



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DIRECCIÓN DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Trabajo de Tesis

**Evaluación *in vitro* de hongos
entomopatógenos y extractos botánicos para
el manejo de nematodos fitoparásitos
extraídos del cultivo de plátano**

Autor

Br. Jefferson Alberto Cajina Bucardo

Asesor

MSc. Trinidad Castillo Arévalo

Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado de
Ingeniero Agrónomo

Managua, Nicaragua
Enero, 2025

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agrícolas como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Miembros del Comité Evaluador

MSc. Jorge Gómez Martínez
Presidente

Ing. Luis Ruiz Obando
Secretario

MSc. Santos David Romero
Vocal

Lugar y fecha: Managua, Nicaragua, 03 de abril, 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Angela Patricia Bucardo Zeledón y a mi hermana Noelia Verónica Guillén Bucardo, quienes siempre estuvieron en los momentos más difíciles de mi vida.

Y a todas aquellas personas que fueron parte del proceso de profesionalización, alumnos, docentes.

A mis compañeros de universidad que sin duda alguna fueron parte sustancial de mi preparación Alex Enmanuel Hernández Pineda, Jasmir Josué Luquez y Sheyra Gurdían.

Y por último a todas esas personas que se esfuerzan día a día por hacer mejor a Nicaragua con su esfuerzo, al agricultor, al comerciante y todas las partes involucradas en el proceso de la Agricultura.

Jefferson Alberto Cajina Bucardo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi docente, tutor y amigo Ing. MSc. Trinidad Castillo Arévalo, quien fue un pilar fundamental para mi profesionalización.

A Ing. María Elena Zamora quién además de haber sido mi compañera de clases, formó parte de este proceso como técnica de laboratorio, agradezco cada consejo, instrucción y conocimiento compartido.

Jefferson Alberto Cajina Bucardo

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
INDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Producción de plátano	4
3.2. Los nematodos en la agricultura	4
3.3. Problemática de los nematodos en el cultivo del plátano	5
3.4. Características de los nematodos	5
3.4.1. Morfología de los nemátodos	5
3.4.2. Anatomía de los nematodos	6
3.4.3. Síntomas ocasionados por nematodos	6
3.5. Aislamiento de los nematodos	6
3.6. Hongos entomopatógenos en el control biológico	6
3.6.1. <i>Trichoderma</i> generalidades	7
3.6.2. Uso de <i>Trichoderma</i> como nematocida.	7
3.7. Uso de <i>Paecilomyces lilacinus</i>	7
3.8. Uso de Pimienta dioica	8
3.9. Uso de Citronela	9
3.9.1. Aspectos Generales	9
3.9.2. Usos y propiedades.	9
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	10
4.1. Ubicación del estudio	10

4.2.	Diseño metodológico, diseño experimental o diseño de tratamientos	11
4.3.	Descripción de los tratamientos	11
4.4.	Manejo del ensayo y metodología	12
4.5.	Variables evaluadas	12
4.5.1.	Evaluación de la mortalidad	12
4.6.	Análisis de datos	13
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
5.1.	Mortalidad y sobrevivencia de nematodos por tratamiento (Aislados)	14
5.2.	Tiempo letal medio	15
5.3.	Dosis letal media de los tratamientos evaluados	16
5.4.	Evaluación de la mortalidad	17
VI.	CONCLUSIONES	19
VII.	RECOMENDACIONES	20
VIII.	LITERATURA CITADA	21
IX.	ANEXO	25

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	PÁGINA
1. Clasificación botánica Citronela	9
2. Descripción de los tratamientos evaluados en el estudio	12
3. Variables evaluadas	12
4. Porcentaje de mortalidad de los tratamientos evaluados	15

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Mapa de finca Los Chamorrones, Municipio de Tola, Departamento de Rivas, 2024.	10
2. Departamento de Managua, Universidad Nacional Agraria, Laboratorio de Bioplaguicidas, 2024.	11
3. Porcentaje de mortalidad de <i>Pratylenchus</i> con los tratamientos aplicados	14
4. Porcentaje de mortalidad de <i>Pratylenchus</i> spp., en los diferentes tratamientos	17
5. Mortalidad expresada en Probit	18

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Diseño de campo (distribución de los tratamientos)	25
2. Extracción de muestras en campo	255
3. Embolsado de muestras para traslado	26
4. Pesaje de muestras	26
5. Muestra de raíces (izquierda) muestra de suelo (derecha)	266
6. Licuado de raíces para extracción de nematodos	266
7. Reposo de muestras para extracción	27
8. <i>Pratylenchus spp.</i> , extraído de raíces de plátano en el departamento de Rivas	27

RESUMEN

El cultivo del plátano (*Musa paradisiaca* L.) se enfrenta a diferentes problemas fitosanitarios, siendo uno de ellos, los nematodos, estos causan agallamientos, quistes y síntomas parecidos a deficiencias nutricionales como clorosis en las hojas de las plantas. El uso de los nematicidas ha causado innumerables de muertes en las fincas plataneras, además de enfermedades permanentes, como ceguera, infertilidad, cáncer y la misma muerte; es por eso que se buscan alternativas efectivas y de menos riesgo para el control de esta plaga. El hongo entomopatógeno *Paecilomyces lilacinus*, es producido en el laboratorio de Bioplaguicidas, que ha demostrado tener cualidades nematicidas, así como *Trichoderma spp.* que su efecto simbiótico es multiefectos, además de dos tratamientos que se pusieron a prueba en el caso de Citronela y *Pimienta dioica*, que demostraron tener efecto mortal en los nematodos. La metodología de muestreo se realizó mediante la fórmula de cálculo de muestra con población finita propuesta por Münch y Ángeles (1990), la cual se utiliza cuando se conoce el dato del universo o total de las unidades en estudio. El experimento se estableció en un D.C.A en laboratorio, se colocaron 25 platos Petris con 100 nematodos cada uno (unidades experimentales) y se aplicaron cinco réplicas de cada tratamiento con un testigo. Se realizó un conteo de la mortandad de nematodos cada 12 horas por cada tratamiento hasta llegar a las 72 horas. Se realizó una prueba de Tukey 0.05% de confiabilidad en el programa Infostat se registró el tratamiento *Paecilomyces lilacinus* fue el tratamiento con mayor efectividad con una eficiencia de un 99 %, *T. harzianum* con un 97.8 %, Citronela con un 71.2 %, *Pimienta dioica* con 64.6% de mortalidad, demostrando que los hongos Entomopatógeno y las especies naturales ejercen diferencias significativas en cuanto a la mortalidad de nematodos.

Palabras clave: *Paecilomyces lilacinus*, hiperparásito, *Trichoderma spp*, *pimienta dioica*, citronela, aceites esenciales.

ABSTRACT

The banana crop (*Musa paradisiaca* L.) faces different phytosanitary problems, one of them being nematodes, which cause galls, cysts and symptoms similar to nutritional deficiencies such as chlorosis in the leaves of the plants. The use of nematicides has caused countless deaths in banana farms, in addition to permanent diseases such as blindness, infertility, cancer and death itself; that is why effective and less risky alternatives are sought for the control of this pest. The entomopathogenic fungus *Paecilomyces lilacinus*, produced in the Biopesticides laboratory, has demonstrated nematicidal qualities, as well as *Trichoderma* spp. whose symbiotic effect is multi-effect, in addition to two treatments that were tested in the case of Citronella and *Pimenta dioca*, which proved to have a lethal effect on the nematodes. The sampling methodology was carried out using the finite population sample calculation formula proposed by Münch and Ángeles (1990), which is used when the universe or total number of units under study is known. The experiment was based on a D.C.A. in the laboratory, 25 Petris dishes were placed with 100 nematodes each (experimental units) and five replicates of each treatment were applied with a control. Nematode mortality was counted every 12 hours for each treatment up to 72 hours. A Tukey test of 0.05% reliability was performed in the Infostat program and the treatment *Paecilomyces lilacinus* was the most effective treatment with an efficiency of 99%, *T. harzianum* with 97.8%, Citronella with 71.2%, *Pimenta dioca* with 64.6% mortality, demonstrating that Entomopathogenic fungi and natural species exert significant differences in terms of nematode mortality.

