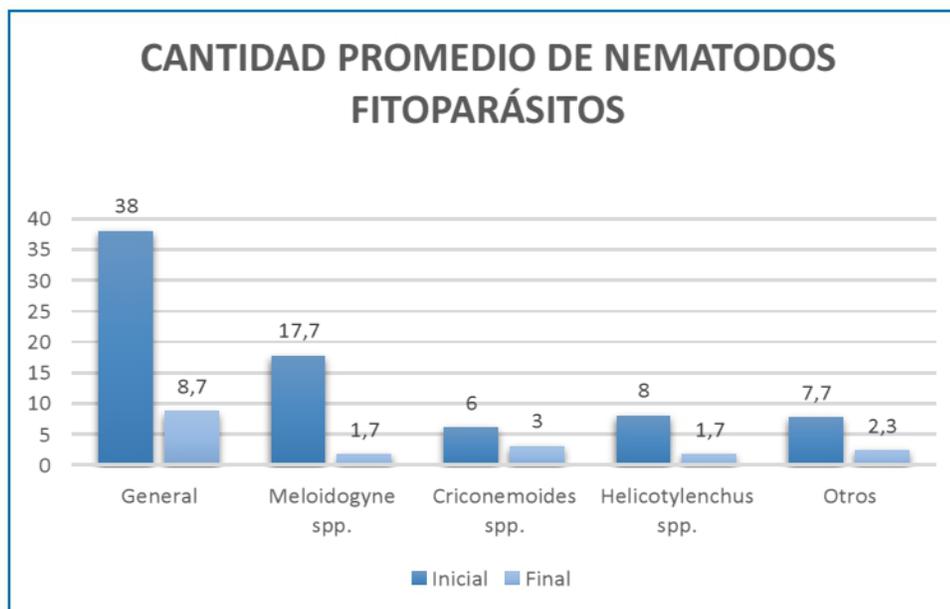


Figura 11. Cantidad promedio de nematodos fitoparásitos del tratamiento 5 muestreados al inicio y final de la investigación.

Con respecto al tratamiento 5 se puede observar una mucho mayor efectividad de control sobre el número promedio de nematodos fitoparásitos en los géneros de *Meloidogyne spp.* y *Criconemoides spp.* y *Helicotylenchus spp.* Donde la cantidad general promedio es reducida de 38 a 8 nematodos fitoparásitos por 100 gramos de suelo.

4.2. Altura de la planta

CUADRO X. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE ALTURA DE LA PLANTA.

Variable		Altura de la planta			
Fuente de variación	GL	Σ de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr>F
Tra	4	6.95	1.73	8.86	0.0049*
Blo	2	2.27	1.13	5.80	0.0277 ^{ns}
Error	8	1.56	0.19		
Total	14	10.79			

R^2

C.V.

0.85

0.39

Para la variable de altura de la planta, el análisis ANOVA muestra que hay diferencia significativa con respecto a los tratamientos ($p < 0.05$) existiendo diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos (T1: sin tratamiento, testigo; T2: Nema-Kell SC, 0.75; T3: Nano-Steel 10 GW, 0.75; T4: Nano-Steel 10 GW, 1.5; T5: Oxate 24 SL, 0.75). El T5 obtuvo la mayor media con respecto a los demás tratamientos, la altura de las plantas fue mayor con este tratamiento; seguido del T4, T2 y T3; por otro lado, el T1 obtuvo la menor media, plantas con menor altura respecto a los demás tratamientos.

Los resultados son similares a los obtenidos por (Silva, 2021), donde comprobaron que el hongo *Pochonia chlamydosporia* no tiene efecto positivo sobre el desarrollo natural de la altura de la planta.

Contrario a los resultados obtenidos en esta investigación, en los estudios realizados por (Capcha, 2017), se demostró que el efecto de hongos nematófagos en las características morfológicas de café muestra diferencias al emplear *Pochonia chlamydosporia* muestra mayor altura de la planta y longitud radicular siendo, en comparación con *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum* que presenta menor altura de la planta y desarrollo radicular.

