



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA
Y VETERINARIA**

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Nemátodos fitoparásitos en el cultivo de la caña de azúcar
(*Saccharum officinarum*) en el Ecuador”.

AUTOR:

Leisler Angelo Bajaña Contreras.

TUTORA:

Ing. Agr. Emma Lombeida García, Ph.D

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

La caña de azúcar, perteneciente a la familia *Poaceae*, es la fuente del azúcar, uno de los alimentos más consumidos en el mundo. El objetivo planteado para este trabajo fue: Describir los nemátodos fitoparásitos en el cultivo de la caña de azúcar en el Ecuador. Se desarrolló un enfoque cualitativo y descriptivo para la metodología, y se recopiló información de fuentes actualizadas para la creación de este informe. Sitios web, revistas, documentos científicos, recursos de bibliotecas en línea y cualquier material de referencia relevante para avanzar en este estudio. Los resultados obtenidos en cuanto a los nematodos fitoparásitos en caña de azúcar son *Pratylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp. En el Ecuador los nemátodos dañan el sistema radicular de la caña de azúcar al inyectar toxinas, lo que causa deformaciones (*Meloidogyne* spp) y necrosis (*Pratylenchus* spp). Los daños no sólo reducen la producción de cultivos, sino que también reducen su calidad; *Pratylenchus* spp. vive en el interior de las raíces y emerge cuando la raíz está completamente descompuesta, ya sea como consecuencia del daño causado o simplemente para migrar a otras raíces, provocando daño a través del tejido cortical al romper la pared celular; los nematicidas químicos a base de carbofuran en dosis de 5 kg/ha suelen ser la forma más eficaz de controlar los niveles altos de *Meloidogyne* spp. Se concluye que en Ecuador la presencia de los nemátodos fitoparásitos daña el sistema radicular de la caña de azúcar al inyectar toxinas, lo que causa deformaciones (*Meloidogyne* spp) y necrosis (*Pratylenchus* spp) y por ende disminuye el rendimiento en el cultivo.

Palabras claves: Caña de azúcar, nemátodos, *Meloidogyne*, nematicidas.

SUMMARY

Sugar cane, belonging to the *Poaceae* family, is the source of sugar, one of the most consumed foods in the world. The objective set for this work was: Describe the phytoparasitic nematodes in sugarcane cultivation in Ecuador. A qualitative and descriptive approach to the methodology was developed, and information was collected from up-to-date sources for the creation of this report. Websites, journals, scientific papers, online library resources, and any relevant reference materials to advance this study. The results obtained regarding phytoparasitic nematodes in sugarcane are *Pratylenchus* spp. and *Meloidogyne* spp. In Ecuador, nematodes damage the root system of sugarcane by injecting toxins, which causes deformations (*Meloidogyne* spp) and necrosis (*Pratylenchus* spp). Damage not only reduces crop production, but also reduces its quality; *Pratylenchus* spp. It lives inside the roots and emerges when the root is completely decomposed, either as a consequence of the damage caused or simply to migrate to other roots, causing damage through the cortical tissue by breaking the cell wall; carbofuran-based chemical nematicides at doses of 5 kg/ha are usually the most effective way to control high levels of *Meloidogyne* spp. It is concluded that in Ecuador the presence of phytoparasitic nematodes damages the root system of sugarcane by injecting toxins, which causes deformations (*Meloidogyne* spp) and necrosis (*Pratylenchus* spp) and therefore decreases crop yield.

Keywords: Sugarcane, nematodes, *Meloidogyne*, nematicides.

ÍNDICE

1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	4
2. DESARROLLO.....	5
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.1. Generalidades de la caña de azúcar.....	5
2.1.2. Nemátodos asociados a la caña de azúcar	6
2.1.3. Síntomas y daños que causan los nemátodos <i>Meloidogyne</i> spp.....	8
2.1.5. Métodos de control en los nematodos asociados a la caña de azúcar. .	14
2.2. MARCO METODOLÓGICO	17
2.3. RESULTADOS	17
2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	18
2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20
3.1. Conclusiones	20
3.2. RECOMENDACIONES.....	21
3. REFERENCIAS Y ANEXOS	22
4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	22
4.2. ANEXOS	27

ANEXOS

Anexo 1. Daños de nematodos causado en las raíces	27
Anexo 2. Cultivo de Caña de azúcar afectado por nematodos.	27

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar, perteneciente a la familia *Poaceae*, es la fuente del azúcar, uno de los alimentos más consumidos en el mundo. El consumo de azúcar ha aumentado, pero la disponibilidad está disminuyendo rápidamente. Las plagas y enfermedades son una causa principal de la disminución en el cultivo de la caña. Las plagas causan daños a las cosechas, resultando en pérdidas de alrededor del 35% anualmente, incluyendo un 10-20 % adicional después de la cosecha. En total, se puede llegar a perder entre el 40-50 % de la producción (Ruiz 2020).

En términos agrícolas, se cultivan alrededor de 142 010 ha en nuestro país, de las cuales se recolectan 139 406 ha y se obtienen 11 016 167 t de producción. En Los Ríos se cultivan 1 914 ha y se cosechan 1 914 ha, logrando una producción de 151 341 t (INEC 2023).

La caña de azúcar es uno de los principales generadores de ingresos en América Latina. En Ecuador, es importante por los ingresos que genera a productores grandes y pequeños. La cosecha de caña de azúcar aporta al 1,4 % del PIB de Ecuador y crea más de 30 000 empleos directos y 80 000 indirectos, especialmente durante la temporada seca (Navarrete *et al.* 2022).

Los nematodos fitoparásitos son patógenos por naturaleza, pero su impacto en los cultivos y su estimación a gran escala es difícil de medir debido a sus interacciones con otros agentes causantes de enfermedades. Los nematodos fitoparásitos provocan pérdidas anuales del 11 al 14% en cultivos como leguminosas, granos, banano, yuca, coco, remolacha azucarera, caña de azúcar, papa, hortalizas y frutales diversos (Guzmán *et al.* 2012).

