



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



Trabajo de Titulación

Propuesta de componente práctico del examen de grado de carácter complejo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA:

“Control integrado de nemátodos en el cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.), bajo condiciones de riego en el Ecuador”

AUTOR:

Juan Carlos Ordoñez Guevara

TUTORA:

Ing. Agr. Emma Lombeida García

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación está dedicado en primer lugar a Dios, quien es el guía y que me permite cristalizar cada una de mis metas y proyectos.

También está dedicado al ser que me ayudo a dar mis primeros pasos en la vida estudiantil, mi abuela Juliana Guevara, ya que me enseñó que la vida es dura y que tenía que superarme.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fuerza y sabiduría y por ayudarme a salir de aquellos momentos difíciles que se presentaron en el transcurso de mi carrera.

A mis abuelos Juliana Guevara y Abrahán Ordoñez, por ser los pilares principales que me impulsaron a ser un profesional.

A mi mamá Maritza Ordoñez y mis Hermanos Jessenia, Jeison, Patricio, Karina y José quienes de una u otra forma estuvieron presente y me ayudaron a cristalizar esta tan anhelada meta.

A mi pareja, por apoyarme por brindarme su paciencia, y por haber llegado en ese momento exacto cuando estaba por decaer en mis estudios y que me apoya en todo momento a pesar de las situaciones adversas que se nos presentan.

A los docentes de U.E 29 de Agosto, los cuales más que docentes fueron los amigos que me aconsejaban y compartieron conocimientos que me han ayudado a largo de mi vida.

De igual manera a cada uno de los Ingenieros que impartieron sus conocimientos en las aulas de mi gloriosa facultad FACIAG, los cuales con sus enseñanzas hicieron que crezca día a día como profesional.

Finalmente, expreso mi agradecimiento infinito a mi tutora de tesina, la Ing. Agr. Emma Lombeida García, quien con sus conocimientos, sabiduría y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, Juan Carlos Ordoñez Guevara

DECLARO QUE:

En calidad de autor del componente práctico del examen de grado de carácter complejo con el tema “Control integrado de nemátodos en el cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.), bajo condiciones de riego en el Ecuador”, por la presente autorizo a la Universidad Técnica de Babahoyo, hacer uso de todo el contenido, que me pertenecen de parte de los que contiene este trabajo, con fines estrictamente educativo o de investigación.

Babahoyo 2020

C.I. 1207715093

juancguevara@hotmail.es



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA



CERTIFICACIÓN DE TUTORA

Ing. Agr. Emma Lombeida García

TUTORA

Certifico que el señor Juan Carlos Ordoñez Guevara ha trabajado bajo tutoría el presente componente practico del examen de grado de carácter complejo, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, el mismo que cumple con la reglamentación pertinente, así como lo programado en el plan de esta modalidad de trabajo y reúne la suficiente validez técnica y práctica, por consiguiente, autorizo su certificación.

Babahoyo.....2020

Ing. Agr. Emma Lombeida García

TUTORA

RESUMEN

“Control integrado de nemátodos en el cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.), bajo condiciones de riego en el Ecuador”

AUTOR:

Juan Carlos Ordoñez Guevara

TUTORA:

Ing. Agr. Emma Lombeida García

El arroz es el cereal base para la alimentación de más de mitad de la población ecuatoriana y a nivel mundial, además es uno de los cultivos más importante y extenso en superficie cultivada en el Ecuador. Nutricionalmente es el cereal que más calorías por hectarea proporciona en todo el mundo, además de los beneficiosos aspectos alimenticios y nutricionales, es generador de empleo para la mayor parte de la población rural del Ecuador.

La producción de arroz en el Ecuador se presenta en, cultivo de secano o arroz de invierno y la producción de riego que se da en época veranera, considerándose esta última como la de mayor importancia productiva y que al igual que otros cultivos presenta problemas fitosanitarios de plagas entre ellos los nemátodos. Es por ello que esta investigación se ha centrado en la búsqueda, agrupación y análisis de información y así dar a conocer cuáles son los nemátodos que afectan el arroz en condición de riego, así como también deducir cual es el momento indicado para su control, también se exponen los métodos de control cultural, biológicos y químicos que podrían ser efectuados por pequeños, medianos y grandes productores.

