



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

**“Control biológico de *Meloidogyne* spp en áreas cultivadas
con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)”**

AUTOR:

Jhon Alberto Vaca Anchundia

TUTOR

Ing. Agr. Joffre Enrique León Paredes, MBA

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación sobre todas las cosas a Dios por siempre darme la inteligencia, sabiduría y cuidarme en cada paso que doy en mi día a día, a mi familia, compañeros de aula y amigos por brindarme su ayuda y apoyo durante todo mi proceso de estudiante y que han sido pilar fundamental para el cumplimiento de esta meta.

A mi padre John Vaca Pizza que a pesar que él no está con nosotros me manda su apoyo desde el cielo, a mi madre Azucena Anchundia Tejada que con su inmenso amor, me da fuerzas para seguir superándome cada día, a mis hermanos Jhovanna y Johan Vaca Anchundia que siempre estuvieron apoyándome en todo momento de mi carrera estudiantil, a mi novia Génesis Mackliff Cedeño por todo el amor incondicional que me ha brindado, mi Tio Agustin Anchundia por apoyarme cuando lo necesite y al resto de mi familia que han sido fuente de inspiración de este logro académico.

A mis amigos Heidi, Mabel, Jamil, Alex, Cecilia, Doménica quienes siempre estuvieron con su total apoyo incondicional desinteresadamente en cada momento de mi vida personal.

Me llena de mucho orgullo poder dedicarles este logro que lo he realizado con mucho esfuerzo, trabajo y dedicación durante todos estos años.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por que sin el nada fuera posible.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo que me abrió sus puertas para poder prepararme y formarme como profesional.

A los docentes que, con sus conocimientos impartidos con paciencia y sabiduría en las aulas de clases en la etapa de estudiante, que servirán de gran aporte en mi vida personal y laboral.

A todos mis compañeros con quienes compartimos los sabios conocimientos, experiencias y momentos agradables en el aula de clase, a los cuales les deseo éxitos profesionales.

Agradezco al Ing. Luis Sánchez por su valioso aporte y guía para la realización del presente trabajo.

RESUMEN

Es un hecho importante a tratar el problema del parasitismo por nematodos en caña de azúcar sobre todo en aquellos países donde éste cultivo es de gran importancia nivel económico. Es comprobado, que el aumento del rendimiento y aumento de la producción en caña de azúcar, es notorio que se da con la reducción agresiva de la densidad de la comunidad de nematodos poco después de la plantación y la cosecha.

Es de conocimiento general que el cultivo de la caña de azúcar no está libre del ataque provocado por diversas especies y cantidades de nematodos. Ya que los nematodos fitoparásitos en su mayoría son los responsables directos en causar daño en el sistema radicular en el cultivo de caña de azúcar, teniendo como consecuencia que las plantas no logren absorber el agua y los nutrientes que se encuentran en el suelo. El nematodo que es más común encontrarlo en el cultivo de caña de azúcar es *Meloidogyne spp* el cual es el formador de agallas en las raíces. Lo recomendable es realizar un control biológico ya que el control químico es perjudicial para el medio ambiente que lo rodea y sobre todo afecta a la salud de los seres vivos que consumen la caña de azúcar.

Uno de los principales controladores biológicos son los nematodos de *Pasteuria penetrans* ya que tiene mayor eficacia en el control de *Meloidogyne*. *Pasteuria* en la actualidad se realiza mediante medios de cultivos in vitro sobre las raíces de un cultivo infestadas por *Meloidogyne spp*. Se observa su desarrollo eminente como un bioproducto comercial de gran efectividad sobre los nematodos fitoparásitos de mayor importancia económica a nivel mundial. Otro de los controladores biológicos efectivos en el control de *Meloidogyne spp* es el nematodo *Bacillus subtilis* es antagonistas efectivo para combatir los nematodos formadores de agallas y puede usarse en el manejo de cultivos económicos, con el fin de disminuir los efectos nocivos del parásito con la ayuda de las endotoxinas producidas por *B. subtilis* en el suelo interfieren en el ciclo reproductivo de los nematodos, principalmente en la ovoposición y eclosión de los juveniles.

Palabras claves: control biológico, nematodos, sistema radicular, formador de agallas, combatir.

SUMMARY

It is important to address the problem of nematode parasitism in sugarcane, especially in countries where this crop is of great economic importance. It has been proven that the increase in yield and production in sugarcane is notorious for the aggressive reduction of the density of the nematode community shortly after planting and harvesting.