Se encontraron los nematodos fitoparásitos *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchorhynchus* spp., *Criconemoides* spp., *Hemicycliophora* spp., *Trichodorus* spp., *Tylenchus* spp., *Rotylenchus* spp.,

Aphelenchus spp., *Scutellonema* spp. en muestras de suelo y raíz de caña de azúcar en países de América del Sur (Saldaña 2019).

El motivo es la realización de este informe sobre los nemátodos fitoparásitos en el cultivo de la caña de azúcar (*S. officinarum*) en el Ecuador.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los nematodos son un grupo diverso de microorganismos microscópicos que pueden causar problemas en diversos cultivos, incluyendo la caña de azúcar. En la caña de azúcar, los nematodos fitoparásitos pueden afectar el sistema radicular de las plantas, lo que resulta en una disminución del crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Existen varios tipos de nematodos que pueden atacar la caña de azúcar, entre los más comunes se encuentran el nematodo de los nudos (*Meloidogyne* spp.), el nematodo de los quistes (*Heterodera* spp.), y el nematodo de la punta (*Pratylenchus* spp.). Estos nematodos pueden habitar el suelo y penetrar en las raíces de la caña de azúcar, alimentándose de los tejidos vegetales y causando daños directos e indirectos.

Los síntomas de la infestación de nematodos en la caña de azúcar pueden variar, pero generalmente incluyen un crecimiento lento de las plantas, amarillamiento de las hojas, desarrollo deficiente de la raíz y la formación de nudos o agallas en las raíces. Además, la presencia de nematodos en el sistema radicular puede debilitar las plantas y hacerlas más susceptibles a otras enfermedades y estrés ambiental.

El manejo de los nematodos en la caña de azúcar puede ser un desafío, ya que no existen métodos de control completamente efectivos. Sin embargo, se pueden implementar algunas medidas para reducir el impacto de los nematodos.

Estos organismos provocan daños mecánicos directos en las plantas en el momento de alimentarse mediante la inyección de saliva en los tejidos. Algunas

especies lo hacen con gran rapidez, perforando la pared celular, inyectando saliva en la célula y succionando parte de sus contenidos. Sin embargo, otras especies se alimentan más lentamente, inyectando su saliva de manera intermitente. De este modo, el proceso de alimentación hace que las células vegetales afectadas provoquen una reacción que causa la muerte o el debilitamiento de las yemas y puntas de la raíz, así como la degradación de los tejidos, agallas de varias clases y, por último, los órganos aéreos retorcidos y deformados.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de caña de azúcar es de importancia en nuestro país, porque constituye fuente de materia prima para la producción de azúcar, siendo necesario identificar los principales nematodos que afectan a la productividad del mismo. Los nematodos, fitoparásitos de la caña de azúcar, se encuentran ampliamente distribuidos en las zonas cañeras del mundo, por lo cual es indispensable establecer las pérdidas económicas que ocasionan en el cultivo y así poder controlar el patógeno que provoca esta enfermedad.

Por tal razón es importante destacar que el manejo integrado de nematodos, que combina diferentes estrategias de control, como prácticas de manejo adecuadas para su región específica puede ayudar a minimizar los impactos negativos de los nematodos en los cultivos de caña de azúcar.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Describir los nematodos fitoparásitos en el cultivo de la caña de azúcar en el Ecuador.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los principales nematodos asociados a la caña de azúcar.

- Establecer los métodos de control en los nematodos asociados a la caña de azúcar.

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Dominios: Recursos agropecuarios, Medio Ambiente, Biodiversidad, Biotecnología.

Líneas: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublínea: Agricultura sostenible y sustentable.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Generalidades de la caña de azúcar

El azúcar de caña es crucial económicamente en diversas zonas del planeta, gracias a su flexibilidad y habilidad para adaptarse a diversos entornos. La caña de azúcar se produce principalmente en países ubicados entre los 36,7°LN y 31,0°LS, abarcando desde regiones tropicales hasta templadas y concentrándose principalmente en América y Asia (Lagos y Castro 2019).

Los mismos autores mencionan que la producción de caña de azúcar es de 1900 millones de toneladas en 27 millones de hectáreas, según el mismo autor. La producción se distribuye de la siguiente manera: América 50,7 %, Asia 40,9 %, África 5,9 %, Oceanía 2,5 % Los países que más producen caña de azúcar son: Brasil, India, China, Tailandia, Pakistán, México, Colombia, Australia, Indonesia y Estados Unidos (Lagos y Castro 2019).

La caña de azúcar es uno de los cultivos más importantes de Ecuador en términos de superficie cultivada, valor producido y generación de empleos directos. La mayoría de la caña se produce en seis provincias (Guayas, Cañar, Carchi, Imbabura, Tungurahua, Loja), y excepto en las provincias de Sucumbíos y Galápagos. Cerca del 97 % del total producido se origina en tres provincias: Guayas, Loja y Cañar. Sin embargo, Manabí, provincia con una producción limitada de caña, cuenta con importantes áreas cañeras dedicadas no a la extracción de azúcar, sino a la producción de diversos subproductos de la caña, muy estimados dentro de la provincia (Cartay *et al.* 2019).

La escaldadura de la hoja, el gusano barrenador y los nemátodos son las plagas y enfermedades principales de la caña de azúcar. Los nemátodos fitoparásitos de la caña de azúcar afectan el rendimiento del cultivo al causar clorosis y disminución de biomasa en zonas cañeras a nivel mundial (Desgarenes

et al. 2011).

2.1.2. Nemátodos asociados a la caña de azúcar

Los nematodos fitoparásitos son organismos microscópicos no segmentados, simétricos bilateralmente, sin color y cilíndricos. Se han identificado 4 105 especies de nematodos fitoparásitos, causando pérdidas económicas anuales del 11 al 14%. Estas pérdidas suponen enormes cantidades de dinero anualmente en diversos cultivos (Gamboa 2019).

El nematodo se encuentra frecuentemente en diferentes pisos climáticos y en diversos cultivos, especialmente en musáceas, hortalizas, frutales y gramíneas como la caña de azúcar. La población varía en diferentes sectores. Nematodos de este género son cada vez más comunes en análisis nematológicos en laboratorios de todo el país, distribuidos en todas las zonas agrícolas (Rosales 2022).