Finalizando con las recomendaciones, se plantea ejercer capacitaciones a los productores para que adquieran los conocimientos técnicos para la detección y control de estos patógenos, al igual que realizar constantes monitoreos al cultivo para detectar de manera oportuna los síntomas en las plantas producidos

por los nemátodos y así aplicar las técnicas adecuadas de control tanto cultural y biológico, de esta manera se logra una agricultura sustentable y que perdure en el tiempo.

Palabras Clave: Cultivo, Arroz de Riego, Producción, Control, Nemátodos.

SUMMARY

“Integrated control of nematodes in the cultivation of
Rice (*Oryza sativa* L.), under irrigation conditions in Ecuador”

AUTHOR:

Juan Carlos Ordoñez Guevara

TUTORA:

Ing. Agr. Emma Lombeida García

Rice is the basic cereal for the food of more than half of the Ecuadorian population and worldwide, it is also one of the most important and extensive crops in cultivated area in Ecuador. Nutritionally, it is the cereal that provides more calories per hectare worldwide, in addition to the beneficial food and nutritional aspects, it is a generator of employment for most of the rural population of Ecuador.

The production of rice in Ecuador is presented in rainfed or winter rice cultivation and the production of irrigation that occurs in the summer season, the latter being considered as the one with the greatest productive importance and that like other crops it presents phytosanitary problems of pests among them the nematodes. That is why this research has focused on the search, grouping and analysis of information and thus make known which are the nematodes that affect rice in irrigated condition, as well as deducing what is the right time for its control, also are exposed control methods Cultural, biological and chemical that could be carried out by small, medium and large producers.

Concluding the recommendations, it is proposed to train the producers so that they acquire the technical knowledge to detect and control these pathogens, as well as carrying out constant monitoring of the crop to detect in a timely manner the symptoms in the plants produced by the nematodes and thus apply the

appropriate techniques of both cultural and biological control, and in this way achieve sustainable agriculture that lasts over time.

Keywords: Cultivation, Irrigation Rice, Production, Control, Nematodes.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL.....	III
CERTIFICACIÓN DE TUTORA.....	IV
RESUMEN.....	V
SUMMARY.....	VII
TABLA DE CONTENIDO.....	IX
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO I.....	4
MARCO METODOLÓGICO.....	4
1.1. DEFINICIÓN DEL TEMA DE CASO DE ESTUDIO.....	4
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	5
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
1.5.1. El arroz.....	6
1.5.1.1. Taxonomía del cultivo de arroz.....	6
1.5.1.2. Importancia.....	7
1.5.2. Mecanismos de producción del arroz en el Ecuador.....	7
1.5.2.1. Arroz de secano.....	8
1.5.2.2. Arroz de riego.....	8
1.5.3. Desarrollo de la planta de arroz.....	9
1.5.3.1. Fase Vegetativa.....	9
1.5.3.2. Fase Reproductiva.....	9
1.5.3.3. Fase de Maduración.....	10
1.5.4. Principales Nemátodos del Arroz de Riego.....	10
1.5.4.1. Hirschmanniella oryzae.....	11
1.5.4.1.1. Taxonomía.....	11
1.5.4.1.2. Características.....	11
1.5.4.1.3. Ciclo de vida.....	12

1.5.4.1.4. Síntomas	12
1.5.4.2. <i>Meloidogyne graminícola</i>	13
1.5.4.2.1. Taxonomía	13
1.5.4.2.2. Distribución	14
1.5.4.2.3. Diseminación	14
1.5.4.2.4. Niveles poblacionales que causan daño al cultivo.....	15
1.5.4.2.5. Síntomas	15
1.5.4.3. <i>Aphelenchoides besseyi</i>	16
1.5.4.3.1. Taxonomía	16
1.5.4.3.2. Características	16
1.5.4.3.3. Ciclo de Vida	17
1.5.4.3.4. Síntomas	17
1.5.5. Manejo Integrado de Nemátodos en el cultivo de arroz bajo condiciones de riego.....	18
1.5.5.1. Toma de muestra para diagnóstico nematológico	19
1.5.5.2. Bases biológicas para aplicar un control	20
1.5.6. Principales Controles Nematológicos.....	21
1.5.6.1. Control Cultural	21
1.5.6.1.1. Barbecho y rotación de cultivo	21
1.5.6.1.2. Solarización	22
1.5.6.1.3. Plantas con productos alelopáticos	23
1.5.6.1.4. Adición de Materia Orgánica y/o Biofumigación.....	24
1.5.6.2. Control Biológico.....	24
1.5.6.2.1. <i>Pasteuria penetrans</i>	25
1.5.6.2.2. <i>Paecilomyces lilacinus</i>	27
1.5.6.2.3. <i>Trichoderma harzianum</i>	28
1.5.6.3. Control Químico	29
1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
1.6.1. Método de Estudio	30
1.6.2. Factores de estudio.....	30
CAPÍTULO II.....	31
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
2.1. Situaciones Detectadas.....	31
2.2. Soluciones planteadas	32