It is common knowledge that the sugarcane crop is not free from attack by various species and numbers of nematodes. Most of the phytoparasitic nematodes are directly responsible for causing damage to the root system in sugarcane crops, resulting in the plants' inability to absorb water and nutrients from the soil. The most common nematode found in sugarcane is *Meloidogyne* spp, which forms galls on the roots. Biological control is recommended, since chemical control is detrimental to the surrounding environment and, above all, affects the health of living beings that consume sugarcane.

One of the main biological controllers are the nematodes of *Pasteuria penetrans* since it has greater efficacy in the control of *Meloidogyne*. *Pasteuria penetrans* is currently performed by in vitro culture media on the roots of a crop infested by *Meloidogyne* spp. Its eminent development is observed as a commercial bioproduct of great effectiveness on the most economically important phytoparasitic nematodes worldwide. Another of the phytonemates effective in the control of *Meloidogyne* spp. is the nematode *Bacillus subtilis*, an effective antagonist to combat gill-forming nematodes and can be used in the management of economic crops, in order to reduce the harmful effects of the parasite with the help of endotoxins produced by *B. subtilis* in the soil that interfere in the reproductive cycle of the nematodes, mainly in the oviposition and hatching of the juveniles.

Keywords: biological control, nematodes, root system, gill forming, combat.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo General.....	3
1.2 Objetivos Específicos.....	3
II. MARCO METODOLÓGICO.....	4
2.1 Definición del tema de caso de estudio	4
2.2 Planteamiento del problema	4
2.3 Justificación	4
2.4 Fundamentación teórica	5
2.4.1 Nemátodos de la caña de azúcar	5
2.4.2 Alternativas orgánicas - biológicas de fitonemátodos	7
2.4.3 Enemigos naturales de los fitonemátodos.....	8
2.4.3.1 Pasteuria penetrans	8
2.4.3.2 Bacillus subtilis	9
2.4.3.3 Trichoderma spp.....	10
2.5 Metodología de la investigación.....	11
III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	11

3.1.	Desarrollo del caso	11
3.2.	Situaciones detectadas.....	11
3.3.	Soluciones planteadas.....	12
IV.	CONCLUSIONES	12
V.	RECOMENDACIONES.....	13
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	14

I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es uno de los principales cultivos del Ecuador, tanto por la superficie cultivada como por el número de empleos directos e indirectos generados en la cadena de producción agro industrial de este rubro. Este cultivo presenta una amplia adaptabilidad ecológica, por tal motivo, en Ecuador debido a las diferentes condiciones edafoclimáticas la caña de azúcar se produce en todo el país, salvo en las provincias de Sucumbíos y Tungurahua (Cartay et al. 2019).

El cultivo de caña de azúcar es el cultivo bioenergético con mayor producción de biomasa por unidad de superficie, con una demanda creciente a nivel mundial debido a que se pueden obtener derivados como: azúcar, alcohol, etanol, panela, papel, energía eléctrica, fertilizantes orgánicos, biopolímeros, entre otros (Silva et al. 2016). En Ecuador la superficie cultivada de caña de azúcar hasta el 2016 fue de 104 661 hectáreas (ha), de las cuales la producción del 62 % de esta superficie se destinó a la producción de azúcar y bioetanol, y el 38 % a la producción de panela y agua ardiente artesanal (INEC 2016).

Para satisfacer la demanda de estos productos, se debe incrementar la producción y rendimiento del cultivo. Sin embargo, como ocurre en otros rubros de importancia económica, la caña de azúcar está sujeta a la acción de plagas (IPCC 2018). La ocurrencia de plagas no constituye apenas un factor limitante en la producción agrícola, sino también problemas ambientales debido al uso continuo de defensivos agrícolas (Martins y Trindade Galo 2015).

Entre los daños causados por las diferentes plagas que afectan el desarrollo y producción de la caña de azúcar, los daños causados por los nemátodos afectan directamente el sistema radicular inyectando toxinas, resultando en deformaciones (*Meloidogyne* spp) y necrosis (*Pratylenchus* spp). En consecuencia del ataque de nemátodos, las raíces limitan su desarrollo e

imposibilitan desempeñar sus funciones de manera normal, resultando en una merma de hasta el 30 % de la productividad (Kluthcouski y Aidar 2005).