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

Tratamiento	Media	Agrupación de Duncan	N
5	113.1333	a	3
4	112.8000	a b	3
2	112.7333	a b	3
3	112.4333	b	3
1	111.1667	c	3

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

Los tratamientos T5, T4 y T2, comparten el grupo con letra A presentando el T5 la media más alta, igualmente para los T4, T2 y T3 se comparten el grupo con letra B siendo el T4 el que presenta la media más alta; en el grupo C únicamente se encuentra el T1 con la menor media con respecto a los demás tratamientos.

4.3. Longitud de raíces

CUADRO XII. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE LA LONGITUD DE RAICES.

Variable Longitud de raíces					
Fuente de variación	GL	Σ de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr>F
Tra	4	25.44	6.36	30.20	0.0001**
Blo	2	5.24	2.62	12.46	0.0035**
Error	8	1.68	0.21		
Total	14	32.37			

R^2	C.V.
0.94	5.29

Para la variable de la longitud de raíces, el análisis ANOVA muestran que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos y también entre los bloques ($p < 0.05$). (T1: sin tratamiento, testigo; T2: Nema-Kell SC, 0.75 mL; T3: Nano-Steel

10 GW mL, 0.75; T4: Nano-Steel 10 GW, 1.5 mL; T5: Oxate 24 SL, 0.75 mL) y los bloques (1,2,3; repeticiones).

Contrario a los resultados de (Abuslin & Vaca, 2017), donde el hongo *Paecilomyces lilacinus* presentó el mayor desarrollo radicular para las variables de largo total, área total, diámetro promedio y volumen total de raíz, en comparación con el hongo *Pochonia chlamydosporia* y otras alternativas de control.

En estudios realizados por (Silva, 2021), demuestran que el hongo *Pochonia chlamydosporia* favorece el desarrollo y el aumento de tanto en tamaño, y peso fresco y seco de las raíces en el cultivo de *Capsicum annuum* L.

El uso del hongo *Pochonia chlamydosporia* reduce el 90% los nematodos del género *Meloidogyne* y disminuyen el índice de nudos radicales, constituyéndose en una alternativa de manejo integrado del nematodo del nudo radical, basada en el uso racional de los insumos biológicos y químicos (Ortiz *et al.*, 2015).

En evaluaciones hechas *in vitro* y a nivel de invernadero muestra que el género de hongo *Pochonia spp.*, particularmente la especie *Pochonia chlamydosporia* con diferentes variedades (var. *chlamydosporia* y var. *catenulata*) interactúan en los sistemas radicales agallados y en el suelo litosférico de plantaciones en el cultivo de tomate (León, 2019).

CUADRO XIII. PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE LA LONGITUD DE RAICES.

Tratamiento	Media	Agrupación de Duncan	N
5	10.8967	a	3
2	8.9900	b	3
4	8.4133	b	3
3	8.1300	b	3
1	6.9200	c	3

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

Los valores de la media que comparten la misma letra, no son significativamente diferentes. En el grupo A el tratamiento T5 presenta la media más alta, resultando en tratamiento que menos afecta el desarrollo de las raíces; el T2, T4 y T3 comparte el mismo grupo, es decir el B, siendo el T2 de este grupo el que presenta la media más alta; en el grupo C solamente se encuentra el T1.

4.4. Número de granos por panícula.

CUADRO XIV. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE NUMERO DE GRANOS POR PANICULA.

Variable		Número de granos por panícula			
Fuente de variación	GL	Σ de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr>F
Tra	4	387.23	96.80	39.71	0.0001**
Blo	2	11.29	5.64	2.32	0.1607 ^{ns}
Error	8	19.50	2.43		
Total	14	418.03			

R^2

C.V.

0.95

0.80

Para la variable de número de granos por panícula, el análisis ANOVA muestra que hay diferencias altamente significativas con respecto a los tratamientos ($p < 0.05$). (T1: sin tratamiento, testigo; T2: Nema-Kell SC, 0.75 mL; T3: Nano-Steel 10 GW, 0.75 mL; T4: Nano-Steel 10 GW, 1.5 mL; T5: Oxate 24 SL, 0.75 mL).