2.3. Conclusiones.....	34
2.4. Recomendaciones.....	35
BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS	42

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los cereales más consumidos a nivel mundial, es sin duda, el arroz (*Oryza sativa L.*). Es considerado producto de primera necesidad, siendo uno de los cultivos más extensos del Ecuador, ya que ocupa más de la tercera parte de la superficie de cultivos transitorios del país debido a que es un producto de mayor demanda. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo, (INEC 2018) en el Ecuador existe aproximadamente una superficie de 301.853 ha sembradas, siendo la provincia del Guayas el pico de producción seguido de Los Ríos, el Oro, y Manabí. Siendo los cantones Daule y Babahoyo los de mayor producción.

El cultivo de arroz en el Ecuador, como lo indica el Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (RIMISP), viene dado en dos ciclos de siembra, invierno y verano. La producción de arroz en invierno, (cultivo de secano), constituye alrededor del 44% de la producción total anual, depende de su gran mayoría de las lluvias, mientras que la producción de arroz de verano (cultivo con riego), constituye el 56% de la producción anual, dependiendo del sistema de riego, sin embargo es importante aclarar que las zonas arroceras del país, presentan mucha variabilidad en factores climáticos lo cual influye en la producción, induciendo a que exista cambios en los datos estadísticos de producción (RIMISP 2012).

Al igual que otros cultivos, el arroz presenta problemas fitosanitarios, entre ellos los nemátodos, que son microorganismos de fácil adaptabilidad en el suelo en especial en aquellos que mantienen humedad, provocando deformaciones en las raíces y en partes aéreas como en los granos, produciendo un trastorno fisiológico, viéndose reflejado como desarrollo anormal de la planta, marchitez, baja producción e incluso la muerte de la misma.

Es importante aclarar que en el país existe muchas especies de nemátodos que atacan el cultivo de arroz, pero en el presente trabajo se procederá analizar únicamente las especies de mayor incidencia e importancia económica en el cultivo de arroz bajo riego. Registrándose el más común en los campos arroceros el agallador de raíces *Meloidogyne graminicola* (Golden y Birchfield 1968), seguido de *Hirschmanniella oryzae* y *Aphelenchoides besseyi*, siendo la provincia del Guayas y Los Ríos donde se ha reportado el mayor número de ataque, provocando que las plantas detengan el crecimiento, pierdan vigor y por ende baje la producción, y a consecuencia se genere pérdidas económicas en los productores (Triviño 1993).

Se ha demostrado que existe muchos métodos para reducir la población de nemátodos, ya sea por medio del control químico, biológico o cultural, sin embargo, muchos de los productores desconocen de estas técnicas o les resulta complicado el acceso a la información debido a que se encuentra en partes separadas o agrupadas dependiendo del control. Es por ello que debido a la importancia del ataque que representan estos nemátodos es necesario la búsqueda, agrupación y análisis de información y así dar a conocer cuál es el control de mayor eficacia que los productores arroceros puedan aplicar.

Objetivo General

Determinar el control de mayor eficacia contra nemátodos, en el cultivo de arroz bajo condiciones de riego en el Ecuador.

Objetivos Específicos

- Estudiar las medidas de control químico, biológico y cultural de nemátodos en las zonas arroceras del Ecuador.
- Deducir cual es el momento adecuado para el control de nemátodos que atacan el cultivo de arroz en condición de riego.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. DEFINICIÓN DEL TEMA DE CASO DE ESTUDIO

El tema presentado en este trabajo de investigación documental, que tiene por objetivo optar por el título de Ingeniero Agropecuario, es el siguiente.