En este contexto, debido a la falta variedades comerciales resistentes a una o más especies de nematodos, el manejo de áreas infestadas, actualmente se realiza con el uso de nematicidas de síntesis química (Triviño et al. 2013). Los nematicidas más utilizados corresponden al grupo de los carbamatos, los mismos que presentan un elevado costo, limitada disponibilidad y son propensos a causar serios daños ambientales y al ser humano.

Varios organismos son antagonistas de los fitonemátodos, como por ejemplo nematodos predadores, virus, artrópodos, ácaros, hongos y bacterias (Monteiro 2013). De esta forma, el control biológico se torna en una opción sustentable en el combate de *Meloidogyne* spp en plantaciones de caña de azúcar. En este contexto, las rizobacterias, en especial las especies *Pasteuria penetrans* y *Bacillus subtilis* han sido objeto de estudio principalmente por su capacidad nematicida y esta última como promotora del crecimiento de las plantas (Monteiro 2013, Gómez et al. 2010).

Varios investigadores apuntan a los hongos como potenciales agentes de control biológicos de los nemátodos debido a su rápido crecimiento y desarrollo micelial intenso. Los hongos nematófagos predadores se destacan por la facilidad de establecerse en el suelo, por sus habilidades saprofitas, además de la facilidad de crecimiento *in vitro*. Entre las especies de hongos más estudiadas se destaca *Purpureocillium lilacinum* (*Paecilomyces lilacinus*) debido a su comprobada eficacia (Nechet et al. 2016, Song et al. 2016, Kepenekci et al. 2018).

El control biológico presenta varias ventajas en relación al químico, pues no contamina, no desequilibra el medio ambiente y no deja residuos, además de ser barato y de fácil aplicación. Ante lo expuesto, el presente trabajo bibliográfico visa a la recopilación de información relacionada al control biológico de *Meloidogyne* spp en áreas cultivadas con caña de azúcar.

1.1 Objetivo General

- Conocer la eficacia de microorganismos en el control de *Meloidogyne* spp en áreas cultivadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

1.2 Objetivos Específicos

- Describir los organismos antagonistas de *Meloidogyne* spp en plantaciones de caña de azúcar
- Determinar los organismos más eficaces en el control de *Meloidogyne* spp en plantaciones de caña de azúcar

II. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Definición del tema de caso de estudio

El presente trabajo práctico del componente de Examen Complexivo tiene como finalidad investigar, recopilar, analizar y sintetizar información sobre distintos organismos para controlar *Meloidogyne* spp en áreas cultivadas con caña de azúcar para así mejorar la producción y aumentar el rendimiento.

2.2 Planteamiento del problema

Meloidogyne spp es uno de los principales nematodos causantes de enfermedades y baja producción en los cultivos de caña de azúcar, por lo cual es necesario verificar cual es el problema por el cual las plantas son afectadas por dicho nematodo y como poder controlarlo de manera biológica.

La mayoría de los productores de caña de azúcar por el motivo de disminuir costos aplican nematicidas químicos para controlar *Meloidogyne* spp, afectando a los seres vivos que lo consumen y el medio ambiente que los rodea. Para esto, la búsqueda de experiencias comprobadas sobre el uso de diferentes organismos que realicen un mejor control biológico, ayudará al sector productivo a mejorar los rendimientos en el campo y en el proceso de industrialización, con énfasis a mejorar el margen de ganancia en los agricultores y toda la cadena de negocio.

2.3 Justificación

Muchos son los factores que delimitan la producción en zonas cultivadas de caña de azúcar, entre ellos el control inadecuado de las enfermedades que atacan a los cultivos. Numerosos experimentos indican que el control biológico causa un aumento en la escala de la producción de caña de

azúcar, sin afectar principalmente al medio ambiente ni a la salud de los seres vivos que la consumen.

Por lo expuesto anteriormente en este presente trabajo se realizó la investigación y análisis para demostrar los beneficios obtenidos con el control biológico ante el nematodo *Meloidogyne* spp de manera correcta y así no cause enfermedades en las plantaciones de caña de azúcar.

2.4 Fundamentación teórica

2.4.1 Nemátodos de la caña de azúcar

El cultivo de caña de azúcar se ve afectada por factores bióticos y abióticos, en relación a este último, la sequía, inundación, suelos pocos fértiles, prácticas agrícolas inadecuadas, entre otras, interfieren significativamente en los procesos fisiológicos de la planta, resultando en mermas en la productividad (Pantaleón 2018).