Los nematodos fitoparásitos son plagas en los agroecosistemas y tienen un impacto relevante en su estructura y estabilidad. Hay 4105 especies de Fito nematodos que causan pérdidas del 11 al 14 % en cultivos importantes (Peña *et al.* 2018).

La producción de caña de azúcar se ve afectada por varios factores, como el suelo, el clima, las enfermedades y el manejo genético. Además, los problemas fitosanitarios causados por organismos nocivos son también un tema importante, incluyendo hongos, bacterias, virus, plagas insectiles y nematodos, sin olvidar las malezas que también representan un problema significativo. No hay informes de desastres causados por nematodos en este cultivo, pero no se puede subestimar su riesgo debido a la falta de información (Rodríguez *et al.* 2020).

Parasitismo por nematodos en caña de azúcar es reconocido en países con importancia económica. Se han hecho esfuerzos recientes para estudiar y controlar esta plaga y reducir su impacto en las cosechas. La mayoría de los estudios sugieren que los nematodos afectan el crecimiento y productividad de la caña de azúcar (Peña *et al.* 2018).

Es necesario diseñar estudios útiles y oportunos para obtener información y plantear soluciones sostenibles ante los cambios producidos por las actividades humanas en los agro-ecosistemas y sistemas naturales. Los cambios en la agricultura y la introducción de nuevos cultivos revelan constantemente especies de nematodos previamente desconocidas, que causan daños a los cultivos (Rodríguez *et al.* 2020).

Las poblaciones de ambos nemátodos fitoparásitos (*Helicotylenchus* sp. Y *Criconemoides* sp), respecto a su presencia en el suelo no siempre afecta los rendimientos del cultivo de caña de azúcar (Desgarenes *et al.* 2011).

Se encontraron 24 especies de Fito nematodos en la caña de azúcar, especialmente el género *Pratylenchus*, y la especie *Meloidogyne incognita* solo se encontró en algunos lugares del Ecuador (Peña *et al.* 2018).

Las especies de *Meloidogyne* son los parásitos de las raíces más agresivos y causan importantes daños económicos a muchos cultivos en regiones tropicales y templadas cálidas. *Meloidogyne* spp. causan graves daños a los cultivos de caña de azúcar, vid, granado, espárrago, banano, pimientos y demás. La textura del suelo y las altas temperaturas favorecen a estos nematodos, lo que dificulta su manejo (Zelada 2019).

En plantaciones de caña de azúcar, los nematodos comunes son *Tylenchorhynchus* spp., *Pratylenchus* spp. y *Helicotylenchus* spp. Su identificación se basa en el daño que causan al sistema radical de las plantas, llegando incluso a destruirlo en casos graves. Asimismo, *Macrophostomia* spp., *Xiphinema* spp. y *Trichodorus* spp. causan daño necrótico en las raíces y destruyen las raicillas secundarias. Igualmente, *Meloidogyne* spp. y *Radopholus* spp. forman bultos o protuberancias en las raíces (Guzmán *et al.* 2018).

Poblaciones de más de 3000 *Pratylenchus* por 100 g de raíz y de más de 500 *Helicotylenchus* por 100 g de suelo causaron clorosis y mal formación en las plantas de caña. Un total de 2500 nematodos disminuyen el rendimiento (Calvo *et al.* 2016).

El porcentaje de pérdidas en áreas cañeras a causa de los nematodos promedió un 4 %. El estudio inicial en distintas áreas cañeras mostró nematodos fitoparásitos en altas cantidades, que se relacionan con plantas poco desarrolladas y de baja producción. Por lo tanto, es crucial analizar la densidad poblacional para establecer estrategias de control. Aumento del rendimiento en caña de azúcar coincide con la disminución de la densidad de nematodos después de plantar y cosechar (Peña *et al.* 2018).

Los nematodos de mayor importancia asociados al cultivo de caña de azúcar son *Meloidogyne* spp y *Pratylenchus* spp.

2.1.3. Síntomas y daños que causan los nemátodos *Meloidogyne* spp.

Los síntomas superficiales de los nematodos agalladores están ausentes. Con frecuencia se presentan síntomas de retraso del crecimiento, marchitez o clorosis en las plantas afectadas, que parecen ser improductivas. Cuando las plantas se infectan poco después de plantarlas, los síntomas pueden ser particularmente graves. Pero hasta el final de la temporada de crecimiento, las poblaciones de nematodos no aumentan y las plantas se desarrollan normalmente hasta alcanzar la madurez completa. Después de la floración, comienzan a marchitarse y morir, lo que inhibe el desarrollo y cuajado de los frutos (Neiver 2022).

La formación de agallas o nódulos en las raíces, provocadas por la hipertrofia e hiperplasia de las células provocada por el nematodo que inyecta las enzimas, es el síntoma definitorio de este nematodo. Esto provoca diversos grados de retraso en el crecimiento, falta de vigor y deficiencias nutricionales en la planta. Los daños no sólo disminuyen la cantidad de frutos del cultivo, sino que también bajan su calidad, lo que repercute en sus precios (Mendoza *et al.* 2019).

Estos bultos o agallas, que pueden variar en tamaño de 1 a 10 mm de diámetro, se forman en todas las raíces y son bastante reconocibles como síntomas del nematodo agallador subterráneo. En infestaciones severas, las raíces muy agrietadas pueden pudrirse, dejando un sistema de raíces débil con algunas agallas considerables (Neiver 2022).

Los tejidos de la raíz alrededor del nematodo y las células gigantes experimentan hiperplasia e hipertrofia, lo que da como resultado la distintiva agalla de la raíz. Después de la penetración de J2, las agallas suelen aparecer uno o dos días después. El tamaño de las agallas frecuentemente se correlaciona con la cantidad de nematodos que se encuentran en el tejido, pero también puede verse influenciado por el tipo de planta que se está parasitando. La mayoría de las especies de *Meloidogyne* producen agallas que son similares en tamaño y forma, pero pueden variar según la planta huésped, la cantidad de juveniles y la especie, lo que puede ayudar con la identificación (Endara 2020).