Keywords: *Paecilomyces lilacinus*, hyperparasite, *Trichoderma* spp, pimenta dioca (L) Merrill, citronella, essential oils.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del plátano pertenece al género *Musa* y representan al cuarto cultivo más importante en el mundo, ya que sólo lo superan el arroz, trigo y maíz (Jones, 2000) y es el frutal tropical más importante por su consumo internacional. Estas especies se cultivan en más de 120 países, los cuales producen cerca de 100 millones de toneladas anualmente (Heslop & Schwarzacher, 2007), constituyen el principal alimento de al menos 400 millones de personas. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, es uno de los frutos de exportación más productivos y ocupa el segundo lugar en términos económicos, después de los cítricos (FAO, 2017).

En Nicaragua la severidad de patógenos que causan enfermedades en el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) ha disminuido los rendimientos e ingresos que este cultivo proporciona a los productores del país, por otro lado, la seguridad alimentaria que este rubro provee se ha visto amenazada por las enfermedades que afectan a la planta y sus frutos. El café, el banano, las solanáceas y las cucurbitáceas son cultivos de gran importancia económica que son afectados por nematodos; en estos dos últimos, el uso de nematicidas sintéticos es limitado debido a su toxicidad. Nicaragua no es una excepción a esta situación (Castillo-Arévalo y Jiménez-Martínez, 2020).

La determinación del nivel de infección es a través de un buen muestreo y determinar el nivel de daño y las lesiones de las raíces. La densidad poblacional de nematodos varía según el estado fisiológico de las plantas, pueden llegar a ser en mayor cantidad en las raíces de los retoños que crecen continuamente (Suárez y Rosales, 2004).

El deterioro de la raíz de plátano y su efecto adverso en el desarrollo y en la producción se debe a factores ambientales (físicos, químicos y climáticos) y biológicos. Entre los biológicos se destacan la podredumbre de los rizomas y raíces provocada por nematodos, y la degradación de la actividad biológica del suelo (Castro *et al.*, 2003).

Según Pucheta Diaz *et al.*, (2006), los hongos entomopatógenos tienen un gran potencial como agentes controladores, constituyendo un grupo con más de 750 especies, diseminados en el medio ambiente y provocando infecciones fungosas a poblaciones de artrópodos; Según (López *et al.*, 2001), entre los géneros más importantes están: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophthora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Verticillium*, mientras que para la FAO (2003), los géneros de importancia son *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces*, *Verticillium*, *Rhizopus* y *Fusarium* (Bonkowski *et al.*, 2000).

Para el manejo de fitonematodos, normalmente se recurre al control químico, cuyo uso es más limitado debido a la alta toxicidad, riesgo de contaminación ambiental, alto costo y baja efectividad de control después de aplicaciones repetidas (Dong y Zhang, 2006). El motivo de este estudio es brindar a los productores alternativas de manejo efectivo y garantizando la salud pública con propuestas biológicas de bajo riesgo, se aplicarán tratamientos *In vitro* para demostrar su efectividad en la mortalidad de nematodos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto *In vitro* de hongos entomopatógenos y extractos botánicos para el manejo de nematodos fitoparásitos.

2.2. Objetivos específicos

Aislar los nematodos encontrado en plantaciones de plátano en la Finca los Chamorrones, municipio de Tola, departamento de Rivas.

Determinar la diversidad nematodo fitopatógenos extraídos en las muestras de suelo y raíz.

Comparar la relación mortalidad tiempo del parasitismo de hongos entomopatógenos y extractos botánicos sobre nematodos fitopatógenos en laboratorio.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Producción de plátano

El departamento de Rivas posee las mejores condiciones agroclimáticas para la siembra y el establecimiento de explotaciones plataneras bajo riego gracias a las características edáficas y la abundancia del recurso agua subterránea. Rivas tiene la mayor cantidad de áreas sembradas de musáceas del país y en la zona, el plátano es un rubro de alta relevancia agrícola, especialmente en la zona de Ometepe, Belén, Potosí, San Jorge, Buenos Aires y Tola donde existen más de 10 000 manzanas en producción (Castillo *et al.*, 2021).

3.2. Los nematodos en la agricultura

Los nematodos son uno de los grupos de invertebrados más numerosos sobre la tierra, encontrándose entre ellos especies fitoparásitos de gran importancia en la agricultura debido a los problemas que causan. Una parte de los daños se generan debido a la secreción que los nematodos inyectan al alimentarse de la planta. Esta secreción afecta el tejido vegetal causando necrosis, destrucción de las paredes celulares o provocando la supresión de la división celular en el meristemo apical, impidiendo así el crecimiento de la raíz (Munguía *et al.*, 2016).

Estos organismos según sus hábitos alimenticios se pueden clasificar en varios grupos tróficos: saprófagos, omnívoros, depredadores, y parásitos de plantas, aunque todos ellos pueden ejercer un impacto agrícola, los nematodos fitoparásitos constituyen el grupo más importante por su acción patogénica, debido a su diversidad de géneros y gran cantidad de hospederos, con un alto impacto económico, causando pérdidas aproximadas de 11 a 14% (Peña & Santiago, 2018). Los nematodos afectan negativamente la calidad de los cultivos, a su vez actúan como indicadores de resiliencia y madurez del suelo, ya que permiten la identificación del estado de madurez de los procesos geológicos en lo que se refiere a la formación de la materia orgánica (Azpilicueta, 2015).

Las enfermedades causadas por el nematodo Barrenador (*Radopholus similis* Cobb.), el nematodo Lesionador (*Pratylenchus* spp), el nematodo Espiral (*Helicotylenchus* spp) y el nematodo Nodulador de raíces (*Meloidogyne* spp), se encuentran entre las nueve más importantes que afectan la producción de plátano en Colombia (Martínez *et al.*, 2006).

3.3. Problemática de los nematodos en el cultivo del plátano

Los problemas con nematodos son cada vez más graves debido a la falta de prácticas fitosanitarias adecuadas por parte de los agricultores, por la mala distribución de siembra y por el desconocimiento del manejo agronómico de los mismos; no obstante, la razón principal de estos problemas es la utilización de semilla de baja calidad; por lo tanto, genera la proliferación y establecimientos de plagas y enfermedades (Palencia *et al.*, 2006).

3.4. Características de los nematodos

Los nematodos son microorganismos pertenecientes al reino animal de tamaño microscópico (longitud 300-1000 μm) y vermiforme. La mayor parte de ellos viven libremente en agua dulce, agua salada o en el suelo, donde se alimentan de microorganismos, plantas y animales. Los nematodos parásitos de las plantas tienen estiletes que penetran y se alimentan de las células vegetales (Agrios, 2005).

Los nematodos son tanto de vida libre como parásitos. Se conocen aproximadamente 26.646 especies de nematodos, distribuidas entre especies de vida libre (10.681); parásitos de invertebrados (3.501), de vertebrados (8.359) y de plantas (4.105) (Decraemer & Hunt, 2006). En general, los nematodos fitoparásitos causan pérdidas anuales entre 11 y 14% en cultivos de importancia económica como leguminosas, granos, banano, yuca, coco, remolacha azucarera, caña de azúcar, papa, hortalizas y varios frutales, equivalentes a US\$80.000 millones. año-1 (Nicol *et al.*, 2011).

Por su taxonomía: Pertenecen al filum *Nemaltelmintos*, clase *Nematoda*. La mayoría de los géneros parasíticos pertenecen a la subclase *Secernentea*, Orden *Tylenchida*. Sólo cuatro géneros importantes pertenecen a la subclase *Adenophorea*, Orden *Dorylaimida*. De acuerdo con su hábitat alimenticio: Pueden ser ectoparásito y endoparásito, a su vez los nematodos de estos dos grupos pueden ser sedentarios o migratorios (Shurtleff & Averre, 2000).