En estudios realizados por (Ghahremani *et al.*, 2019), en diferentes de cultivos (tomate y pepino) los resultados de la investigación muestran que aislados de *P. chlamydosporia* inducen resistencia sistémica dependiendo de la especie, lo cual le provee a la planta de características positivas como promover y expresar su desarrollo normal brindándole una protección ante los fitoparásitos.

CUADRO XV. PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE NUMERO DE GRANOS POR PANICULA.

TRATAMIENTO	MEDIA	Agrupación de Duncan	N
5	201.287	a	3
2	197.377	b	3
4	195.253	b c	3
3	193.253	c	3
1	185.973	d	3

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

Los valores de la media que comparte la misma letra no son significativamente diferentes. El grupo A solo está compuesto por el tratamiento T5 el cual presenta la media más alta, agrupado como el mejor tratamiento para número de granos por panícula; El grupo B lo comparte el T2 con la media más alta y T4 con la media más baja de su grupo; El grupo C lo comparte T4 con la media más alta y el T3 con la media más baja; El grupo D está comprendido solamente por el T1.

4.5. Rendimiento

CUADRO XVI. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA) PARA LA VARIABLE DE RENDIMIENTO.

Variable Rendimiento					
Fuente de variación	GL	Σ de Cuadrados	Cuadrado de la Media	Valor F	Pr>F
Tra	4	9.75	2.43	22.38	0.0002**
Blo	2	0.20	0.10	0.95	0.4250 ^{ns}
Error	8	0.87	0.10		
Total	14	10.83			

R^2	C.V.
0.91	12.41

Para la variable de rendimiento, el análisis ANOVA muestran que hay diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. (T1: sin tratamiento, testigo; T2: Nema-Kell SC, 0.75 mL; T3: Nano-Steel 10 GW, 0.75 mL; T4: Nano-Steel 10 GW, 1.5 mL; T5: Oxate 24 SL, 0.75 mL).

El hongo *Pochonia chlamydosporia* es un hongo endófito mutualista con la capacidad de inducir resistencia o tolerancia en el hospedante contra condiciones adversas, en esta la relación mutualista hongo-planta, el hongo asimila nutrientes que la planta produce y a su vez éste beneficia al hospedante promoviendo su crecimiento o activando sus mecanismos de defensa, por ejemplo, ante estrés de

naturaleza abiótica o biótica como los nematodos fitoparásitos (Stirling, 2014; Hardoim *et al.*, 2015; Schouten, 2016) citado por (Silva *et al.*, 2020).

(Krings *et al.*, 2007) & (Compant *et al.*, 2016) citado por (Silva *et al.*, 2020) sugieren que los hongos endófitos mutualistas contribuyeron a que las plantas pudieran colonizar el suelo gracias a las ventajas biológicas que les confirieron al hospedante como son: biofertilización, supresión de enfermedades, protección contra plagas y herbívoros, inducción de tolerancia al estrés y rizorremediación.

A nivel genético las plantas inoculadas con *Pochonia chlamydosporia* muestran patrones de expresión de genes de resistencia a estrés biótico y abiótico que vinculan las respuestas de plantas hospederas con la característica endofitismo radical del hongo proporcionándoles respuestas de defensa contra nematodos fitoparásitos para el desarrollo normal de la planta (Tolba *et al.*, 2021).

CUADRO XVII. PRUEBA DE RANGOS MULTIPLES DE DUNCAN PARA LA VARIABLE DE RENDIMIENTO.

Tratamiento	Media	Agrupación de Duncan	N
5	3.7667	a	3
2	3.2667	a b	3
4	2.6667	b c	3
3	2.1000	c d	3
1	1.5000	d	3

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

Los valores de la media que comparte la misma letra no son significativamente diferentes entre ellos. El grupo A lo compone el T5 con la media más alta y el T2 con la media más baja del grupo, pero este último también forma parte del grupo B. El grupo B lo comparten el T2 y T4, teniendo el T2 la media más alta y T4 la más baja del grupo; el grupo C lo comparten el T4 con la media más alta y T3 con la media más baja del grupo; el grupo D lo comparten el T3 con la media más alta y el T1 con la menor media. Se observa que el T2 no es significativamente diferente de T5 y T4, igualmente para el T4 no es significativamente diferente de T2 y T3 y similar para el T3 que no es significativamente diferente de T4 y T1.