**“Control integrado de nemátodos en el cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.),
bajo condiciones de riego en el Ecuador”**

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El arroz es uno de los cultivos más antiguos del mundo y se siembra en una vasta área, en más de 111 países del mundo. Tiene gran importancia económica y social por ser una actividad agrícola que influye en la economía del Ecuador. Su cultivo se realiza desde el nivel del mar hasta algunos miles de metros de altitud. Por ello, el cultivo de arroz debe enfrentar no solo variedades de climas y suelos, sino también las plagas y enfermedades que han evolucionado con la especie a lo largo de la historia de su cultivar (FAO 2015).

Al igual que otros cultivos, el arroz presenta problemas de nemátodos de importancia económica, en plantaciones de producción bajo riego y seco. Estos producen daños directos e indirectos, al alimentarse de las plantas o como vector de virus y enfermedades, y como consecuencia se presenta un desarrollo anormal de la planta, que conlleva a la manifestación de diversos síntomas como enanismo, retraso en el desarrollo vegetativo, bajo rendimiento, y de esta manera afecta económicamente a los agricultores arroceros.

Existen diferentes métodos para reducir la población de nemátodos, ya sea a través de productos químicos, biológicos como el uso de bacterias u hongos parasitarios, culturales con la rotación de cultivo o también la aplicación de

productos orgánicos. Dada la importancia que representan los nemátodos a nivel nacional por la reducción del rendimiento, es necesaria la búsqueda y análisis de información de los diferentes métodos, para así dar a conocer el método que asegure la reducción de las poblaciones de nemátodos en arroz en condiciones de riego, donde el manejo de nemátodos es muy complejo.

1.3. PREGUNTAS ORIENTADAS PARA EL ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Según el tema de estudio: “Control integrado de nemátodos en el cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.), bajo condiciones de riego en el Ecuador”, se plantearon las siguientes preguntas para su posterior análisis.

¿Cuáles son los nemátodos que atacan el cultivo de arroz en condiciones de riego?

¿Cuáles son los métodos para el control de nemátodos en cultivo de arroz en condiciones de riego?

¿Cuál es el método de control de nemátodos más adecuado, sin contaminar el ambiente y que permita mantener una agricultura sustentable y sostenible en el tiempo?

1.4. JUSTIFICACIÓN

La producción de arroz bajo riego en el Ecuador es una de las fuentes de alimento de millones de personas del país y el mundo, pero se está viendo afectada por el ataque de nemátodos, impidiendo la absorción de nutrientes del suelo y de agua, dando una apariencia clorótica, enanismo, retraso en el desarrollo vegetativo y en casos críticos la muerte de la planta. Es por ello que, la importancia de esta investigación radica en el desconocimiento de los agricultores sobre los diferentes controles que existen para el manejo de nemátodos en el cultivo de arroz, con esta investigación se logrará dar a conocer a los agricultores el control más adecuado sin contaminar el medio ambiente y mantener una agricultura sustentable y sostenible en el tiempo.

1.5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.5.1. El arroz

1.5.1.1. Taxonomía del cultivo de arroz

Según el Centro Internacional de Agricultura Tropical, la clasificación taxonómica del arroz es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Tipo: Espermatofitas

Subtipo: Angiospermas

Clase: Monocotiledóneas

Orden: Glumifloras

Familia: Gramíneae

Subfamilia: Panicoideas

Tribu: Oryzae

Subtribu: Oryzineas

Género: *Oryza*

Especie: *O. sativa* L.