3.4.1. Morfología de los nemátodos

Los nematodos fitopatógenos son organismos microscópicos de 300 a 1000 μm , siendo algunos mayores a 4 μm de longitud por 15 a 35 μm , de ancho. Su diámetro diminuto característicos de los seres microscópicos. Los nematodos tienen forma vermiforme y en corte transversal tiene forma

circular, presentan cuerpos lisos, sin segmentación y no poseen patas ni otro tipo de apéndices (Peña & Santiago, 2014).

3.4.2. Anatomía de los nematodos

El cuerpo de un nematodo es casi transparente. Está cubierto por una cutícula incolora que usualmente presenta estrías y otros detalles. Esta cutícula muda a través del proceso de desarrollo de los nematodos. Dicha cutícula es a su vez producida por la hipodermis, la cual está formada por células vivas y se extiende en la cavidad del cuerpo a manera de 4 cordones que separan 4 bandas de músculos longitudinales. Estos músculos son los que le dan la movilidad al nematodo (Abolafia, 2010).

3.4.3. Síntomas ocasionados por nematodos

Los síntomas ocasionados por los nematodos pueden ser identificados por los daños en las raíces, así como también en el follaje. En las raíces aparecen agallas, lesiones, multiplicación excesiva de raíces, daños en los ápices de las raíces. Los síntomas radiculares vienen en compañía de daños foliares, ocasionando achaparramientos, síntomas de deficiencias de nutrientes, amarillamiento, marchitamiento en las horas de más caliente del día, mermas de rendimientos y pérdida en la calidad de los frutos (Crozzoli *et al.*, 2002).

3.5. Aislamiento de los nematodos

El embudo se coloca en un soporte y se llena con agua potable. Posteriormente, pequeñas cantidades de suelo (50 – 100 cc), se pesaron 100 g de suelo/muestra y se procesó según el método de Cobb modificado para recuperar nematodos y la limpieza de las muestras se realizó con el embudo de Baermann (Jacob & Van Bezooijen, 1971).

3.6. Hongos entomopatógenos en el control biológico

El hongo benéfico *P. lilacinus*, el cual es un enemigo natural de muchos géneros de nemátodos y es efectivo para control de los géneros *Helicotylenchus*, *Pratelnynchus*, *Meloidogyne* y *Radopholus*, a través de la producción de enzimas líticas provocando deformaciones, reducción de la eclosión y pérdida de movimiento, también se puede observar vacuolizaciones internas de las larvas del primer estadio, segmentación y gastrulación atípicas, El hongo *P. lilacinus*. es capaz de penetrar el huevo, crecer dentro del mismo y destruir el embrión lo cual provoca deformaciones en el

estilete de los nemátodos, ya que segregan toxinas que afectan su sistema nervioso (Prabhu *et al.*, 2008).

Meyling y Eilenberg (2007), afirman:

“Los hongos entomopatógenos presentan un reconocimiento cada vez mayor en la biodiversidad de los ecosistemas donde prestan importantes servicios ecosistémicos tanto en la producción agrícola porque según Azevedo y Melo (1998) “pueden eliminar o mantener las plagas en niveles que no ocasionan daños a los cultivos”, como en el control biológico, por su capacidad natural para regular las poblaciones de insectos”.

3.6.1. *Trichoderma* generalidades

Los mecanismos de biocontrol asociados a *Trichoderma* spp. Incluyen micoparasitismo, la competencia por nutrientes y antibiosis (Sholberg *et al.*, 2001) De estos, el micoparasitismo se destaca como el principal mecanismo de acción de este hongo. A través de este proceso, *Trichoderma* spp. cubre al huésped, ataca y penetra sus células, ocasionando daño considerable. Este ataque resulta en la alteración y degradación de la pared celular, provocando también la retracción de la membrana plasmática y desorganización de la pared celular, provocando también la retracción de a membrana plasmática y la desorganización del citoplasma. Recientemente se ha comprobado que la aplicación de *Trichoderma* spp. incrementa la capacidad fotosintética y el metabolismo de las plantas (Domínguez *et al.*, 2016).

3.6.2. Uso de *Trichoderma* como nematocida.

Numerosas investigaciones con organismos biocontroladores en Cuba han demostrado su eficacia para disminuir las poblaciones de *M. incognita*; el hongo antagonista *Trichoderma* spp es uno de ellos. (Sholberg *et al.*, 2001) Se han empleado con éxito varios aislamientos de *Trichoderma viride* Pers y *Trichoderma harzianum* Rifai en una amplia gama de cultivos para controlar patógenos que se propagan por el suelo, las semillas, los patógenos foliares y hasta los productos almacenados. (Tronsmo *et al.*, 1997).

3.7. Uso de *Paecilomyces lilacinus*

Paecilomyces lilacinus parasita huevos y hembras de nematodos causando destrucción de ovarios y reducción de la eclosión, se ha conseguido resultados muy satisfactorios en el control biológico de este nematodo en cultivos olerícolas como el tomate. Este hongo al parasitar las masas de huevos de los nematodos, dejan estériles y muertos; ataca en la masa gelatinosa donde son puestos en colonias sobre la hembra que después de unos días eclosionan causando desastrosos efectos en los nematodos; por consiguiente, por esta acción parasítica hay un efectivo control para las generaciones sucesivas (Bernal *et al.*, 2002).

Se demostró que la aplicación de *Paecilomyces lilacinus* con el hongo micoparásito *Trichoderma harzianum* en la producción de lechuga orgánica, tiende a incrementar los rendimientos cualitativa y cuantitativamente. El mismo autor hizo énfasis en evitar la aplicación simultanea de estos hongos, debido a que puede haber un efecto antagónico entre ambos. (Méndez, 2003).

3.8. Uso de Pimienta dioica

Jiménez (2018), comprobó que el aceite esencial de *Pimenta dioica* (L) Merrill tiene propiedades fúngicas, las cuales han sido utilizadas para el tratamiento de café verde; constituye una alternativa rentable ante el uso de fungicida sintéticos sumamente tóxicos para el ecosistema, por ende, se constituye como una alternativa calificada para la agricultura orgánica sostenible.

La pimienta dioica (*Pimenta dioica* (L.) Merr) es una especie que destaca por un índice elevado de aceites esenciales en sus frutos y hojas, utilizados en la fabricación de cosméticos, aceites aromáticos, productos farmacéuticos y también como plaguicida. Posee un multi efecto antihipertensivo, antiinflamatorios, analgésico, antimicrobiano, y propiedades antioxidantes (Gomes *et al.*, 2022).

De los compuestos identificados en el aceite esencial de *Pimenta dioica* (L.) Merrill se destaca la presencia en mayor proporción de eugenol, compuesto que posee acción insecticida sobre plagas, al actuar a través del sistema octopaminérgico, activa los receptores de la octopamina, actúa sobre la acetilcolinesterasa, el que inhibe inhibiendo la actividad celular y los procesos biológicos de los insectos. Los canales del cloro son bloqueados por el eugenol y provoca la intoxicación en los insectos (Madruga, 2020).

3.9. Uso de Citronela

3.9.1. Aspectos Generales

La Citronela es una planta perenne y alcanza una altura de 1.50 metro. Su reproducción se realiza por mudas, obteniéndose su primera cosecha seis meses después de ser plantada. Las hojas contienen 0.35 a 0.50% del aceite esencial. (Sharapin, N. 2000.) El aceite de Citronela contiene citronellal (32 a 45%), geraniol (12-16%). Citronellol (11-15%), acetato de geranil (3-8%), acetato de citrone-llil (2-4%), limoneno (2-5%), elemol y otros alcoholes sesquiterpenos (2-5%), β – elemeno y T-cadineno (2-5%) y trazos de cubebeno, calameneno, bourboneno, bisaboleno, 14 eugenol, metil eugenol, isopulgeol, nerol, linalol, geraniol, metil heptenone, myrceno y α -pineno. La alta calidad de citronela contiene más del 38% de citronellal, 16% de geraniol y 12% de citronellol (Pineda, 2005).