Meloidogyne sp. en la segunda etapa larvaria infecciosa del ciclo de vida de las larvas generalmente ingresa a la raíz, justo encima de la caliptra (punta de la raíz). Se mueven principalmente a través de las células de la raíz indiferenciadas antes de asentarse con sus cabezas en el cilindro central en crecimiento, cerca del área de elongación celular, y con sus cuerpos en la corteza. Perforan las paredes celulares con sus estiletes e inyectan secreciones de sus glándulas esofágicas. Estas secreciones aumentan la tasa de división celular en el periciclo y agrandan las células del cilindro vascular (Morales 2001).

Los nematodos dañan la caña de azúcar al reducir su masa radicular, lesionar su sistema radicular, causar la muerte o alterar las células de la raíz debido a su alimentación. Además, abren la puerta a otros patógenos y disminuyen la longevidad de la planta. Como resultado, la productividad se ve reducida, provocando un bajo rendimiento en el cultivo (Saldaña 2019).

Como resultado, las células se agrandan (hipertrofia), las paredes celulares pueden disolverse, el núcleo se agranda y la composición del contenido de la célula cambia, lo que da como resultado la formación de células gigantes. Alrededor de la cabeza de la larva hay una notable hiperplasia o multiplicación intensa de células vegetales. Por lo general, la raíz se espesará junto con estos cambios y formará agallas (Morales 2001).

Los nematodos causan daños debido a deficiencias nutricionales o estrés hídrico. Los efectos son subestimados por agricultores y técnicos por ser difíciles

de observar y los síntomas no específicos. Los factores edafoclimáticos y agronómicos como el monocultivo, las altas precipitaciones y los suelos arenosos favorecen la capacidad de los nematodos para causar daño, según algunos estudios (Peña *et al.* 2018).

El daño al sistema radical causa que las plantas tengan hojas amarillentas, tallos delgados y cortos, y se marchiten fácilmente en momentos de alta transpiración o sequía. Las pérdidas de los nematodos varían según la variedad y la zona ecológica (Guzmán *et al.* 2018).

Las raíces sufren daño debido a lesiones necróticas y a la destrucción de las raicillas secundarias. Igualmente, *Meloidogyne* spp. y *Radopholus* spp. las agallas o nudosidades pueden ser causadas por las raíces. Las plantas sufren clorosis en el follaje, desarrollan tallos más delgados y más cortos, y finalmente se marchitan durante la sequía. Los rendimientos han disminuido más del 25% (Osorio y Antioquia 2007).

Estos microorganismos pueden afectar diferentes partes de la planta según la especie y la planta en la que se hospedan. "Los fitoparásitos se dividen en tres grupos según sus hábitos alimenticios: ectoparásitos, semiendoparásitos y endoparásitos, los cuales pueden ser migratorios o sedentarios". Los endoparásitos migratorios se desplazan dentro de la planta para buscar lugares de alimentación y pueden salir y volver a entrar en diferentes sitios durante su ciclo de vida (Gamboa 2019).

Los nemátodos dañan la caña de azúcar al inyectar toxinas en sus raíces, lo que provoca deformaciones (*Meloidogyne* spp) y necrosis (*Pratylenchus* spp). El ataque de nematodos restringe el crecimiento de las raíces, impidiendo su normal funcionamiento y provocando una disminución de la productividad de hasta un 30 % (Vaca 2021).

2.1.4. Síntomas y daños que causan los nemátodos *Pratylenchus* spp.

Las infecciones por nematodos en las plantas suelen provocar síntomas

primarios tanto en las raíces como en las partes aéreas de las plantas, que pueden ser síntomas primarios o secundarios según el nematodo. Cuando hay microorganismos fitopatógenos presentes, también pueden presentarse lesiones en las raíces, nudos o agallas en las raíces, ramificación excesiva de las raíces, puntas de las raíces dañadas y pudriciones de las raíces (De Souza 2021).

Es un nematodo endófito que migra; vive dentro de las raíces y emerge cuando estas están completamente descompuestas, ya sea para causar más daño o para migrar a otras raíces. Por tanto, el suelo tiene una vida útil muy corta. Hay varias especies de *Pratylenchus*. Migra intracelularmente al sistema radicular de la planta y daña el tejido cortical al romper las paredes celulares (Ramos 2023).

Provoca una lesión roja en la raíz que penetra la corteza y, en casos más avanzados, los tejidos epidérmicos y corticales de la lesión se vuelven necróticos, negros o morados, lo que frecuentemente provoca la ruptura de la raíz. Además de las áreas necróticas que eventualmente mueren, la porción más externa del rizoma también se ve afectada (Ramos 2023).

Utilizando las raíces de las plantas como fuente de alimento, los nematodos *Pratylenchus* toman los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Su crecimiento y reproducción podrían verse afectados por los nutrientes que se encuentran presentes en el suelo. La susceptibilidad al nematodo *Pratylenchus* también puede verse influenciada por la salud y el vigor de la planta (Meza 2023).

Debido a su mayor especificidad objetivo, menor toxicidad ambiental y seguridad para organismos no objetivo, los agentes de control biológico se utilizan con mayor frecuencia en la actualidad. Para el control de nematodos, *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum*, *Arthrobotrys oligospora* y *Trichoderma* spp. se encuentran entre las especies más investigadas entre los diversos agentes de control biológico de hongos (De Souza 2021).

A medida que se mueve dentro de las raíces para alimentarse, *Pratylenchus* las perfora y deja canales huecos. Se le conoce como el nematodo que daña las raíces debido a este tipo de daño. Lesiones necróticas alargadas en el tejido del

parénquima cortical, causadas por *Pratylenchus* spp. La invasión y la migración son el sello distintivo de los síntomas radiculares (Ramos 2023).

Los síntomas de las raíces suelen ir acompañados de síntomas inusuales en las partes aéreas de las plantas, que se manifiestan principalmente como un crecimiento disminuido, síntomas de deficiencia de nutrientes como coloración amarillenta del follaje, marchitez excesiva en climas cálidos o secos, rendimientos reducidos y productos deficientes (De Souza 2021).