(CIAT, 2010)

(Romero, 2003), menciona que, el arroz es una planta que pertenece a la familia de las Gramíneas o Poaceae, del latín gramínea que significa “Hierba”, la familia de las gramíneas se caracteriza por ser la tercera más grande de todas las documentadas por los científicos. Que incluye 600 – 650 generos de plantas, con 9.000 – 10.000 especies

En el Ecuador, se tiene noticias del arroz desde el año 1774, en esta época se documentan datos de producción de la zona de Yaguachi, Babahoyo y Baba de 60, 100 y 200 qq/ha de arroz respectivamente, en la actualidad, el 95% de la superficie destinada al cultivo de arroz se encuentra en la Costa, el 92% está en las Provincias del Guayas y Los Ríos. Las principales zonas productoras de arroz, están ubicadas por debajo de los 10 msnm, en estas zonas la temperatura promedio es de 24 a 30 °C siendo estas Daule, Santa Lucía, Samborondón, Yaguachi, Palestina, Naranjal, Salitre y Simón Bolívar en la Provincia del Guayas. Y Babahoyo, Vinces, Baba y Urdaneta en la Provincia de los Ríos (Celi y Hurtado, 2007).

1.5.1.2. Importancia

El arroz ocupa el segundo lugar en el mundo después del trigo, en cuanto a superficie sembrada, con 155 millones de hectáreas, de las cuales el 80% son productores de hasta 20 hectáreas, ocupando aproximadamente el 11% de la población económicamente activa del sector rural.

La importa del sector arrocero del país radica en que el arroz es uno de los principales productos de la canasta básica de los hogares ecuatorianos. En su estructura productiva, la mayor parte de las UPAs les pertenece a los pequeños productores. La mayor parte de la producción arrocera, el 95% se destina al consumo interno, dejando el 5% del producto para la exportación (Poveda y Andrade, 2018).

1.5.2. Mecanismos de producción del arroz en el Ecuador

El agua es un recurso que influye decisivamente sobre las condiciones en que se desarrolla el cultivo de arroz, de allí que lo relacionado con su disponibilidad, forma de permanencia en el suelo y su manejo. Son variables que sirven de base para diferenciar las áreas arroceras en zonas de secano y zonas de riego:

1.5.2.1. Arroz de secano

La producción de arroz de secano (Arroz de Invierno), es decir se cultiva en período lluvioso que inicia a finales de diciembre, hasta el mes de mayo, enfrenta varias limitaciones que hace que la inversión sea riesgosa para los productores, principalmente por deficiencia o exceso de agua.

Estas áreas arroceras se localizan de preferencia en los cantones Yaguachi, Babahoyo, Urdaneta, Daule Pueblo Viejo. Cubren un área equivalente al 30% del total nacional. El tamaño promedio por explotación fluctúa entre 20 y 50 ha, en términos generales, (INIAP, 2014).

1.5.2.2. Arroz de riego

El sistema de producción bajo condiciones de riego, permite una mayor productividad por hectárea. Se cultiva en épocas lluviosas y secas (primer y segundo semestre del año) y utiliza infraestructuras e influye canales de riego y drenaje y un alto grado de nivelación.

El área de producción está localizada en los cantones Nobol, Daule, Santa Lucía, Palestina, Yaguachi, Samborondón, Salitre y Naranjal en la provincia del Guayas, El Triunfo, Urdaneta, Baba, Babahoyo en la Provincia de los Ríos, en la Provincia de Loja, Macará y el Cantón Rocafuerte en Manabí. Y cubren en total el 60% de las zonas sembradas.

Según la (FAO, 2015), Indica que este mecanismo de producción en ambiente húmedo y cálido es ideal para el arroz y también donde los diferentes organismos plaga prosperan y dañan al cultivo. Más de 100 especies son consideradas plagas del arroz, pero solamente 20 de ellas tienen importancia económica, entre ellos los nemátodos. Estas especies atacan todas las partes de la planta en algún momento de su desarrollo, las cuales en determinadas condiciones constituyen uno de los factores limitantes de mayor importancia a este tipo de sistema de producción.

1.5.3. Desarrollo de la planta de arroz

(FAO, 2005), menciona que el desarrollo de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende un ciclo completo desde la germinación hasta la maduración del grano. También se podría decir que el desarrollo de la planta de arroz es un proceso de cambios fisiológicos y morfológicos que tienen lugar en la planta y modifica su funcionamiento, estos procesos se dividen en tres fases principales: Fase vegetativa, Fase reproductiva y Fase de maduración.