Cuadro 1. Clasificación botánica Citronela

Tipo	Espermatofitas
Subtipo	Angiospermas
Clase	Apétalas
Orden	Gramínidas
Familia	Gramináceas
Género	Cymbopogon
Especie	Winterianus
Nombre común	Citronela

(Pineda, 2005)

3.9.2. Usos y propiedades.

Entre sus principales usos se manifiesta como repelente para insectos, el mecanismo de acción consiste en un efecto desagradable sobre las terminaciones sensitivas de los insectos aéreos, así como un bloqueo de la percepción química, medio de orientación de estos. La citronela comúnmente combinada con otros compuestos para el aprovechamiento de su agradable olor. Su toxicidad es mínima y su aplicación tópica asperjada, no se han demostrado reacciones adversas, lo que sumado a su bajo costo sea una alternativa muy atractiva para los agricultores. (Martínez, 1999)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo en dos fases, una fase de campo en la finca Los Chamorrones Municipio de Tola, Departamento de Rivas donde se realizó la recolección de muestras y una fase In vitro en el laboratorio de bioplaguicidas perteneciente a la Dirección de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional Agrarias (UNA), ubicado en el km 12½ carretera norte municipio de Tola Departamento de Rivas $11^{\circ}28'12''N$ $85^{\circ}55'36''W$

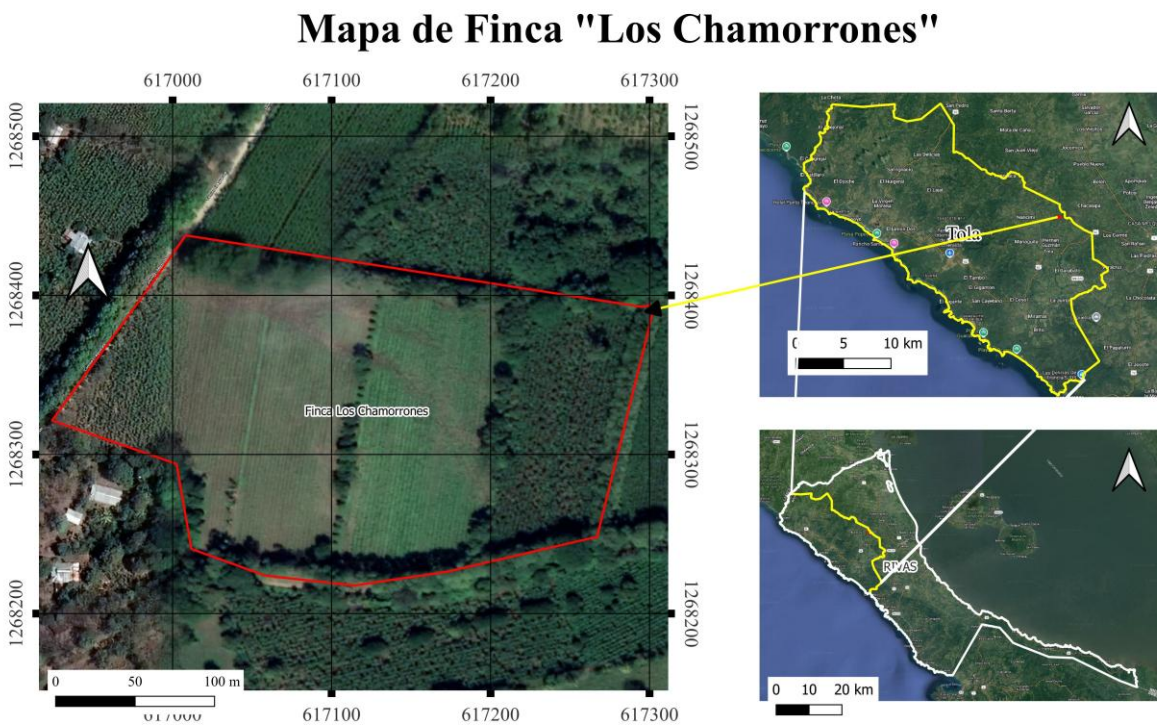


Figura 1. Mapa de finca Los Chamorrones, Municipio de Tola, Departamento de Rivas, 2024.

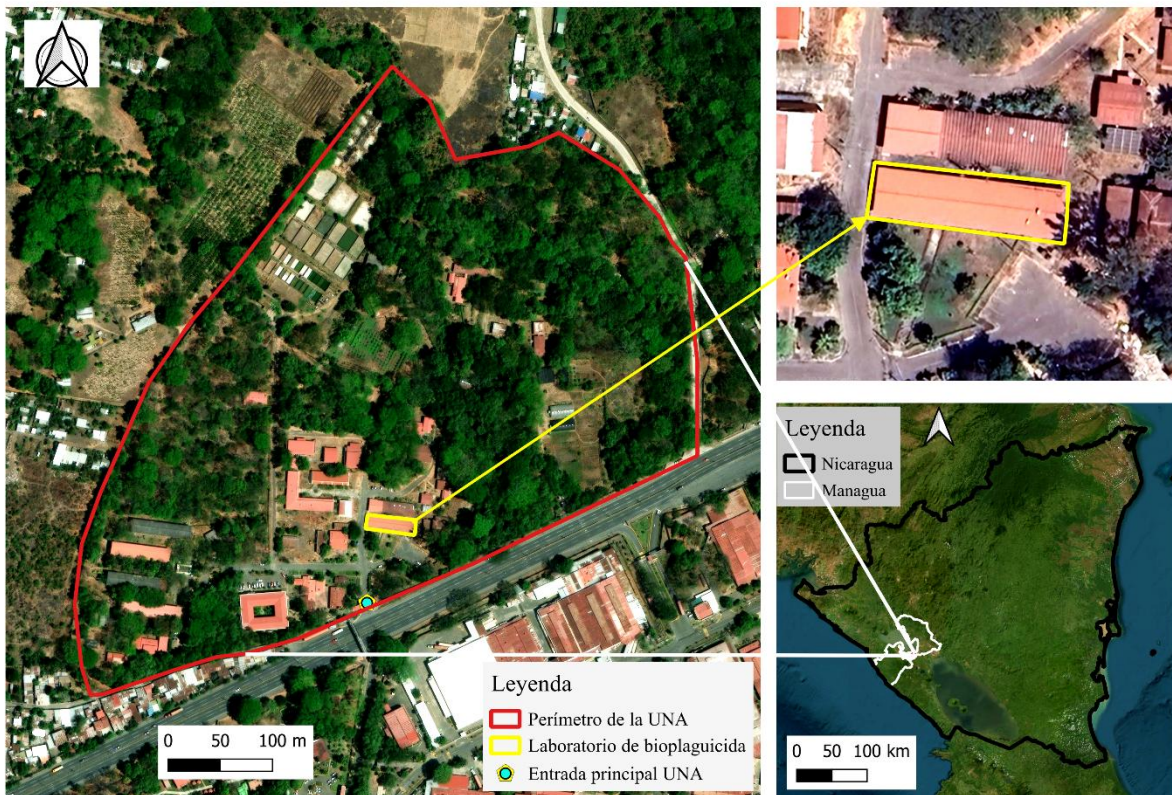


Figura 2. Departamento de Managua, Universidad Nacional Agraria, Laboratorio de Bioplaguicidas, 2024.

4.2. Diseño metodológico, diseño experimental o diseño de tratamientos

El experimento se evaluaron cinco tratamientos, *Trichoderma* spp, *Paecilomices* spp, *Citronela* y *Pimenta dioica* (L.) Merrill y el testigo que no se le aplicó nada. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA), en platos Petri, se colocaron 100 nematodos del género encontrado y en cada uno de ellos se evaluó el porcentaje de mortalidad de los nematodos por cada plato Petri expuesto a los nematicidas biológicos, tomando datos cada 12 horas a partir de la aplicación de los tratamientos hasta llegar a las 72 horas.

4.3. Descripción de los tratamientos

El experimento se evaluaron cinco tratamientos, *Trichoderma* spp, *Paecilomices* spp, *Citronela* y *Pimenta dioica* (L.) Merrill y el testigo. Cada Platos Petri con tratamientos fueron inoculados con 200 µl de una solución de esporas de (1×10^{-12}) , distribuida en toda la placa con una espátula de Drigalski.