El daño comienza cuando los nematodos entran y se multiplican, dando a las raíces un distintivo color marrón oscuro. Esto se produce por la necrosis de las células afectadas y la invasión de patógenos secundarios como hongos o bacterias, lo que provoca un menor crecimiento radicular y, en última instancia, el fin de la planta, lo que estará muy influenciado por el número de nematodos en la planta. Los ataques en el campo se manifiestan como rodales que crecen lentamente, donde las plantas tienen hojas amarillentas y menor crecimiento que las plantas sanas, lo que resulta en una reducción en el rendimiento de la cosecha (Meza 2023).

El control de los nematodos generalmente se intenta mediante prácticas culturales, como el uso de material de siembra limpio, la rotación de cultivos, cultivos de cobertura y el uso de variedades resistentes; además del uso de enmiendas, ya sean orgánicas o con bacterias u hongos antagonistas o parásitos naturales; además del control por agentes físicos, como labranza, calor, incluyendo solarización e inundaciones; y mediante el control con productos químicos, como varios tipos de fumigantes y nematodos no fumigantes. En realidad, las enfermedades de las plantas causadas por nematodos normalmente se controlan combinando varias técnicas (De Souza 2021).

Al ingresar a las raíces a través de las heridas que deja este nematodo, este género interactúa directamente con bacterias y hongos favoreciendo su crecimiento y provocando daños aún más severos. Las plantas con hojas cloróticas, crecimiento reducido de raíces y la planta en su conjunto exhiben el daño que este género causa a las raíces. Este nematodo permanece en la planta hasta que muere, y cuando

aparecen lesiones necróticas, los agricultores las confunden con deficiencias de nutrientes y no las tratan adecuadamente, lo que frena el crecimiento de la planta y sus raíces (Ramos 2023).

El nematodo puede entrar en cualquier zona de la raíz, pero prefiere hacerlo en regiones con pelos más absorbentes. Los nematodos sondan, perforan y digieren parcialmente la pared celular de la epidermis antes de avanzar hacia el contenido celular. Así penetran en los tejidos. Cuando los nematodos se alimentan de la corteza de la raíz mientras se mueven de un lado a otro, se repite el mismo patrón de ataque (Morales 2001).

Los nematodos *Pratylenchus* pueden dañar las raíces de las plantas, lo que puede provocar el deterioro general de las plantas. Las plantas afectadas pueden presentar como síntomas marchitez, hojas amarillentas y falta de vigor. Sistema radicular reducido Los nematodos *Pratylenchus* se alimentan de las raíces de las plantas y dañan directamente el sistema radicular. En consecuencia, el tamaño y la capacidad del sistema radicular disminuyen, lo que repercute en el crecimiento y desarrollo de la planta (Meza 2023).

Todas las especies de *Pratylenchus* se pueden distinguir entre sí con poca dificultad debido a su apariencia general distintiva. Los nematodos de este género son alargados, miden de 340 a 800 μ m de largo con una relación largo/ancho de 15 a 35. Existen varias especies de *Pratylenchus*. La cabeza plana, la robusta armadura de la cabeza y el estilete corto y grueso con un nódulo basal sobresaliente que mide entre 14 y 20 μ m de longitud ayudan a identificarlo. Las glándulas esofágicas y el intestino se superponen ventralmente. Cerca de la unión esófago-intestinal se puede observar un poro excretor. En longitud del cuerpo, la vulva ocupa entre el 70 y el 80 %. Entre el 35 % y el 9 % de la longitud del cuerpo está formado por la cola redondeada. Cuando están presentes, los machos son más pequeños que las hembras (Morales 2001).

2.1.5. Métodos de control en los nematodos asociados a la caña de azúcar.

Control biológico

Los principales controladores biológicos de nematodos formadores de agallas son bacterias y hongos: *Paecilomyces lilacinus*, *Verticillium lecanii*, *Verticillium chlamidosporiu*, *Catenaria vermicola*, *Arthrobotrys oligospora*, *Dactylella oviparasitica*, *Dactylaria* sp y *Cylindrocarpon destructans*. Microbios: *Pasteuria penetrans*, *Streptomyces avermitilus*, *Burkholderia tropicalis* y *Bacillus thuringiensis* (Saldaña 2019).

El uso de microorganismos antagonistas puede prevenir la infestación. Se han identificado varios microorganismos como enemigos naturales de los nemátodos (Rubia 2003).

Para controlar *Meloidogyne* spp., este método utiliza organismos antagonistas vivos ya sea en cultivos puros o en mezclas. Estudios han revelado efectos importantes en el manejo de estos nematodos que parasitan las plantas. La mayoría de las veces, estos productos se elaboran con microorganismos como *Pasteuria penetrans*, *Pasteuria hartismeri*, *Pochonia chlamydosporia*, *Bacillus firmus*, *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma* spp. Estos microorganismos matan a los nematodos adhiriéndose a su cutícula o parasitando los huevos de las hembras (Neiver 2022).

Hay plantas que liberan productos nematicidas al suelo a medida que crecen o cuando sus residuos se descomponen. Estos productos son llamados aleloquímicos; un ejemplo es el compuesto químico dhurrin presente en las raíces del sorgo, que se convierte en cianuro de hidrógeno, un nematicida muy potente (Rubia 2003).

Control cultural

La prevención es clave en el control de nematodos, evitando su introducción

en áreas donde no estaban previamente. Es necesario caracterizar el problema, determinar los nematodos patógenos y conocer su densidad, biología e interacción específica con el cultivo antes de decidir qué técnicas de control utilizar (Saldaña 2019).

Se basa en buenas prácticas agrícolas como rotación de cultivos, plantaciones con plantas repelentes cercanas, barbecho, uso de portainjertos de plantas injertadas resistentes al nematodo agallador, plantaciones de chinchino (*Crotolaria incana*), que puede actuar como cultivo trampa, y siembra antes de la siembra el cultivo principal. Con esta técnica podemos deshacernos de muchas larvas infecciosas y malas hierbas vulnerables al ataque de *Meloidogyne* spp (Neiver 2022).

El uso de métodos para reducir la cantidad de patógenos en la caña de azúcar. Se les llama métodos de control cultural a estas prácticas. Las prácticas más usadas son rotación de cultivos, barbecho, inundación, solarización, enmiendas orgánicas contra nematodos: vigorizan, aportan agua y nutrientes, mejoran estructura del suelo, aumentan exploración de raíces, estimulan microorganismos y liberan sustancias tóxicas (Saldaña 2019).