Respecto a los factores bióticos, la caña de azúcar se ve seriamente afectado por plagas causan desordenes fisiológicos, los mismos que interfieren en el crecimiento y desarrollo del cultivo, así como también en la concentración de sacarosa en el tallo. Llámese plaga a cualquier especie, raza biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plagas o productos vegetales (CIPF 2005).

Entre de las diversas plagas que afectan el normal desarrollo del cultivo de caña, los menos conocidos y difíciles de detectar por su tamaño y por su hábitat corresponde a los nematodos, los cuales siempre están asociados a pérdidas importantes en dicho cultivo, debido a que están involucrados directamente en la destrucción del sistema radicular, quedando limitada la absorción de agua y nutrientes lo que provoca que la planta no desarrolle de manera correcta y no llega a acumular la biomasa suficiente para producir tallos que genere una buena productividad (t/ha) (Miranda 2005).

El cultivo de la caña se encuentra amenazado por alrededor de 300 especies de ecto y endoparásitos pertenecientes a 48 géneros, han sido encontradas en la rizosfera o infectando directamente las raíces del cultivo en todo el mundo (Pantaleón y Gómez 2012). Su importancia es relevante ya que los nemátodos son parásitos que provocan pérdidas aproximadas al 12 % de la producción total de los alimentos y fibras en el mundo (Peña et al. 2018).

En los últimos años se han realizado esfuerzos en el estudio y control de esta plaga con el fin de disminuir su daño y obtener mejores cosechas. La mayoría de esas investigaciones indican que los nematodos inciden en la malformación de las raíces ocasionando alteraciones en su fisiología, lo que resulta en merma de su rendimiento. En estudios realizados en países como los Estados Unidos, el promedio estimado de pérdidas debidas a nematodos en áreas cañeras fue del 4 % (Koenning et al. 1999).

Por otra parte, en centro américa, estudios preliminares realizados en diferentes áreas cañeras, revelaron la existencia de altas poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados a plantas de aspecto raquítrico y de baja producción; por tanto, el análisis de la densidad de población es importante para determinar las estrategias de control de estos patógenos (Peña et al. 2018).

Se ha observado, además, que el aumento del rendimiento en caña de azúcar, es concomitante con la reducción brusca de la densidad de la comunidad de nematodos poco después de la plantación y la cosecha (Bond et al. 2000).

El incremento de cada año de la producción se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. Sin embargo, el nivel de pérdidas causado varía de acuerdo a las diferentes especie, la edad, el estado nutricional, variedad de la planta hospedera, las condiciones de suelo, temperatura y el nivel poblacional de nematodos (Baños et al. 2010).

Los nematodos del género *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* y *Pratylenchus* son de gran importancia económica para numerosos cultivos; sin embargo, el papel que desempeñan estos como plaga de la caña de azúcar, necesita ser objeto de estudio; situación similar, en cuanto a su estudio en caña de azúcar, se presenta con especies de *Xiphinema*, pues se plantea que constituyen un problema fitosanitario en plantas ornamentales y en la producción de flores (Rodríguez y Sánchez 2002).

2.4.2 Alternativas orgánicas - biológicas de fitonemátodos

Existen alternativas que en la actualidad están ocupando un papel importante en la sustitución de nematicidas para el manejo de fitonemátodos, fundamentalmente para controlar poblaciones de *Meloidogyne* spp. Entre estas alternativas, el uso de enmiendas orgánicas a base de estiércoles, residuos agroindustriales, restos de cosechas y otras. Además, el control biológico, donde a partir de bacterias del género *Pasteuria*, *Bacillus*, *Tsukamurella* y hongos como *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma* spp., *Pochonia chlamydosporia* se han obtenido biopreparados de gran eficiencia en el control de fitonemátodos (Baños et al. 2010).

Otro de los efectos positivos sobre la reducción de la infestación de nemátodos es el uso de gallinaza y melaza. Estos productos permiten incorporación de nutrientes al suelo y mediante estos se van descomponiendo libera sustancias que actúan con efectos nematicidas. Además, se existe una mayor actividad microbiana del suelo, ayudando con la presencia de microorganismos antagonistas de *Meloidogyne* spp (Sahirys Casas Rodríguez 2020, Baños et al. 2010).

2.4.3 Enemigos naturales de los fitonemátodos

El impacto negativo de la mayoría de los nematocidas ha propiciado el auge en productores, investigadores extensionistas y académicos a la búsqueda de alternativas amigables con el medio ambiente y el consumidor (López Llorca y Jansson 2001).