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos evaluados en el estudio

Tratamientos	Descripción de los tratamientos	Dosis por plato petri
Testigo	Sin aplicación	Sin aplicación
T1	<i>Trichoderma</i> spp	200 µL
T2	<i>Paecilomyces</i> spp	200 µL
T3	<i>Citronela</i>	200 µL
T4	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merril	200 µL

4.4. Manejo del ensayo y metodología

Se tomaron dos muestras, una de suelo y la otra de raíces, cada una de ellas de 1 Kg, se utilizó una pala previamente desinfectada, y se extrajeron las muestras. En una bolsa transparente y un termo para conservar la temperatura, se procedió con el traslado de las muestras al laboratorio. Una vez la muestra en el laboratorio se procedió a tomar 100 gr de suelo, las cuales fueron depositadas en papel toalla sobre un colador metálico dejándolas reposar por 48 horas a una temperatura de 24 °C hasta provocar que los nematodos descieran por gravedad. Para el análisis de raíz, se utilizó una balanza digital donde se depositaron 20 gr de raíz, las cuales fueron lavadas con agua purificada y cortadas en longitud de 10 cm, para ser licuadas. La solución obtenida fue vertida en un colado con papel toalla y los residuos de raíces se depositaron en un beaker para su observación.

Para el análisis de raíz, se utilizó una balanza digital donde se depositaron 20 gr de raíz, las cuales fueron lavadas con agua purificada y cortadas en longitud de 10 cm, para ser licuadas. La solución obtenida fue vertida en un colado con papel toalla y los residuos de raíces se depositaron en un beaker para su observación, técnica descrita por el embudo de Bearman (Valero *et al.*, 2012).

4.5. Variables evaluadas

Cuadro 3. Variables evaluadas

Variables	Medición
Mortalidad	Número de nematodos muertos
Tiempo letal medio	50% de individuos muertos en el tiempo
Dosis letal media	50% de individuos muertos por dosis

4.5.1. Evaluación de la mortalidad

Para la evaluación de la patogenicidad de los aislados se colocaron 100 nematodos por cada plato petri expuesto a cada tratamiento, haciendo registro de porcentaje de mortalidad (DL_{50}) y tomando lectura cada 12 horas registrando cuantitativamente el efecto de los tratamientos en la mortalidad de los individuos y determinando el tiempo de muerte (TL_{50}) para cada aislado evaluado. Para determinar la mortalidad se utilizó análisis Probit demostrando que el modelo estadístico se ajusta a las pruebas realizadas.

4.6. Análisis de datos

Para el análisis estadístico se tomaron en cuenta los datos a partir de las 12 horas que es cuando se presentaron registros de mortalidad. Después de colectados los datos, estos fueron arreglados por variables en una tabla de datos en Excel, luego cada variable fue comparada entre tratamientos, se realizó prueba Tukey, para luego analizarlos mediante un análisis de varianza (ANDEVA), a través del programa Infostat. El nivel de significancia en el análisis fue de ($p = 0.05$).

Los datos de porcentaje de mortalidad de nematodos fueron sometidos a un análisis de varianza en el software estadístico INFOSTAT versión libre estudiantil 2020. Se realizó ANDEVA a un 5% de error ($p < 0.05$). Al presentarse diferencias estadísticas entre los tratamientos se realizaron pruebas de separación de medias Tukey.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Mortalidad y sobrevivencia de nematodos por tratamiento (Aislados)

El análisis de varianza para la variable mortalidad de nematodos demostró diferencias significativas ($p < 0.0001$) en las diferentes horas y los diferentes microorganismos evaluados, asimismo se encontró diferencia estadística en la interacción de estos dos factores, lo que indica, que la mortalidad está determinada por cada microorganismo y el tiempo. (Anexo x)

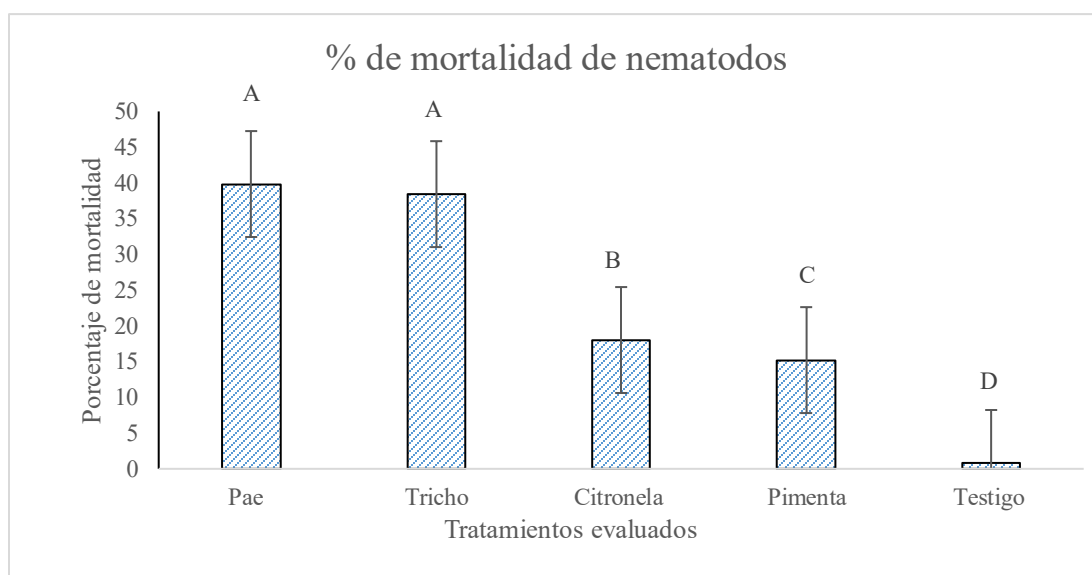


Figura 3. Porcentaje de mortalidad de *Pratylenchus* con los tratamientos aplicados

El estudio realizado demostró que los tratamientos aplicados presentaron diferentes comportamiento sobre la mortalidad de nematodos, siendo el tratamiento a base de *Paecylomyces lilacyneus* con 39.84% y *Trichoderma* 38.43% de porcentaje de mortalidad siendo estos los elevados siendo iguales estadísticamente, como se esperaba el testigo presentó el valor más bajo con 0.82%, los tratamientos de Citronela y Pimienta obtuvieron valores intermedio oscilando entre 18.02% y 15.21% siendo Citronela el que presentó el porcentaje mas alto de los dos extractos botánicos evaluados, en nuestro estudio se evidencia que los productos a base de microorganismos son más efectivos en comparación a los extractos botánicos. de Peraza *et al.*, (2014), evaluó *In vitro* la capacidad antagónica de 14 cepas de hongos nematófagos de diferentes especies, se observó, a las 96 horas post inoculación, que la cepa Tri3 de *Trichoderma* fue la que mostró la mayor capacidad antagónica contra los juveniles de *M. javanica*, logrando un parasitismo del 79%, así como un 74% de parasitismo en los huevos.

Según las observaciones y resultados de Peraza *et al.*, (2014),-donde se evaluó *In vitro* la capacidad antagónica de 14 cepas de hongos nematófagos de diferentes especies, se observó, a las 96 horas post inoculación, que la cepa Tri3 de *Trichoderma* fue la que mostró la mayor capacidad antagónica contra los juveniles de *M. javanica*, logrando un parasitismo del 79%, así como un 74% de parasitismo en los huevos. Este control se ejerció principalmente mediante mecanismos endoparasitarios, en lugar de depender de la producción de sustancias tóxicas o antibióticas.

Cuadro 4. Porcentaje de mortalidad de los tratamientos evaluados

Horas	Porcentaje de mortalidad	Tukey
		Alfa=0.05
72	45.1	A
60	30.29	B
48	22.86	C
36	18.86	D
24	11.79	E
12	5.88	F

5.2. Tiempo letal medio

El análisis de varianza mostró diferencias significativas en el tiempo de mortalidad siendo las horas donde mayor porcentaje de mortalidad hubo a las 36 y 48 horas.