1.5.3.1. Fase Vegetativa.

El mismo autor indica, que por lo general la fase vegetativa dura de 55 a 60 días y comprende desde la germinación de la semilla, emergencia, macollamiento (ahijamiento), hasta la diferenciación del primordio floral. En la fase vegetativa es cuando se determina en gran parte, el número de espigas por planta o por unidad de superficie, debido principalmente al macollamiento de las plantas, lo cual es uno de los 3 componentes de rendimiento de una plantación de arroz.

1.5.3.2. Fase Reproductiva

La fase reproductiva incluye el período desde la formación del primordio floral, embuchamiento, hasta la emergencia de la panícula (floración). Esta fase dura entre 35 y 40 días, en esta fase se determina el número de granos por panícula, que es también otro de los 3 componentes de rendimiento en la producción de un cultivo de arroz.

1.5.3.3. Fase de Maduración

Abarca desde la emergencia de la panícula, el llenado y desarrollo de los granos (estado lechoso y pastoso) hasta la cosecha y dura de 30 a 40. Y se considera que en esta fase del desarrollo se determina el peso del grano a la madurez, por lo que es el tercero de los 3 componentes de rendimiento en una plantación de arroz.

En general la fase vegetativa y maduración de las variedades de arroz que se cultivan actualmente, son consideradas las más importantes, ya que estas aseguran un rendimiento óptimo del cultivar, es por ello que al momento de realizar un monitoreo y control de nemátodos se pone en consideración dichas fases, (Cevallos et al. 2007).

1.5.4. Principales Nemátodos del Arroz de Riego

Existen muchas limitaciones, tanto abióticas como bióticas, que pueden reducir el rendimiento del arroz y la calidad de la semilla. Entre las restricciones bióticas se encuentran los nemátodos parasitarios de plantas. *Aphelenchoides besseyi*, *Ditylenchus angustus*, *Hirschmanniella oryzae*, *Meloidogyne graminícola*, y varias especies de otros géneros como *Pratylenchus*, *Hoplolaimus*, *Criconemoides* y *Tylenchorhynchus* han sido reportados en el cultivo de arroz tanto en riego como en seco. (Myint et al. 2010).

Según (Triviño, 2007), En el Ecuador los principales problemas nematológicos que presenta en cultivo en condiciones de riego, están concentrado en la Provincia del Guayas y Los Ríos, jugando un papel importante y dan cuenta de las pérdidas de rendimiento en un 90%, los nemátodos de mayor importancia económica y más comunes en los campos arroceros de riego son: Los lesionadores de raíces, *Hirschmanniella oryzae* y *Meloidogyne graminícola*, seguido del lesionador de hojas y granos *Aphelenchoides besseyi*.

1.5.4.1. Hirschmanniella oryzae

Según (Myint et al. 2010). *Hirschmanniella oryzae* es el nemátodo parasitario de plantas más común en el arroz de regadío, especialmente en áreas con una larga historia de cultivo de arroz donde las plantas se inundaron constantemente, este nemátodo se adapta perfectamente a las constantes condiciones de inundación en las que a menudo se cultiva arroz, es una de las pocas especies de nemátodo parasitario de plantas que puede sobrevivir en condiciones anaeróbicas.

1.5.4.1.1. Taxonomía

Dominio: eucariota

Reino: Metazoa

Filo: Nematoda

Familia: Pratylenchidae

Género: Hirschmanniella

Especie: *Hirschmanniella oryzae*

(CABI, 2011)

1.5.4.1.2. Características

Es un endoparásito migratorio, las hembras, machos y juveniles tienen forma de lombriz, estos nemátodos oscilan de entre 0,9 a 2 mm, el marco cefálico se encuentra bien desarrollado internamente y aplanado en sentido anterior a hemisférica, el estilete es decir la boca es relativamente corto, con solo tres a cinco veces la longitud del diámetro del cuerpo en la placa basal. Hay superposición ventral del esófago con el intestino, las hembras son didelfo, que contienen los ovarios emparejados, los fásmidos se encuentran en el tercio posterior de la cola que son de tres a cinco veces más largo que el ancho del

cuerpo en el ano donde se estrecha y generalmente termina en un punto o mucron. En los machos, no hay aleta caudal, se encuentra envolviendo la cola, (Triviño, 2007).