Así mismo el autor menciona que es necesario aplicar una fertilización adecuada y oportuna con nutrientes como fósforo, potasio, calcio y microelementos, incluyendo la hormona de ácido giberélico y evitar plantas hospederas ayuda a controlar los nematodos. El propósito es romper el ciclo eliminando hospederos, especialmente de especies de malezas como *Chenopodiaceas*, *Solanáceas*, *Amarantáceas*, Compuestas y Gramíneas.

Control químico

Control de *Meloidogyne* spp. mediante nematicidas químicos carbamatos y organofosforados. Es necesario evaluar métodos ecológicos para controlar nematodos y así evitar daños ambientales y a la salud (Zelada 2019).

Los nematicidas controlan al nematodo de los nódulos radiculares en

cultivos. Bromuro de metilo, metam sodio y oxamyl son nematicidas recomendados. A pesar de su eficacia, existe un riesgo potencial para la seguridad y el medio ambiente en estos materiales. Es relevante desarrollar métodos de control no selectivos y económicos, como los métodos de biocontrol. (Saldaña 2019).

Para controlar químicamente los nematodos se han utilizado fumigantes como Dazomet (Basamid) y cloropicrina 1,3-dicloropropeno (Agrocelhone NE), que resuelven temporalmente el problema, pero lo empeoran con el tiempo debido al vacío biológico creado cuando se altera la biota del suelo. Dependemos menos del uso de productos químicos a medida que el control de plagas se vuelva más eficaz (Ferral *et al.* 2019).

Los nematodos están controlados con la aplicación de productos insecticida-nematicidas. Aplicar contra *Phyllophaga* tras 25-40 días de lluvias y cuando la plaga se alimenta de raíces. El uso de terbufos 15G y ethoprophos 15G a una dosis de 20 kg ha⁻¹ aumentó la producción de caña en 31 (33%) y 32 (34%) toneladas por hectárea (Calvo *et al.* 2016).

Meloidogyne spp. se puede matar o impedir que se reproduzca mediante métodos de control químico, que aplican diversas formulaciones inorgánicas en suelos que están infestados. Los nematicidas suelen ser la forma más eficaz de controlar niveles elevados de *Meloidogyne* spp. Los nematicidas más comunes utilizados para este tipo de control son aquellos con los ingredientes activos fenamifos, oxamil, dicloropropeno (1, 3-D), dazomet, fluopiram y metam-sodio. Debido a los residuos que quedan después de la aplicación algunos de estos productos químicos son tóxicos para las personas, los animales y los recursos naturales y su uso continuo puede hacer que algunas especies de nematodos parásitos de las plantas desarrollen cierto nivel de resistencia (Neiver 2022).

A pesar de ser muy efectivo, los nematicidas químicos, tanto fumigantes como no fumigantes, presentan riesgos para el medio ambiente, por lo que su uso debe ser limitado si hay opciones disponibles. Además, en muchos casos, la economía de producción de la cosecha no respalda el uso de nematicidas debido al retorno insuficiente de la inversión (Rubia 2003).

Nematicidas y subproductos de la caña de azúcar como vinaza y ferbiplant controlan nematodos y aumentan rendimiento. El impacto financiero de *Pratylenchus* depende tanto del hospedante como de la especie (Rosales 2022).

La mejor manera de controlar los nematodos es mediante la aplicación de Furadan 5G a una dosis de 5 kg/ha de ingrediente activo, o Temik 10G a una dosis de 3.5 kg/ha de ingrediente activo. La producción ha aumentado entre un 14% y un 81% con el uso de estos nematicidas (Guzmán *et al.* 2018).

Los ensayos muestran que la biofumigación tuvo éxito en la reducción de *Pratylenchus* spp. Recuento de nematodos que dañan la raíz. Es posible que la fumigación con cloropicrina no sea necesaria cuando en su lugar se utiliza la biofumigación (Chen *et al.* 2022)

2.2. MARCO METODOLÓGICO

Este documento se creó usando información bibliográfica de diversas fuentes, como sitios web, tesis, artículos científicos, revistas y libros.

Se analizó y resumió la información de diversas fuentes para obtener conclusiones relevantes y comprensibles sobre nemátodos en el cultivo de caña de azúcar en Ecuador.

2.3. RESULTADOS

En Ecuador, *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. son los nematodos que dañan la caña de azúcar al inyectar toxinas en sus raíces, provocando deformaciones y necrosis. Plantas de caña de azúcar infectadas con *Meloidogyne* spp. parecen improductivas y con frecuencia muestran síntomas de atrofia, marchitez o clorosis. Esta enfermedad no manifiesta síntomas superficiales. Al entrar en las raíces para alimentarse, *Pratylenchus* excava canales huecos, como consecuencia de la penetración y migración del nematodo, se manifiestan lesiones necróticas alargadas en el tejido del parénquima cortical.

El daño comienza cuando los nematodos entran y se multiplican, dando a las raíces un distintivo color marrón oscuro. Esto se produce por la necrosis de las células afectadas y la invasión de patógenos secundarios como hongos o bacterias, lo que provoca un menor crecimiento radicular y, en última instancia, el finde la planta, lo que estará muy influenciado por el número de nematodos en la planta. Los ataques en el campo se manifiestan como rodales que crecen lentamente, donde las plantas tienen hojas amarillentas y menor crecimiento que las plantas sanas, lo que resulta en una reducción en el rendimiento de la cosecha

El control cultural consiste en la rotación de cultivos, es decir evitar el cultivo consecutivo de caña de azúcar en la misma parcela, ya que esto puede aumentar la población de nematodos en el suelo. En su lugar, intercala cultivos no hospedantes de nematodos en el ciclo de rotación para reducir la presión de nematodos, además utilizar plantas repelentes, controles de malezas constantes. Selección de variedades resistentes: Utilice variedades de caña de azúcar que sean resistentes o tolerantes a los nematodos cuando sea posible.