Se demostró, la producción de nematotoxinas como *leucinostatina* y *lilacinina* por *Paecilomyces* fue previamente reportada en otras investigaciones (Xiujuan *et al.*, 2000). Estos datos coinciden con los de (Khan *et al.*, 2006), al demostrar que, en etapas tempranas de la embriogénesis, así como en etapas más prontas a la eclosión de huevos, estos fueron parasitados por aislamientos de *Paecilomyces*, estos resultados obtenidos se evidenció la capacidad de infectar todas las etapas del desarrollo de huevos y juveniles de *M. javanica*. Datos que concuerdan con los realizados en esta investigación.

Por otro lado, *Pimenta dioica* (L.) Merrill (*Myrtaceae*), especie botánica frecuente en el Caribe (principalmente en Cuba y Jamaica). Esta especie botánica ha demostrado tener propiedades en el

control de plagas. Investigaciones han analizado su eficacia contra *Callosobruchus maculatus* F. (Tenne y Karunaratne, 2017). El aceite de pimienta de Jamaica mostró una buena actividad nematocida a 2 mg/ml contra el nematodo de la madera de pino, *Bursaphelenchus xylophilus* (Park *et al.*, 2007).

Sánchez *et al.*, (2018), demostró: nuevas opciones a partir de productos naturales para reemplazar o disminuir la utilización de sustancias químicas, comúnmente utilizadas para el control de microorganismos. Se ha evidenciado que los aceites esenciales de plantas aromáticas poseen un extenso espectro de actividad antimicrobiana. Por lo tanto, el aceite esencial de Citronela, obtenido tanto de sus hojas como del tallo, tiene propiedades antimicrobianas frente a hongos y bacterias de las cepas *Penicillium sp.* (CCIBP-Pen18), *Aspergillus niger* (CCIBP Asp10), *Bacillus subtilis* (ATCC 6633) y *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 278)

Como se indicó, los estudios sobre el efecto repelente del aceite de citronela en triatomíneos son limitados. Se ha evidenciado que el componente *citral*, presente en el aceite de citronela, tiene una efectividad reducida en las ninfas de *R. prolixus* (Abramson *et al.*, 2006). Aunque se han realizado numerosas investigaciones sobre triatomíneos utilizando el extracto de *Cymbopogon citratus*, que pertenece al mismo género, estos estudios muestran que difiere en su composición química y ha demostrado tener propiedades insecticidas en huevos y larvas (Machado, 2006). Por otro lado, la mayoría de los estudios que utilizan el extracto de citronela se han centrado en mosquitos, revelando una eficacia de dos horas con extractos sin diluir y de una hora con diluciones. (Trongtokit *et al.*, 2005).

5.3. Dosis letal media de los tratamientos evaluados

Comparación del promedio de mortalidad de nemátodos (*Pratylenchus ssp.*). En el análisis Probit, se observó un R^2 de 0.9526. De manera general, se observa que *Paecilomyces* tuvo mejor control con (99.0%), seguido por *Trichoderma* con (97.8%) continuó Citronela (71.2%); *Pimenta dioica* (L.) Merrill (64.6%) y *el testigo* (4.8%).

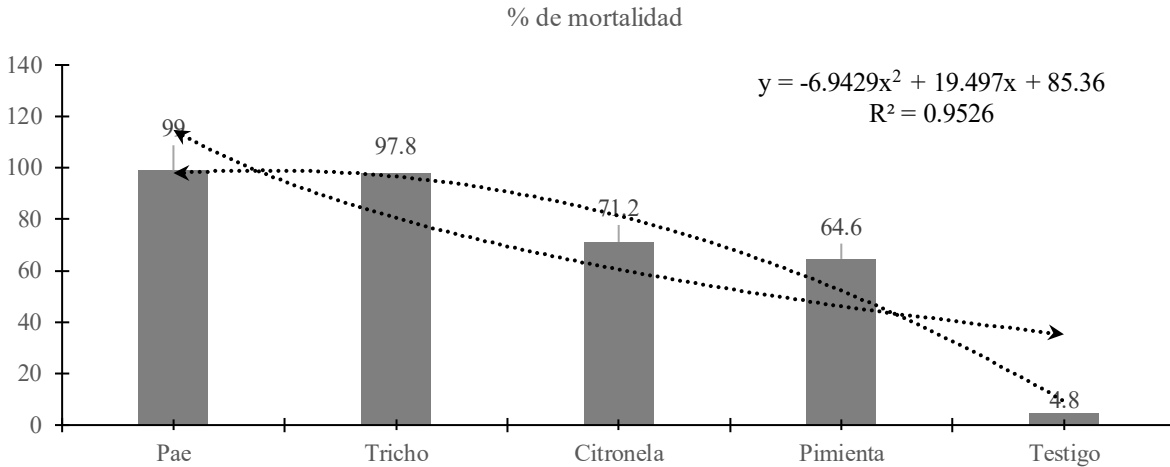


Figura 4. Porcentaje de mortalidad de *Pratylenchus* spp., en los diferentes tratamientos

5.4. Evaluación de la mortalidad

Para evaluar la patogenicidad de los aislados se colocaron 100 nematodos por cada plato Petri expuestos a las cepas y concentraciones antes descritas, registrando el porcentaje de mortalidad (DL_{50}) y determinando el tiempo al cual murió el 50% de la población (TL_{50}) para cada aislado evaluado.

Para calcular la mortalidad se utilizó la metodología descrita por se dividió el número de muertes en un periodo de tiempo entre la población media en dicho periodo y se multiplicó el resultado por mil.

Las lecturas del bioensayo se realizaron cada 12 horas hasta llegar a las 72, registrando el porcentaje de mortalidad y determinando el tiempo al cual murió el 50% de la población (TL_{50}) para cada aislado y concentración en estudio, lo que permitió comparar su virulencia.

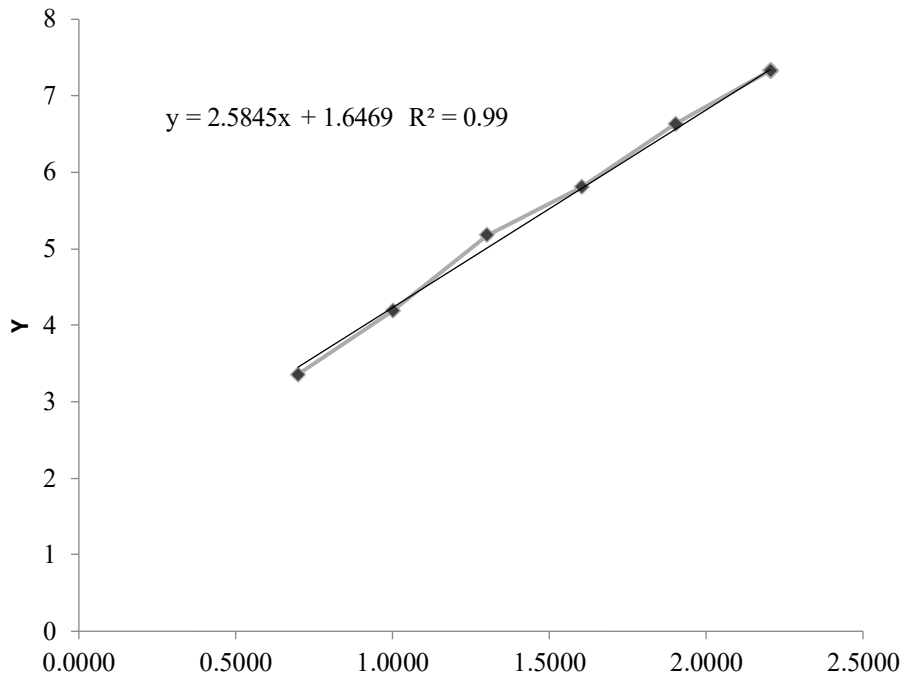


Figura 5. Mortalidad expresada en Probit

El análisis de mortalidad expresada en Probit demuestra un $R^2 = 0.99\%$; demuestra que el modelo se adecua perfectamente a nuestro análisis estadístico, la pendiente positiva de la línea de tendencia indica que por cada hora la tasa de mortalidad aumenta 2.5845 existe una relación lineal positiva en el tiempo 1.6469, es decir mortalidad y tiempo.