1.5.4.1.3. Ciclo de vida

Poseen dimorfismo sexual, es decir, los sexos están separados y la reproducción es bisexual, después de la fertilización, las hembras adultas ponen huevos de forma ovalada, principalmente dentro de la corteza, que miden 66 - 72 μm de largo por 26 – 40 μm de ancho que eclosionan después de 4 a 5 días mientras están dentro de la raíz. Durante su desarrollo realizan cuatro mudas, el primero de los cuales ocurre en el huevo, el juvenil es la etapa 2 de eclosión, mientras migra y se alimenta de células en la corteza, luego completa su tercera muda sucesiva, y después de la muda final emerge hembras y machos adultos inmaduros con gónadas aun no completamente desarrolladas. El ciclo de vida completa de *Hirschmanniella oryzae* toma un mes desde el huevo para convertirse en un adulto, (CABI, 2011).

1.5.4.1.4. Síntomas

Los síntomas de la infección no se identifican fácilmente en los tejidos por encima del suelo, sin embargo, los eventos durante una infección en el arroz han sido bien estudiados. Se ha encontrado que *Hirschmanniella oryzae* puede penetrar en cualquier lugar a lo largo de las raíces, excepto en las puntas o en las raíces laterales delgadas (Anexo 1).

Los nemátodos penetrados pueden ingresar a la raíz por completo o simplemente incrustar sus cabezas en la corteza, mientras migran a través de la corteza, se puede encontrar *H. oryzae* alimentándose de células corticales o haces vasculares en cualquier lugar dentro de la raíz. Sin embargo, existe un sesgo hacia la alimentación celular en la base de los pelos radiculares que resulta en la destrucción del vello radicular, (Nemaplex, 2018).

El mismo autor menciona que, las raíces infectadas pueden mostrar primero un color amarillento a marrón que eventualmente se oscurece, y las raíces muy infectadas descomponerse después de volverse marrón o negras. Estos síntomas subterráneos comienzan por la formación de pequeñas lesiones marrones en los puntos donde los nemátodos han roto la superficie y han ingresado. Después de estos primeros síntomas, las células epidérmicas dañadas pueden volverse necróticas y pueden formarse cavidades dentro de las raíces como consecuencia de las células corticales dañadas. En la parte foliar la planta torna amarillenta lo que tiene como resultado un gran número de granos vamos, cuyos daños pueden garantizar la pérdida de un 20% de la producción (Anexo 2).

1.5.4.2. Meloidogyne graminícola

1.5.4.2.1. Taxonomía

Según, la Organización Europea y Mediterránea de Protección Fitosanitaria (EPPO) la clasificación taxonómica de *M. graminícola* es la siguiente:

Phylum: Nematoda

Clase: Chromadorea

Orden: Tylenchida

Superfamilia: Tylenchoidea

Familia: Meloidogynidae

Subfamilia: meloidogyninae

Género: Meloidogyne

Especie: *M. graminícola*

(EPPO 2016)

Es un endoparásito sedimentario, esto quiere decir que las hembras se encuentran en el interior del tejido de la raíz, tiene forma ovoide o de limón y posee cono vulvar. Se reproduce por partenogénesis, los huevos son expulsados

en una masa gelatinosa o matriz sobre la superficie de la corteza de la raíz; posee una alta tasa de reproducción que oscila entre 400 y 1200 huevos durante su ciclo de vida y de cada uno sale un nemátodo juvenil (J), el segundo estadio (J2) que es el único que pasa parte de su vida en el suelo. Para alimentarse penetra la raíz y al inyectar enzimas causan las agallas. Los otros estadios juveniles J3 y J4 se forman en el tejido, antes de ser adultos no se alimentan y el 90% son hembras.

El nemátodo también puede sobrevivir en suelos inundados a una profundidad de 1 m durante al menos 5 meses. En condiciones de inundación, los J2 no pueden infectar las plantas de arroz, pero cuando se drenan los campos, reanudan su infectividad atacando las puntas de las raíces. La humedad óptima del suelo para *M. graminícola* es entre 20-30%. La temperatura óptima del suelo para el desarrollo de nemátodos varía de 22 a 29 ° C. En estas condiciones óptimas, *M. graminícola* completa su ciclo de vida en 19-27 días con arroz, (Dutta et al. 2011).