El control químico se efectúa en casos de infestaciones severas de nematodos, es posible considerar el uso de productos químicos nematicidas. Sin embargo, este enfoque debe ser utilizado con precaución, siguiendo las recomendaciones del fabricante y las regulaciones locales, ya que algunos nematicidas pueden tener impactos ambientales negativos y desarrollar resistencia en las poblaciones de nematodos. Puede aplicarse furadan en dosis de 5 kg/ha

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Dado que los nematodos agalladores no producen ningún síntoma específico en la superficie, *Meloidogyne* spp. en caña de azúcar no producen síntomas en la superficie, pero las plantas afectadas tienen una apariencia poco productiva y frecuentemente presentan síntomas de atrofia, marchitez o clorosis. Con frecuencia se presentan síntomas de retraso del crecimiento, marchitez o clorosis en las plantas afectadas, que parecen ser improductivas, ya que Neiver (2022) señala que cuando se produce una infección temprana los síntomas pueden ser graves. La proliferación de nematodos se produce únicamente al final del

periodo de crecimiento, mientras que las plantas siguen su desarrollo sin problemas hasta alcanzar la madurez. Tras florecer, se marchitan y mueren, lo que afecta el crecimiento y la formación de frutos. Los nematodos agalladores subterráneos forman agallas de 1 a 10 mm en todas las raíces, lo cual es fácilmente reconocible. Una infestación grave puede ocasionar raíces agrietadas y podridas, resultando en un sistema de raíces debilitado con grandes agallas.

Al entrar en las raíces para alimentarse, *Pratylenchus* excava canales huecos. Posteriormente se desarrollan lesiones necróticas alargadas en el tejido del parénquima cortical como resultado de la penetración y migración del nematodo, coincidiendo con Ramos (2023), en el que *Pratylenchus* ingresa a las raíces, se mueve dentro de ellas para alimentarse y deja canales huecos. Debido a este tipo de daño, se le conoce como "nematodo lesionador de raíces". La invasión y la migración son el sello distintivo de los síntomas radiculares.

Los métodos de control más utilizados son la aplicación de nematicidas químicos como furadan en dosis de 5 kg/ha, complementado con labores culturales como rotación de cultivos coincidiendo con Guzmán *et al.* (2018) y Saldaña (2019), que este producto ha provocado la reducción de nematodos e incremento de la producción entre 14 y 81 % y complementado con los cultivos en rotación

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

Las conclusiones propuestas son:

- Los nematodos más comunes en las plantaciones de caña de azúcar son *Tylenchorhynchus* spp. y *Pratylenchus* spp. *Helicotylenchus* spp. y *Meloidogyne* spp. y *Radopholus* spp. que generan agallas o nudosidades en las raíces a nivel mundial.
- En el Ecuador los nemátodos dañan el sistema radicular de la caña de azúcar al inyectar toxinas, lo que causa deformaciones (*Meloidogyne* spp) y necrosis (*Pratylenchus* spp).
- El síntoma característico de *Meloidogyne* spp. Es el desarrollo de agallas o nódulos en las raíces provocado por la hipertrofia e hiperplasia que se produce en las células cuando el nematodo inyecta las enzimas; esto da como resultado diversos grados de retraso en el crecimiento, falta de vigor y deficiencias en la planta. Los daños no sólo reducen la producción de cultivos, sino que también reducen su calidad.
- *Pratylenchus* spp. es un nematodo endofítico migratorio que vive en el interior de las raíces y emerge cuando la raíz está completamente descompuesta, ya sea como consecuencia del daño causado o simplemente para migrar a otras raíces, provocando daño a través del tejido cortical al romper la pared celular.
- Los nematicidas químicos a base de furadan en dosis de 5 kg ha suelen ser la forma más eficaz de controlar los niveles altos de *Meloidogyne* spp, y a su vez los medicamentos más populares para este tipo de control incluyen, particularmente aquellos con ingredientes activos fenamifos, oxamil, dicloropropeno (1, 3-D), dazomet, fluopiram y metam-sodio.

- Dependiendo del huésped y de la especie, ferbiplant es el mejor nematicida para *Pratylenchus* porque reduce los nematodos y aumenta el rendimiento.
- El control cultural predomina con la rotación de cultivos.
- El control biológico se efectúa con productos a base de microorganismos como *Pasteuria penetrans*, *Pasteuria hartismeri*, *Pochonia chlamydosporia*, *Bacillus firmus*, *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma* spp

3.2. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones planteadas son:

- Realizar muestreos periódicos del suelo y las raíces para identificar la presencia de nematodos *Meloidogyne* spp y *Pratylenchus* spp. y determinar su densidad poblacional. Esto ayuda a tomar decisiones informadas sobre las medidas de control a implementar.
- Aplicar estrategias de control biológico para el manejo de nematodos en el cultivo de caña de azúcar

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Calvo, J., Vargas, J., & Araya, M. 2016. Control químico de *Phyllophaga* en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Obtenido de <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/5-PLAGAS-2016.pdf>. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Mario-Araya-2/publication/308098656_CONTROL_QUIMICO_DE_Phyllophaga_EN_CANA_DE_AZUCAR_Saccharum_officinarum/links/57d9b19908ae0c0081efba09/CONTROL-QUIMICO-DE-Phyllophaga-EN-CANA-DE-AZUCAR-Saccharum-officinarum.pdf

Cartay Ángulo, 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. *ECA Sinergia*, 10(1), 85-97. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6819755>

Chango Chango, M. A. 2023. Efecto de cinco concentraciones de extractos acuosos de *Pleurotus ostreatus* P. Kumm y *Tagetes minuta* L. en la mortalidad de dos nemátodos en laboratorio. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19061/1/13T01088.pdf>

Chen, D., Zebarth, BJ, Goyer, C., Comeau, LP, Nahar, K. y Dixon, T. (2022). Efecto de la Biofumigación sobre las densidades poblacionales de *Pratylenchus* spp. y *Verticillium* spp. y rendimiento de papa en el este de Canadá. *Revista estadounidense de investigación de la papa*, 99 (3), 229-242. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s12230-022-09875-2>

De Souza Pacheco, J. 2021. Nemátodos como agentes fitopatógenos. Disponible en <https://ecofertilizing.pe/nematodos-agentes-fitopatogenos/>

Desgarenes, D., Carrión, G., Núñez, Á., Zulueta, R., Zárate-Contreras, J. 2011.