VI. CONCLUSIONES

El aislamiento de nematodos permitió tener una visión de la finca y la especie que está afectando la plantación en el rendimiento y las condiciones fitosanitaria.

La determinación de la diversidad de nematodos encontrados extraídos de las muestras de suelo y raíz permitió identificar al género *Pratylenchus spp*, lo que destaca en el impacto de las afectaciones de las plantas, las pruebas demostraron cifras significativas en las muestras de raíz, en las muestras de suelo se encontraron cifras no significantes,

Se comparó el parasitismo de hongos entomopatógenos y extractos botánicos, encontrando efecto en la mortalidad en los tratamientos con diferencias significativas en el tiempo y mortalidad.

VII. RECOMENDACIONES

Profundizar más en estudios detallados del mecanismo de acción de cada uno de los aislados y extractos, para comprender cómo logran controlar los nematodos

Realizar estudios de campo que validen la efectividad de cada uno de los tratamientos, con el objetivo de evaluar su aplicabilidad en situaciones reales

Considerar posibles factores que podrían influir en la eficacia de los tratamientos, como el medio ambiente, tipo de suelo, densidad poblacional y cantidad de aplicaciones a realizar

VIII. LITERATURA CITADA

- Abolafia, J. (2010). Nematodos de la Cueva del Jabalí, Santiago-Pontones (Jaén). *Monografías Bioespeleológicas*, 5: 9–16.
- Abramson, C., Wilson, M., Singleton, J., Wanderley, P., Wanderley, M., & Michaluk, L. (2006). Citronella is not a repellent to Africanized honeybees *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *BioAssay*, 1.
- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. Vol. 922. Ed. 5. San Diego: Elsevier Academic press.
- Azevedo, J. L., Melo, I. S. (1998). Controle microbiano de insectos – pragas e seu melhoramento genético. In: *Controle Biológico*. Jaguariúna: Embrapa, Vol. 1, p. 69-93.
- Azpilicueta, C., Aruani, M. C., & Reeb, P. (2015). Nematodos: indicadores del estado y procesos del suelo en un sistema frutícola. In V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (La Plata, 2015).
- Bernal, B., Fernández, E. y Vázquez, L. 2002. Manejo de plagas en la agricultura orgánica (en línea). La Habana, Cuba. Consultado el 20 feb. 2004. Disponible en: <http://www.aguascalientes.gob.mx/agro/produce/AGRIURBA.htm>.
- Bonkowski, M., Griffith, B. S. y Ritz, K. (2000) ‘Food preference of earthworms for soil fungi’, *Pedobiología*, vol. 44, pp. 666–676.
- Castillo-Arévalo y Jiménez-Martínez, E. (2020). Incidencia y severidad de enfermedades asociadas al cultivo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en Rivas, Nicaragua. *La Calera*, 20(35). <https://doi.org/10.5377/calera.v20i35.10319>
- Castillo-Arévalo, T. (2022). Evaluación in vitro de hongos Hypocreales para el control de *Pratylenchus* ssp, *Scutellonema* ssp y *Helicotylenchus* ssp. *Revista Universitaria Del Caribe*, 29(02), 107–112. <https://doi.org/10.5377/ruc.v29i02.15253>
- Castillo-Arévalo, T. (2022). In vitro and field evaluation of three bio controllers of the black banana weevil (*Cosmopolites Sordidus*). *Sch J Agric Vet Sci*, 11, 153-159.
- Castillo-Arévalo, T., & Machado, K. I. M. (2021). Identificación de la problemática en la exportación del cultivo de plátano, en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Revista Universitaria del Caribe*, 27(02), 59-66.
- Castro, M., Duarte, R., Portillo, C y Gonzales, J. (2003). Banana yield response to nematode control in Dole farms in Costa Rica. In *Root System: towards a better understanding for its productive management Proceedings of an international symposium held in San José (p 22)*. Costa Rica.
- Crozzoli, R. (2002). Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. *Interciencia*, 27(7), 354-364.
- Decraemer, W. & Hunt, D.J. 2006. Structure and classification. Pp. 3–32. In: *Plant Nematology*. Perry, R.N. & Moens, M. (Eds.). Wallingford, Oxfordshire: CAB International.

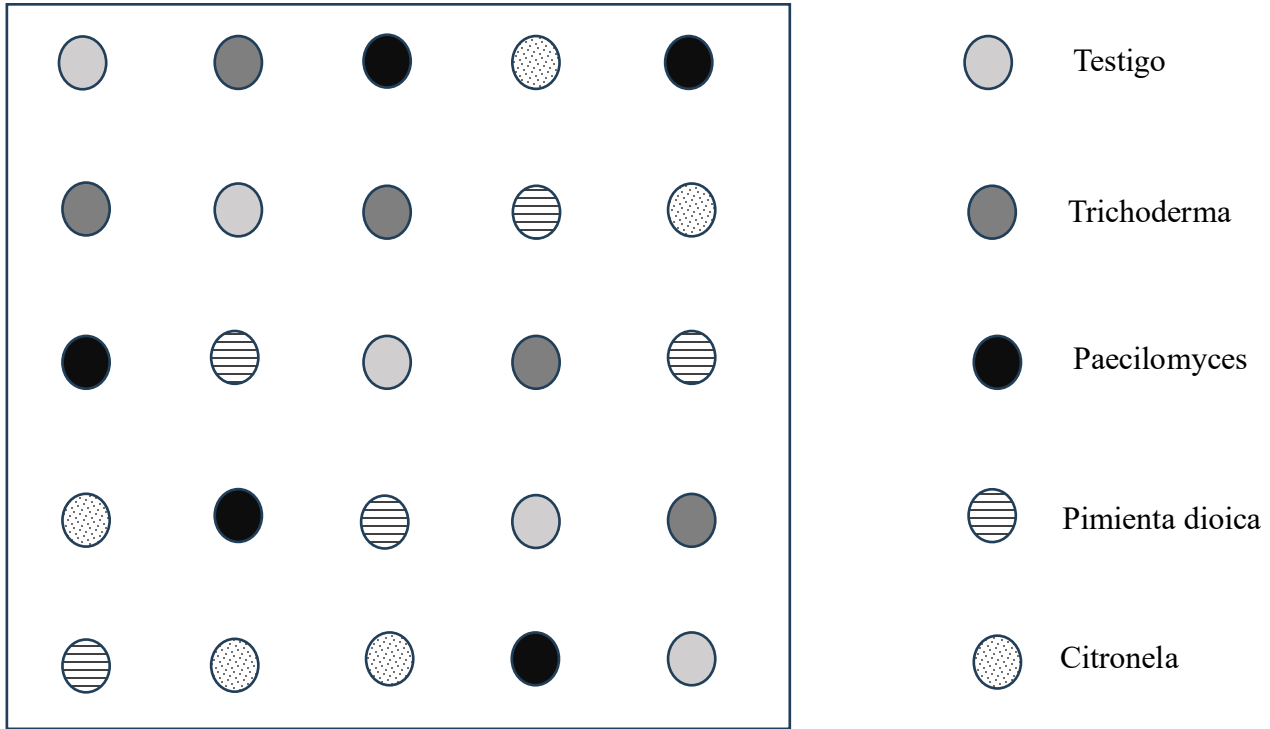
- Di Rienzo, JA, Casanoves, F., Balzarini, MG, González, L., Tablada, M. y Robledo, CW (2020). InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <https://www.infostat.com.ar>
- Domínguez, S., Rubio, M.B., Cardoza R.E., Gutiérrez, S., Nicolás, C., Bettiol, W., Hermosa, R., Monte, E. 2016. Nitrogen metabolism and growth enhancement in tomato plants challenged with *Trichoderma harzianum* expressing the *Aspergillus nidulans* acetamidase *amdS* gene. *Front. Microbiol.*, 7, 1182.
- Dong, L. Q., and K. Q. Zhang. 2006. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. *Plant Soil*. 288:31-45.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Resistencia a los antiparasitarios: estado actual con énfasis en América Latina. Roma: Dirección de producción y sanidad animal p. 33-35.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2006. Base de Datos Agrícolas: FAOSTAT. Consultado 31 Oct. 2008. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/343/DesktopDefault.aspx?PageID=343>
- Gomes, P. R. B., Marinho, S. C., Everton, G. O., Silva, E. F., Fontenele, M. A., da Silva Lyra, W., & Mouchrek Filho, V. E. (2022). Composición química y actividad larvícida del aceite esencial de hojas de Pimenta dioica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 21(2), 207-214.
- Heslop-Harrison, J. S. y Schwarzacher, T. (2007). Domestication, genomics and the future for banana. *Annals of Botany*, 100 (5), 1073- 1084. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm191>
- Jacob, J. & J. Van Bezooijen. 1971. A manual for practical work in nematology. Wageningen, Agricultural University. Wageningen, Holanda. 66 p
- Jiménez, L. (2018). Formulación de un fungicida a base de aceite esencial de Pimenta dioica L. contra hongos del género *Aspergillus* evaluado en café verde. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Veracruz.
- Jones, D.R. 2000. Disease of Banana, Abaca and Ensete. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Khan, A., Williams, K. L., & Nevalainen, H. K. (2004). Effects of *Paecilomyces lilacinus* protease and chitinase on the eggshell structures and hatching of *Meloidogyne javanica* juveniles. *Biological control*, 31(3), 346-352.
- Machado FS, Martins GA, Aliberti JC, Mestriner FL, Cunha FQ, Silva JS. Trypanosoma cruzi–infected cardiomyocytes produce chemokines and cytokines that trigger potent nitric oxide–dependent trypanocidal activity. *Circulation*. 2006;102(24):3003-8
- Madruga, M. (2020). Estudio de la composición química de productos seleccionados de plantas de la familia Myrtaceae con actividad insecticida sobre *Sitophilus oryzae* L. Trabajo de Diploma. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
- Martínez, H., Y. Peña y C. Espinal. 2006. La cadena de plátano en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. En: Ministerio de Agricultura y Desarrollo