La búsqueda de medidas alternativas ha llevado a los investigadores a vislumbrar nuevos caminos para un manejo integrado más eficiente. Por tanto, el control biológico se destaca como un método promisorio y más estudiado (Orion y Kritzman 1991, Maciel y Ferras 1996, de Araújo y Marchesi 2009).

Entre los biocontroladores que han mostrado resultados favorables en la reducción de fitonemátodos se citan:

2.4.3.1 *Pasteuria penetrans*

P. penetrans es una bacteria formadora de endosporas y micelio, parásito obligado de nematodos del género *Meloidogyne*. Las especies del género *Pasteuria*, se encuentran distribuidas a nivel mundial con una amplia variedad y han sido informadas, en al menos, 80 países infectando 323 especies de nematodos pertenecientes a 116 géneros que incluyen nematodos de vida libre, fitoparásitos y nematodos entomopatógenos. La temperatura y las condiciones físico-químicas, así como los factores bióticos del suelo desempeñan una importante función en su biología y patogenicidad (Hewlett et al. 1994).

Ante esto, el aislamiento de colonias de *P. penetrans* procedentes de diferentes regiones geográficas frente a diferentes especies y poblaciones de *Meloidogyne* mostraron patogenicidad frente a *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria* y *M. paranaensis*. Una explicación para el supuesto cambio del grado de especificidad es que las poblaciones de campo de *P. penetrans* son genéticamente heterogéneas, logrando una selección cuando algunas endosporas

que se adhieren mejor a una determinada población de nematodo producen grandes cantidades de endosporas que es predominante en la próxima generación de ese aislamiento de la bacteria (Hewlett et al. 1994, Gómez et al. 2010).

La reproducción de *P. penetrans* en la actualidad se realiza *in vitro* sobre las raíces de un cultivo infestadas por *Meloidogyne* sp., ya que es susceptible. Para aquello es necesario mantener las poblaciones de nematodos sobre un cultivo hospedante en macetas donde se inocula la bacteria para su multiplicación. Las raíces infectadas se las retiran de la maceta, se las seca con la ayuda del sol y luego se muelen. Este polvo es el utilizado para la aplicación al campo. Un gramo de polvo de raíz puede contener aproximadamente 70-80 millones de endosporas. Con niveles de aplicación de 10^6 endosporas.kg de suelo se obtiene alrededor del 95% de efectividad en el control de las poblaciones de *Meloidogyne* spp., con un incremento del 30 % en los rendimientos de los cultivos (Trudgill et al. 2000).

Resultados favorables se obtuvo mediante el uso de altos niveles de control de *M. incognita* en café e incrementaron los niveles de *P. penetrans* en el tiempo, utilizando pequeñas cantidades del polvo de raíces (0,5-5 g planta), con una concentración de 10^6 y 10^7 endosporas por semillero (Carneiro et al. 2004).

2.4.3.2 *Bacillus subtilis*

Se ha informado que *B. subtilis* es antagonista de los nematodos formadores de agallas y puede usarse en el manejo de cultivos de importancia económica, con el fin de disminuir los efectos nocivos del parásito. Todo esto es posible a la liberación de endotoxinas producidas en el suelo, la mismas que interfieren en el ciclo reproductivo de los nematodos, principalmente en la oviposición y eclosión de los juveniles (Li et al. 2005).

Los mismos autores indican que *B. subtilis* no causa ninguna clase de riesgo para el medio ambiente, lo que las hace promisorias para ser mayormente utilizadas en producción de bioplaguicidas al sintetizar diferentes metabolitos entre

los que existen diferentes enzimas, péptidos con actividad antibacteriana y antifúngica, y otros mecanismos efectivos para el control de enfermedades.

El método biológico para controlar los nematodos puede suceder deteniendo el ciclo o, al menos, disminuyendo la capacidad reproductiva del parásito (Maciel y Ferras 1996). Además, la transformación de los exudados radiculares en subproductos por la acción de microorganismos puede evitar que el nematodo reconozca el estímulo químico trópico y continúe moviéndose en el suelo hasta su muerte (de Araújo y Marchesi 2009).

Las rizobacterias o sus metabolitos desencadenan reacciones de hipersensibilidad en las células vegetales, impidiendo que las hembras de los nematodos obtengan suficiente energía para producir huevos. Además, también se ha informado que los antagonistas en el suelo pueden degradar la masa gelatinosa que rodea a los huevos, reduciendo su protección, principalmente debido al aumento de la deshidratación (Orion y Kritzman 1991).