El mejor rendimiento en kilogramos por hectárea fue obtenido en el tratamiento T5 con 6277.78 Kg/ha, seguido del tratamiento T2 con 5444.44 Kg/ha y el menor promedio en kilogramo por hectárea se obtuvo en tratamiento T1 2500 Kg/ha.

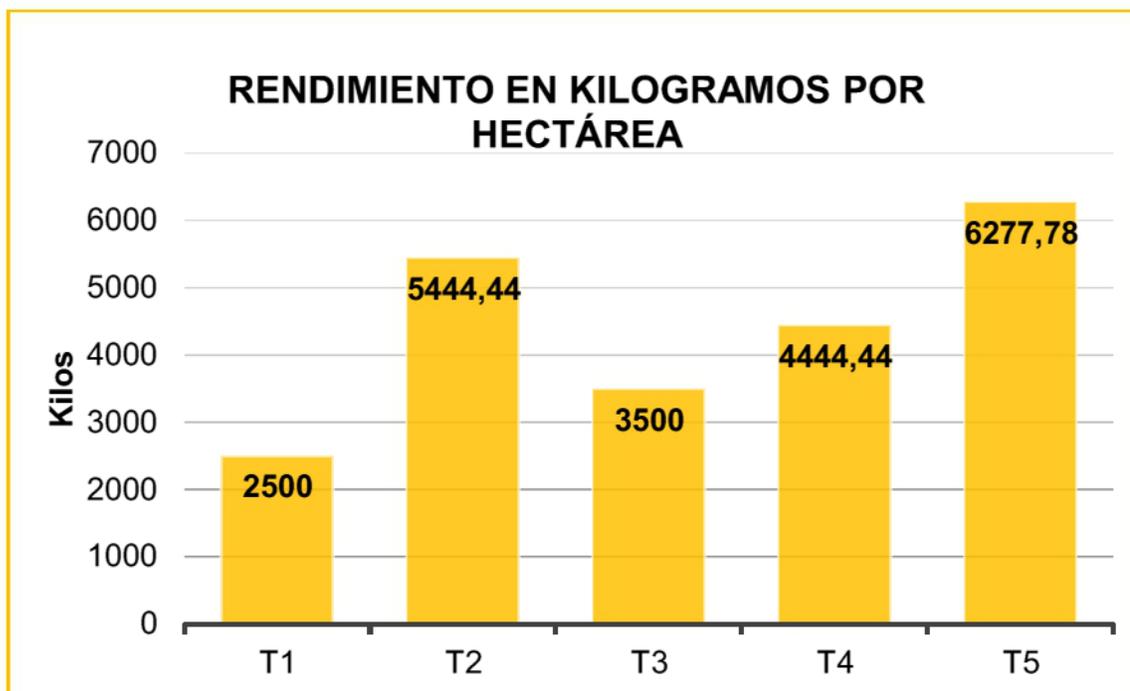


Figura 12. Promedio del rendimiento en kilogramos por hectárea de cada tratamiento.

V. CONCLUSIONES

- El uso de *Pochonia chlamydosporia* ejerce un control eficiente sobre los nematodos fitoparásitos del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.).
- Usar preventivamente *Pochonia chlamydosporia* disminuye el uso de agroquímicos.
- Utilizar *Pochonia chlamydosporia* ayuda a obtener mejores rendimientos en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.).

VI. RECOMENDACIONES

- Proponer realizar la misma investigación en diferentes localidades productoras de arroz con altas poblaciones de nematodos fitoparásitos para evaluar la efectividad o no del hongo *Pochonia chlamydosporia* en control de los fitonematodos en el cultivo de arroz.
- Se sugiere someter a diferentes variedades de arroz de importancia comercial para el tratamiento con el producto biológico a nivel experimental para determinar el potencial como control biológico de fitonematodos en relación con estas variedades.
- Desde el punto de vista económico se recomienda probar diferentes dosis del producto biológico Nema-Kell, para establecer datos de costos y beneficios en el empleo del producto como alternativa de control biológico de nematodos en el cultivo de arroz en Panamá.
- Evaluar la eficacia biológica específica a diferentes dosis del producto Nema-Kell sobre los diferentes géneros de nematodos fitoparásitos.