Nematofauna asociada a la rizósfera de *Saccharum officinarum* en la región Costa-Centro de Veracruz, México. *Agrociencia*, 45(7), 785-795. Recuperado en 14 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000700004&lng=es&tlng=es

Endara Burgos, D. 2020. Evaluación de la resistencia/ tolerancia a *Meloidogyne* sp. De 10 líneas promisorias de naranjilla. Disponible en <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22046/1/T-IASAI-005580.pdf>

Ferral Manresa, Ceila, Fuentes Chaviano, Pedro Fidel, & Calderón Amézaga, Damarys Mileydis. (2019). Uso de microorganismos eficientes autóctonos, en el manejo de *Meloidogyne incognita* en el cultivo del tomate. *Centro Agrícola*, 46(4), 38-43. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000400038&lng=es&tlng=es

Gamboa Cortés, E. 2019. Identificación taxonómica y molecular de especies del nematodo lesionador de la raíz *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae) asociado a cuatro cultivos de Costa Rica. Disponible en https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/18163/TFG_Eduardo%20Gamboa%20Cort%c3%a9s.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guzmán, M. L., Angel, J. C., Victoria, J. I. 2018. Enfermedades de la caña de azúcar en Colombia. Disponible en https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p265-293.pdf

Guzmán, O; Castaño, J; Villegas, B. 2012. Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. *Agronomía*, (1): 38-50. Disponible en [http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia%2020\(1\)completa.pdf#page=38](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia%2020(1)completa.pdf#page=38)

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2017. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/>

Lagos-Burbano, E., Castro-Rincón, E. 2019. Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomy Mesoamerican*, 917-934. Disponible en <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v30n3/2215-3608-am-30-03-00917.pdf>

Mendoza, D., Rodríguez Jarama, F., Cuenca Cuenca, E., Rivera Fernández, R., Navarrete Cedeño, J. B., & Cañarte Bermúdez, E. (2019). Efecto de cuatro láminas de riego y *Meloidogyne* spp. sobre características agronómicas y de rendimiento de tomate de mesa *Solanum lycopersicum* L. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5380>

Meza Cogollo, R. 2023. Monografía sobre *Pratylenchus*. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jose-Meza-Cogollo/publication/371447203_Monografia_sobre_Pratylenchus/links/6483d68cb3dfd73b77700fce/Monografia-sobre-Pratylenchus.pdf

Morales, J. C. (2001). *Poblaciones de nematodos fitoparásitos (Pratylenchus sp y Meloidogyne sp.) en plantaciones mixtas de café y musáceas* (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2013.). Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/db0d5e12-6036-42cb-84ed-98dd5cb5d23a/content>

Navarrete, N., Naikiat, J., Parrales, M. 2022. Desarrollo local de San Carlos (Ecuador). La caña de azúcar como potencial de emprendimiento. *Revista Espacios*, 43(11). Disponible en <https://www.revistaespacios.com/a22v43n11/a22v43n11p03.pdf>

Neiver Denilson, M. D. (2022). Evaluación de la eficiencia de nematocidas biológicos sobre poblaciones de *Meloidogyne* incognita, en el cultivo de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*), a nivel de invernadero, en el cantón Joya de Los Sachas. Disponible en

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17466>

Osorio Cadavid, G., & de Antioquia, G. 2007. Buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de caña y panela. Disponible en <https://siiba.conadesuca.gob.mx/siica/Consulta/verDoc.aspx?num=49>

Peña-Prades, Midiala, Olivares-Reyes, Noris, Rodríguez-Regal, Mérida, Peña-Rivera, Leonides, Cobas-Elías, Agustín, Cervera-Duverger, Gerardo, & Barquié-Pérez, Odalis. 2018. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la provincia guantánamo, Cuba. *Cultivos Tropicales*, 39(1), 7-14. Recuperado en 14 de septiembre de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000100001&lng=es&tlng=es.

Ramos Vásquez, S. L. (2023). Efecto de un inoculante biológico y microorganismos eficientes en mezcla con un antagonista y un hongo entomopatógeno para el control de *Meloidogyne* spp., y *Pratylenchus* sp., en banano orgánico en Tumbes. Disponible en <http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/64232/TESIS%20-%20RAMOS%20VASQUEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez-Carnero, O., Rodríguez, M., Puchades, Y., La O-García, J., Lora-Reyes, N., Lodo-Vega, Z., Vuelta-Lorenzo, D., García-Perú, A., Bess, G. 2020. Inventario de la nematofauna asociada al cultivo de la caña de azúcar (SACCHARUM SP) en Santiago de Cuba. Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba, vol. 1, núm. 3, pp. 92-107. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/1813/181365138006/181365138006.pdf>

Rosales, L. C. 2022. Nematodos fitoparasíticos que afectan cultivos agrícolas en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28-28. Disponible en http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/25602/144814491650

- Rubia, M. 2003. Manual de Nematología Agrícola. Disponible <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=CNTSP722ZI4569&id=4569>
- Ruiz, M. A. 2020. Importancia del gen Bru1 en el control de la roya café (*Puccinia melanocephala*) de la caña de azúcar: Revisión de Literatura. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d143f09c-e1bc-439f-926f-aa07bad8864e/content>.
- Saldaña Chafloque, C. 2019. Nematodos en caña de azúcar, Virú–La Libertad. TAYACAJA, 2(1). Disponible en <http://revistas.unat.edu.pe/index.php/RevTaya/article/view/34/31>
- Vaca Anchundia, J. A. 2021. Control biológico de *Meloidogyne spp* en áreas cultivadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021). Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9231/E-UTB-FACIAGING%20AGRON-000305.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zelada Ramírez, M. G. 2019. NemaGold “extracto de *Tagetes erecta*” una alternativa para el control del “nematodo de las agallas radicales” *Meloidogyne spp*. En diferentes cultivos agrícolas del Perú. Disponible en <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/4027/AGRO-ZEL-RAM-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

4.2. ANEXOS



Anexo 1. Daños de nematodos causado en las raíces
Fuente: (Paganella 2017)



Anexo 2. Cultivo de Caña de azúcar afectado por nematodos.
Fuente: (Hernández *et al.* 2019)