2.4.3.3 *Trichoderma* spp.

Diversas especies de *Trichoderma* han demostrado resultados favorables en el control de fitonemátodos, siendo que la principal forma de control de este biocontrolador se da por la producción y liberación de metabolitos tóxicos, aunque diversos estudios apuntan que este género presenta un potencial para el parasitismo de los huevos y femeninas de *Meloidogyne exigua* y *M. incognita* (Cláudia Tenório Amaral et al. 2018).

Estos mismos autores reportaron el estudio de diferentes especies de *Trichoderma* sobre el parasitismo de huevos y juveniles de *Meloidogyne enterolobii* bajo condiciones de laboratorio. En donde se obtuvo como resultado mayor parasitismo en huevos y larvas con la especie de *Trichoderma* breve, alcanzando un control superior al 80 %.

2.5 Metodología de la investigación

Para el desarrollo de la presente revisión bibliográfica se copiló, analizó y se sintetizó información relacionada al tema de estudio en fuente como artículos científicos, revistas, libros y demás fuentes confiables.

III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Desarrollo del caso

El actual trabajo se lo desarrollo con la finalidad de analizar el control biológico en *Meloidogyne* spp en áreas cultivadas de caña de azúcar. Siendo así uno de los controles más efectivos y más recomendados para obtener un óptimo desarrollo y un mejor rendimiento del cultivo.

3.2. Situaciones detectadas

Las situaciones detectadas en el análisis del control biológico de *Meloidogyne* spp en áreas cultivadas de caña de azúcar son las siguientes:

- Los nematodos son los que más afectan en el desarrollo de las plantas ya que son difíciles de detectar por su tamaño y su habitad y siempre se encuentran relacionados con las pérdidas del cultivo de caña de azúcar.
- Los problemas de producción de caña de azúcar se dan en su mayoría por daños en las raíces causados por estos nematodos *Meloidogyne* spp ya que se realizan malas practica de control y en muchos casos las hacen con nematicidas de síntesis química los cuales no son efectivos en su totalidad y tienen un impacto adverso con el medio ambiente y salud de las personas que laboran en las áreas de producción y consumidor.

- Los controladores biológicos que han presentado mayor eficacia en el control de poblaciones de *Meloidogyne* spp son *Pasteuria penetrans*, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp. Los mismos que según estudios son excelentes agentes biológicos para combatir dichos nematodos generadores de agallas en las raíces de las plantas de caña de azúcar.

3.3. Soluciones planteadas.

Entre las soluciones planteadas para el control biológico de *Meloidogyne* spp en áreas cultivadas de caña de azúcar se detalla lo siguiente:

- Concientizar a los productores de caña de azúcar que dejen a un lado la utilización de nematicidas químicos y obtén por el control biológico ya que estos dan mejores resultados y sobre todo evitan la contaminación.
- Los cultivos de caña de azúcar necesitan un alto control fitosanitario durante todo su proceso de desarrollo, así ayudando a que crezcan plantas sanas y de buen vigor para que estas generen una mejor producción de azúcar en kg/ha

IV. CONCLUSIONES

Por lo expuesto se concluye lo siguiente:

- Los nematodos son parásitos que causan mermas significativas en la producción de caña de azúcar.
- Las investigaciones realizadas demuestran que el control biológico de *Meloidogyne* spp es más eficaz y evita la contaminación del medio ambiente y reduce afectaciones en la salud de los consumidores.

- El control biológico con los biocontroladores *Pasteuria penetrans*, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp ayudan a reducir eficientemente las poblaciones de nemátodos en plantaciones comerciales de caña de azúcar.

V. RECOMENDACIONES

- El uso de los biocontroladores *Pasteuria penetrans*, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp. nativos de las zonas de producción, favorece la adaptabilidad y eficacia en el control de *Meloidogyne* spp. en plantaciones de caña de azúcar.
- Enfocar nuevas investigaciones en la búsqueda de nuevos biocontroladores como alternativas en el control de poblaciones de *Meloidogyne* spp en plantaciones comerciales de caña de azúcar.
- Concientizar a los productores de caña de azúcar sobre el uso del control biológico de *Meloidogyne* spp como una herramienta sostenible y amigable con el medio ambiente.

VI. BIBLIOGRAFÍA

de Araújo, FF; Marchesi, GVP. 2009. Use of *Bacillus subtilis* in the control of root-knot nematode and the growth promotion in tomato (en línea). *Ciencia Rural* 39(5):1558-1561. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-84782009000500039>.