VII. REFERENCIAS CITADAS

Abuslin Ponce, S. A.; & Vaca Delgado, G. A. (2017). Control del nematodo nodulador de la raíz *Meloidogyne incognita* en el cultivo de tomate utilizando los hongos *Pochonia chlamydosporia*, *Paecilomyces lilacinus*, el extracto botánico *Tagetes patula* y el nematicida oxamil. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. Recuperado el 28 de junio de 2022, de: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/cadefa94-ff89-4781-ac4b-b81720ab31fa/content>

Acevedo, Marco A, Castrillo, Willian A, & Belmonte, Uira C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), 151-170. Recuperado en 28 de enero de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001&lng=es&tlng=es.

Agrios, G. (2005). Introducción a la fitopatología, 2da edición, 273-274.

Alonso F., H. M. (1997). Determinación y distribución de géneros de nematodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), en Coclé. Universidad de Panamá. Biblioteca Rodolfo Alemán, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Álvarez Escobar, J. M. (2017). Evaluación de *Pochonia chlamydosporia* para control de nematodos en zanahoria sistematización de práctica profesional. Universidad Rafael Landívar. Escuintla. Recuperado el 21 de junio de 2022, de: <http://biblio3.url.edu.gt/publiircifuentes/TESIS/2018/06/17/Alvarez-Juan.pdf>

Aranda-Martinez, A., Lenfant, N., Escudero, N., Zavala-Gonzalez, E., Henrissat, B., Lopez-Llorca, L. (2016). CAZyme content of *Pochonia chlamydosporia* reflects that chitin and chitosan modification are involved in nematode parasitism. *Environmental Microbiology*, 18(11). 4200-4215. doi:10.1111/1462-2920.13544

Arévalo, Jersys, Silva, S.D, Carneiro, Marina D.G, Lopes, R.B, Carneiro, Regina M.D.G, Tigano, Myrian S, & Hidalgo-Díaz, L. (2012). *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Zare y Gams como potencial agente de control biológico de *Meloidogyne enterolobii* (Yang y Eisenback) en cultivos hortícolas. *Revista de Protección Vegetal*, 27(2), 123-129. Recuperado en 28 de enero de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522012000200009&lng=es&tlng=es.

Bendezú, R. (2017). Control de *Meloidogyne sp.* en vivero de *Coffea arabica* L. mediante QUINOLEÍNA FENOLICA, *Paecilomyces lilacinus* y estiércol en la zona de SATIPO. Recuperada de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4026/Bendezu%20Castillo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Capcha Ospina, E. (2017). Eficiencia de hongos nematófagos en el control de *Meloidogyne exigua* GOELDI, EN VIVERO DE *Coffea arabica* L. variedad CATIMOR. Universidad nacional del centro del Perú. Recuperado el 24 de junio de 2022, de: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4027/Capcha%20Ospina.pdf?sequence=1>

Compá, S. (2004). Evaluación de la efectividad de nueve tratamientos para el control de nematodos, utilizando dos productos nematocidas, en plantaciones de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), cultivada en dos localidades de ZACAPA. Recuperada de http://cunori.edu.gt/descargas/Evaluacion_de_la_efectividad_de_nueve_tratamientos_para_el_control_de_nematodos_utilizando_dos_productos_nema.pdf

DEMETER. (2022). Nano-Steel 10 GW NEMATICIDA-MICROBIOLÓGICO. Disponible en: <https://www.demeternanotech.com/nematicida-nano-steel>

Escudero Benito, N. (2015). Rhizomodulation for tomato growth promotion and management of root knot nematodes using *Pochonia chlamydosporia* and chitosan. Recuperado el 24 de junio de 2022, de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=133972>

FAO. (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, y Mundi-Prensa, Madrid.