- Martinez, Vicent. (1999). Citronella mosquitos. [Citada, septiembre 8, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.botanical-online.com/apuntescitronella.htm>
- Méndez Martínez, J.A. 2003. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* en el rendimiento de lechuga orgánica en Zamorano. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 19p.
- Meyling, N. V.; Eilenberg, J. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. *Biological Control*, v. 43, n. 2, p. 145-155, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.07.007>
- Munguía, A. G., Martínez, R. C., Barreto, C. R., Sato, M. P., Ferro, W. G., Cabrera, L. P., ... & Munguía, C. G. (2016). Control biológico In Vitro de nematodos agalladores (*Meloidogyne* sp.) a base de quitosano y fluensulfone. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 4(1), 25-31.
- Nicol, J.M., Turner, S.J., Coyne, D.L., Den Nijs, L., Hockland, S. & Maafi, Z.T. 2011. Current nematode threats to world agriculture. Pp. 21–44. In: *Genomics and Molecular Genetics of Plant–Nematode Interactions*. JONES, J.T., GHEYSEN, G. & FENOLL, C. (Eds.). Heidelberg: Springer.
- Palencia, C.;Gómez, S. y Martin, S. 2006. Manejo sostenible del cultivo del plátano, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA. 4p.
- Park, D., Lim, SR, Yun, YS y Park, JM (2007). Evidencias confiables de que el mecanismo de eliminación de cromo hexavalente por biomateriales naturales es la reducción acoplada por adsorción. *Quimiosfera*, 70(2), 298-305.
- Peña, Santiago, R. (2014). Order Mononchida Jairajpuri, 1969. En: SchmidtRhaesa, A. (ed.). *Handbook of Zoology*. De Gruyter, Berlín: 29
- Peña, Santiago, R. (2018). Order Mononchida Jairajpuri, 1969. En: SchmidtRhaesa, A. (ed.). *Handbook of Zoology*. De Gruyter, Berlín: 299–312
- Peraza Padilla, W., Orozco Aceves, M. y Esquivel Hernandez, A. 2014. Evaluación in vitro de hongos nematofagos en zonas arroceras de Costa Rica contra el nematodo agallador *Meloidogyne javanica*. *Agron. Costarricense*. 38(2): 19-32. Disponible en: . ISSN 0377-9424.
- Pineda, W. 2005. Comparación del rendimiento y caracterización del aceite esencial crudo de la citronela (*Cymbopogon winterianus*), variando el tamaño de la muestra y el contenido de humedad aplicando el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio. Tesis Ing. Químico. Guatemala, GT, USAC. Facultad de Ingeniería. 59 p.
- Prabhu, V., Sutton, C., & Sauser, W. (2008). Creativity and certain personality traits: Understanding the mediating effect of intrinsic motivation. *Creativity research journal*, 20(1), 53-66.
- Pucheta Diaz, M.; Flores Macias, A.; Rodriguez Navarro, S.; De la Torre, M. Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. *INCI*, v. 31, n. 12, p. 856-860, 2006.

- Sánchez C, Cruz M, Alvarado Y, Pérez M, Medinilla M, Acosta M. Evaluación del efecto del aceite esencial de *Cymbopogon nardus* para el control de microorganismos contaminantes del cultivo in vitro de plantas [Internet]. *Revista.ibp.co.cu*. 2018 consultado el 20 de octubre 2018.
- Sharapin, N. 2000. Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos. CAB (Convenio Andrés Bello). Bogotá, Colombia. 109-110 p.
- Sholberg P, Conway W. Postharvest Pathology. *Horst Science*. 2001; 27: 94-8.
- Shurtleff, M. & Averre, C. 2000. Diagnosing Plant Diseases Caused by Nematodes. 1 ed. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. P 187.
- Suárez, Z., y Rosales, L. Problemas nemátológicos en musáceas. http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n6/arti/suarez_z/arti/suarez_z.htm (Fecha de consulta: 09/06/2008). 2004
- Tenne, P.C.R.K., Karunaratne, M.M.S.C. (2017). Bioefficacy of Three Selected Plant Species against the Cowpea Bruchid (*Callosobruchus maculatus* F.): A Green Paradigm for Post-Harvest Pest Management. International Forestry and Environment Symposium, 22. Recuperado de <http://journals.sjp.ac.lk/index.php/fesympo/article/view/3371>
- Trongtokit, Y., Rongsriyam, Y., Komalamisra, N., & Apiwathnasorn, C. (2005). Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 19(4), 303-309.
- Tronsmo A, Raa J. Antagonistic actino of *Trichoderma pseudokoningii* against the apple pathogen *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*. 1997; 77: 303
- Valero-Gomez, A., Gonzalez-Gomez, J., Gonzalez-Pacheco, V., y Salichs, MA (abril de 2012). Creatividad imprimible en plastic valley uc3m. En *Actas de la Conferencia de Educación en Ingeniería Global IEEE 2012 (EDUCON)* (pp. 1-9). IEEE
- Xiujuan, Y.; H. Xiujuan; Z. Liang: "Chitinasas of *Paecilomyces lilacinus* and studies on the biocontrol of plant parasitic nematodes", *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis* 22(1):86-89, China, 2000

IX. ANEXO

Anexo 1. Diseño Experimental (distribución de los tratamientos)



T0: Sin aplicación T1: *Purpureocillium lilacinum* T2: *Trichoderma harzianum* (Cepa T0301)

T3: Citronela T4: Pimienta dioica (L.) Merrill

Anexo 2. Extracción de muestras en campo



Anexo 3. Embolsado de muestras para traslado



Anexo 4. Pesaje de muestras



Anexo 5. Muestra de raíces (izquierda) muestra de suelo (derecha)



Anexo 6. Licuado de raíces para extracción de nematodos



Anexo 7. Reposo de muestras para extracción



Anexo 8. *Pratylenchus* spp., extraído de raíces de plátano en el departamento de Rivas