Baños, Y; Concepción, A; Laso, R; González, I; Morejón, L. 2010. Efecto de enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp. en el manejo de *Meloidogyne* spp. (en línea). *Revista brasileira de agroecología* 5(2):224-233. Consultado 24 abr. 2021. Disponible en https://orgprints.org/id/eprint/24512/1/Baños_Efecto.pdf.

Bond, JP; McGawley, EC; Hoy, JW. 2000. Distribution of plant-parasitic nematodes on sugarcane in Louisiana and efficacy of nematicides (en línea). *Journal of Nematology* 32(SUPPL. 4):493-501. Consultado 24 abr. 2021. Disponible en [/pmc/articles/PMC2620482/?report=abstract](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11562222/).

Carneiro, RMDG; Tigano, MS; Jorge, CL; Teixeira, ACO; Cordeiro, MC. 2004. Selection and polymorphism of *Pasteuria penetrans* isolates in relation to *Meloidogyne* spp. from coffee (en línea). *Nematology* 6(1):37-47. DOI: <https://doi.org/10.1163/156854104323072900>.

Cartay, R; García Briones, M; Meza Moreira, D; Intriago Estrella, J; Romero Macías, F. 2019. Caracterización económica de un productor de aguardiente en Junín, Manabí, Ecuador (en línea). *ECA Sinergia* 10(1):85. DOI: https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v10i1.1213.

Cláudia Tenório Amaral, A DO; Lopes Lira, V; Marinho Moura, R DE; Vieira Tiago, P; Tinti Oliveira, N DE. 2018. BIOCOTROLE DE ESPÉCIES DE *Trichoderma* SOBRE *Meloidogyne enterolobii* (en línea). *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica* 15(2):159-166. Consultado 24 abr. 2021.

Disponível em <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/2091>.

Gómez, L; Gandarilla, H; Rodríguez, MG. 2010. *Pasteuria penetrans* COMO AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO DE *Meloidogyne* spp. (en línea). *Pasteuriapenetrans AS A BIOLOGICAL CONTROL AGENT OF Meloidogyne* spp. 25(3):137-149. Consultado 6 mar. 2021. Disponível em http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522010000300001.

_____. 2010. *Pasteuria penetrans* COMO AGENTE DE CONTROL BIOLÓGICO DE *Meloidogyne* spp. (en línea). *Pasteuriapenetrans AS A BIOLOGICAL CONTROL AGENT OF Meloidogyne* spp. 25(3):137-149. Consultado 24 abr. 2021. Disponível em http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522010000300001.

Hewlett, TE; Cox, R; Dickson, DW; Dunn, RA. 1994. Occurrence of *Pasteuria* spp. in Florida. (en línea). *Journal of nematology* 26(4 Suppl):616-9. Consultado 24 abr. 2021. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19279936>.

INEC, (Instituto Nacional de Estadísticos y Censos). (2016). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2013 Dirección responsable de la información estadística y contenidos: DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES Realizadores. s.l., s.e.

IPCC. 2018. NIMF 5. Glosario de términos fitosanitarios. Normas Internacionales de Medidas Fitosanitarias .

Kepekci, I; Hazir, S; Oksal, E; Lewis, EE. 2018. Application methods of *Steinernema feltiae*, *Xenorhabdus bovienii* and *Purpureocillium lilacinum* to control root-knot nematodes in greenhouse tomato systems. *Crop Protection* . DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.009>.

Kluthcouski, J; Aidar, H. (2005). ENCARTE DO INFORMAÇÕES

Koenning, SR; Overstreet, C; Noling, JW; Donald, PA; Becker, JO; Fortnum, BA. 1999. Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994 (en línea). *Journal of Nematology* 31(SUPPL. 4):587-618. Consultado 24 abr. 2021. Disponible en [/pmc/articles/PMC2620402/?report=abstract](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10811102/).

Li, B; Xie, GL; Soad, A; Coosemans, J. 2005. Suppression of *Meloidogyne javanica* by antagonistic and plant growth-promoting rhizobacteria (en línea). *Journal of Zhejiang University: Science B* 6(6):496-501. DOI: <https://doi.org/10.1631/jzus.2005.B0496>.

López Llorca, LV; Jansson, H-B. 2001. Biodiversidad del suelo: control biológico de nematodos fitopatógenos por hongos nematófagos (en línea). *Cuadernos de biodiversidad* (6):12-15. DOI: <https://doi.org/10.14198/cdbio.2001.06.02>.