Ghahremani, Z.; Escudero, N.; Saus, E.; Gabaldon, T.; & Sorribas, F. J. (2019). *Pochonia chlamydosporia* induces plant-dependent systemic resistance to *Meloidogyne incognita*. *Frontiers Plant Science*, 10(945). Recuperado el 24 de junio de 2022, de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6700505/pdf/fpls-10-00945.pdf>

Gómez Ramírez, H.; Zapata Granja, A.; Torres del Aguila, E.; & Tenorio Cantoral, M. (2014). Manual de producción y uso de hongos entomopatógenos. Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria, Perú. Recuperado el 21 de junio de 2022, de: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2017/09/Manual-de-Producci%C3%B3n-y-Uso-de-Hongos-Entomopat%C3%B3genos.pdf>

Guzmán-Hernández, T., Hernández-Villalobos, S., Varela-Benavides, I., Durán-Mora, J., Montero-Carmona, W. (2011). Nematodos fitoparásitos asociados al arroz en las regiones Huetar Norte y Huetar Atlántica de Costa Rica, *Revista de Agronomía Mesoamericana*, 22(1): 21-28. ISSN 2215-3608.

Heredia Chuquiruna, J. C. (2014). Efecto de la temperatura, humedad y pH del suelo sobre la patogenicidad de *Pochonia chlamydosporia* para el control de *Meloidogyne spp.*, en el cultivo de *Phaseolus vulgaris*, frijol. Universidad Nacional de Trujillos, Perú. Recuperado el 22 de junio de 2022, de: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4343/Heredia%20Chuquiruna%2C%20Julio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

León Ochoa, I. R. (2019). Prospección y selección de aislados de *Trichoderma spp.* Y *Pochonia spp.* para el control biológico del nematodo agallador de tomate en condiciones in vitro e invernadero. Universidad de Loja, Ecuador. Recuperado el 22 de junio de 2022, de: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21804/1/ldalmis%20Romina%20Le%C3%B3n%20Ochoa.pdf>

López Blanco, J. D. (2006). Determinación preliminar de géneros y densidades poblacionales de nemátodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la región HUETAR NORTE de COSTA RICA. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA SEDE REGIONAL SAN CARLOS. Recuperado el 24 de junio de 2022, de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5874/Determinaci%C3%B3n%20preliminar%20de%20g%C3%A9neros%20y%20densidades%20poblacionales%20de%20nem%C3%A1todos%20asociados%20a%20cultivo%20de%20arroz%20%28Oryza%20sativa%29%20en%20la%20Regi%C3%B3n%20Huetar%20Norte%20de%20Costa%20Rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Manzanilla-López, R., Esteves, I., Finetti-Sialer, M., Hirsch, P., Ward, E., Devonshire, J., Hidalgo-Díaz, L. (2013). *Pochonia chlamydosporia*: Advances and Challenges to Improve Its Performance as a Biological Control Agent of Sedentary Endo-parasitic Nematodes, *Journal of Nematology*, 45(1): 1-7.

Mastrolinardo, R. A.; & Barahona, S. (2019). Prospección de nemátodos fitoparásitos que afectan al arroz (*Oryza sativa* L.) en las parcelas de producción de la F.C.A en Chiriquí. Universidad de Panamá. Biblioteca Rodolfo Alemán, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

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

MIDA. (2020). Aumentan a 11 mil hectáreas, la siembra de arroz para este ciclo agrícola. Disponible en: <https://mida.gob.pa/aumentan-a-11-mil-hectareas-la-siembra-de-arroz-para-este-ciclo-agricola/>.

Tanya Morocho, Mariuxi, & Leiva-Mora, Michel. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. Centro Agrícola, 46(2), 93-103. Recuperado en 03 de enero de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&tlng=es.

Ortiz Paz, R. A.; Guzmán Piedrabita, O. A.; & Leguizamón Caycedo, J. (2015). MANEJO INTEGRADO DEL NEMATODO DEL NUDO RADICAL [*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood Y *Meloidogyne mayaguensis* Rammh & Hirschmann] EN ALMÁCIGOS DE GUAYABO (*Psidium guajava* Linneo), VARIEDAD PALMIRA ICA-1. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 19(2). Universidad de Caldas, Colombia. Recuperado el 21 de junio de 2022, de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v19n2/v19n2a07.pdf>

Piedra, R. (2008). Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. 21(1): 123-132.

Purpureocillium lilacinum (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson in GBIF Secretariat. (2021). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2022-04-23.

Riascos, D. (2014). Los nematodos fitopatógenos como inductores de estrés biótico en plantas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(2): 260. ISSN 2145-6097.

Silva Zegarra, Br. J. A. (2021). Eficiencia de cinco especies de hongos nematófagos sobre el control de *Meloidogyne spp.* en pimiento del piquillo (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de casa malla. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. Recuperado el 20 de junio de 2022, de: https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/8354/1/REP_JUAN.SI_LVA_EFICIENCIA.DE.CINCO.ESPECIES.pdf

Silva-Valenzuela, M.; Rojas-Martínez, R. I.; Manzanilla-López, R. H.; Macías-Ruvalcaba, M. L.; Aranda Ocampo, S.; y E. Zavaleta-Mejía. (2020). Hongos endófitos: Una alternativa biológica para el manejo de nematodos fitoparásitos. *Nematropica* 50:101-117. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Recuperado el 23 de junio de 2022, de: <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/126284>

Tolba, S.R.T.; Rosso, L.C.; Pentimone, I.; Colagiero, M.; Moustafa, M.M.A.; Elshawaf, I.I.S.; Bubici, G.; Prigigallo, M.I.; Ciancio, A. Root Endophytism by *Pochonia chlamydosporia* Affects Defense-Gene Expression in Leaves of Monocot and Dicot Hosts under Multiple Biotic Interactions. *Plants* 2021, 10, 718. <https://doi.org/10.3390/plants10040718>

Vargas, C. (2009). Dinámica poblacional de nematodos y su relación con el peso de grano, en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*), en la región HUETAR NORTE y HUETAR ATLANTICA de COSTA RICA. Trabajo de Graduación Final, INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.

Vargas, H. (2008). Identificación, cuantificación, caracterización y dinámica poblacional de nematodos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el cantón de Upala, Región Huetar Norte de Costa Rica, Trabajo de Graduación Final, Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional de San Carlos.

Yang, J.; Tian, B.; Liang, L.; & Zhang, K. (2007). Extracellular enzymes and pathogenesis of nematophagous fungi. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 75, 21–31. Yunnan University, China. Recuperado el 20 de junio de 2022, de: https://www.researchgate.net/profile/Baoyu-Tian/publication/6486824_Extracellular_enzymes_and_the_pathogenesis_of_nematophagous_fungi/links/0046351af279e39672000000/

Zare, R., Gams, W. (2001). A revision of *Verticillium* sect. *Prostrata*. III. Generic classification. *Nova Hedwigia* 72(3-4): 329-337.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo de la parcela experimental.



Facultad de Ciencias Agropecuarias • Universidad de Panamá
Educación para un mejor Futuro del Sector Agropecuario, la Ganadería y la Pesca

LABORATORIO DE SUELOS Y AFINES

Resultados Confiables al Alcance del Productor Nacional

Análisis de Suelo

ATENCIÓN: LIONEL DE LISSER
LUGAR: GUARUMAL, ALANJE
FECHA: 16 DE OCTUBRE DE 2021

Nº	Arena	Limo	Arcilla	CLAF. TEXTURAL	pH (H ₂ O)	P	K	Na	Fe	Cu	Mn	Zn	Cs	Mg	Acidez		Al	Mat.Org.												
	%				(1:2.5)	ppm = (mg/L) = (mg/Kg)												meq/100g		%										
1	55.9	26.4	17.7	Franco Arenoso	6.5	pA	175.22	a	265.9	a	76.15	m	273.4	a	18.4	a	33.2	m	6.5	m	15.41	a	1.61	a	0.30	b	0.00	b	2.35	m

mA^a Muy Acido

A^a Acido

pA^a Poco Acido

N^o Neutro

Al^a Alcalino

mAl^a Muy Alcalino

a^a alto

m^a medio

b^a bajo

IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

1 S-504 Arroz

Química Analista Especializada
Reg. 218 ID 0019
Jefa de LABSA

Activar Windows

Configuración de PC para activar W

FGA | Chiriquí 772-9413
Panamá 523-5470
E:labcea.agropes@up.edu.pa

LabSA | 523-3915 • 772-0803
6090-9752 • 0707-0136 • 6484-2568
labsa.fca.up@gmail.com

#YusoyFGA