Maciel, SL; Ferras, LCCB. 1996. REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne incognita* RAÇA 2 E DE *Meloidogyne javanica* EM OITO ESPÉCIES DE PLANTAS MEDICINAIS (en línea). *Scientia Agricola* 53(2-3):232-236. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-90161996000200007>.

Martins, GD; Trindade Galo, MDLB. 2015. Caracterização espectral da cana-de-açúcar infectada por nematoides e *Meloidogyne javanica* por espectrorradiometria de campo (en línea). *Boletim de Ciencias Geodesicas* 21(4):783-796. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-21702015000400046>.

Monteiro, TSA. 2013. Controle biológico do nematóide das galhas, *Meloidogyne javanica*, e promoção de crescimento vegetal com os fungos *Pochonia chlamidosporia* e *Duddingtonia flagrans*. s.l., s.e. 1-55 p.

Nchet, KL; Barreto, RW; Vieira, BS. (2016). Uso dos fungos *Sphaceloma*

poinsettiae e *Bipolaris euphorbiae* como mico-herbicidas no controle de *Euphorbia heterophylla*. (en línea). s.l., s.e. Consultado 6 mar. 2021. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/312498948>.

Orion, D; Kritzman, G. 1991. Antimicrobial activity of *Meloidogyne javanica* gelatinous matrix (en línea). *Revue de Nématologie* 14(2700):481-483. Consultado 24 abr. 2021. Disponible en http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.550.6407&rep=rep1&type=pdf%0Ahttp://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_5/pt5/nemato/36404.pdf.

Pantaleón, G; Gómez, IA. (2012). Control de Fitonematodos de la Caña de Azúcar Mediante Alternativas Biológicas y Químicas en Central Motzorongo SA de CV (en línea). s.l., s.e. Consultado 24 abr. 2021. Disponible en <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/3.-ENTOMOLOGÍA.pdf>.

Peña, M; Olivares, N; Rodríguezl, M; Peña, L; Cobas, A; Cervera, G. 2018. NEMATODOS FITOPARÁSITOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L .) EN LA PROVINCIA GUANTÁNAMO, CUBA (en línea). *Cultivos Tropicales* 39(1):7-14. Consultado 24 abr. 2021. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n1/ctr011118.pdf>.

Rodríguez, MG; Sánchez, L. 2002. Nemátodos asociados a plantas de caña de azúcar en Cuba con síntomas de amarillamiento (YLS) y sin estos. *Protección Vegetal* 17(1):59-63.

Sahirys Casas Rodríguez, LDG. 2020. La gallinaza, efecto en el medio ambiente y posibilidades de reutilización (en línea). s.l., s.e., vol.25. p. 1. Consultado 24 abr. 2021. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202020000300087.

Silva, E; Martínez, F; Madrid, C; León, T; Castillo, R; Mendoza, J; Garcés,

F; Salazar, M; Aucatoma, B; Fiallos, F; Suárez, M. 2016. EC-07 y EC-08, nuevas variedades mejoradas de caña de azúcar (en línea). CINCAE (10):12. Consultado 6 mar. 2021. Disponible en <http://cincae.org/wp-content/uploads/2013/05/Plegable-Variedades-EC-07-y-EC-08.pdf>.

Song, Z; Shen, L; Zhong, Q; Yin, Y; Wang, Z. 2016. Liquid culture production of microsclerotia of *Purpureocillium lilacinum* for use as bionematicide. *Nematology* . DOI: <https://doi.org/10.1163/15685411-00002987>.

Triviño, C; Navia, D; Velazco, L. 2013. GUÍA PARA RECONOCER DAÑO EN RAÍCES Y MÉTODOS DE MUESTREO Y EXTRACCIÓN DE NEMÁTODOS EN RAÍCES Y SUELO DEPARTAMENTO (en línea). Yaguachi, s.e.:19. Consultado 6 mar. 2021. Disponible en www.iniap.gob.ec.

Trudgill, DL; Blok, VC; Bala, G; Daudi, A; Davies, KG; Gowen, SR; Fargette, M; Madulu, JD; Mateille, T; Mwageni, W; Netscher, C; Phillips, MS; Sawadogo, A; Trivino, CG; Voyoukallou, E. 2000. The importance of tropical root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and factors affecting the utility of *Pasteuria penetrans* as a biocontrol agent. s.l., s.e., vol.2. p. 823-845 DOI: <https://doi.org/10.1163/156854100750112789>.