1.5.4.2.2. Distribución

En la provincia del Guayas está presente en plantaciones de Puerto Inca, Naranjal, El Triunfo, Mariscal Sucre, Yaguachi, Taura, Samborondón, Daule, Santa Lucía, Palestina y en sectores arroceros de la provincia del Cañar. Desde el 2002 en la estación experimental Boliche, se han registrado altas densidades poblacionales de *M. graminícola* (> 1000 nemátodos/10g de raíces) en muestras provenientes de plantaciones de Vinces, Pueblo Viejo, San Juan, Montalvo, y Babahoyo en la provincia de los Ríos, (Triviño 2007).

1.5.4.2.3. Diseminación

La propagación natural es muy limitada, ya que los juveniles solo pueden moverse a corta distancia hacia las raíces en el suelo. Este y otros nemátodos se diseminan a través del suelo que queda adherido en el tractor, rastra, cosechadoras, después de haber operado en campo infestado. También, se disemina mediante la siembra de semillas de planas infestadas en los semilleros

y a través del agua de riego, ya que *M. graminícola* puede vivir en el suelo saturado de humedad es decir en plantaciones bajo riego y en siembra en seco, (Singh 2010)

1.5.4.2.4. Niveles poblacionales que causan daño al cultivo

Cualquier población de *M. graminícola* causa daño a la planta de arroz, sin embargo, se recomienda tomar medidas de control si se registran niveles desde 200 J2 por 100 cm³ de suelo, también se ha determinado que 1000 J2 por planta de arroz presentes inmediatamente después del trasplante puede reducir la estatura, número de macollos y la producción por planta en un 6%. Se ha observado que 2000 J2 atacando las raíces desde los 30 ddt puede causar reducción del número de macollo en 18% y la producción en un 16%. Poblaciones de 5000 J2 en una planta después del trasplante, han reducido la producción en un 48%, (Triviño 2007).

1.5.4.2.5. Síntomas

Los síntomas típicos que se describe cuando hay ataque de *M. graminícola* es a formación de pequeñas agallas en la punta de las raíces (Anexo 3). Sin embargo, en muestras provenientes de las plantaciones y analizadas en la estación experimental boliche, se ha determinado que, aparte de las agallas que generalmente están en la punta de las raíces más delgadas, en todo el sistema radicular se forman áreas un poco más engrosadas que dan una apariencia de raíces sanas, mismas que están llenas de miles de huevos y hembras del nemátodo. Por esto, para el diagnóstico correcto del problema, no basta con la observación de agallas, sino que hay que recurrir al análisis en un Laboratorio especializado. Además, las plantas muy infestadas no desarrollan y el follaje se vuelve amarillo clorótico, espiguillas sin relleno y reducción del rendimiento de macollaje (Anexo 4). Llegando a causar pérdidas de hasta el 60 % de la producción en el campo, (Sharma 2006).

1.5.4.3. Aphelenchoides besseyi

1.5.4.3.1. Taxonomía

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Clase: Secementea

Subclase: Diplogastasteria

Orden: Tylenchida

Familia: Aphelenchoididae

Subfamilia: Aphelenchoidinea

Género: Aphelenchoides

Especie: *A. besseyi*

(Karssen y Groza 2018)

1.5.4.3.2. Características

Aphelenchoides besseyi, es un nemátodo saprófago ya que vive en el suelo y en las cavidades producidas por los insectos, son ectoparasitario, lo que significa que se alimenta externamente del tejido vegetal, estos nemátodos migran, se alimentan y se reproducen solo en la lámina de agua que hay sobre las hojas y entran a los espacios intercelulares a través de los estomas, este nemátodo se asocia con mayor frecuencia con la enfermedad en la que las hojas de la planta de arroz se vuelven blancas en las regiones meristemáticas seguida de necrosis, (EPPO 2004).

El mismo autor hace referencia que las hembras presentan cuerpo delgado, recto y ligeramente arqueado ventralmente cuando esta relajado. Región cefálica redondeada, no estriado, ligeramente desplazado y más ancho que el cuerpo en la base del labio, poro excretor generalmente cerca del borde anterior del anillo nervioso. Al final de la cola presenta mucron, la longitud total del cuerpo de 0,77 – 1,20 mm. Mientras que los machos, son tan numeroso como las hembras, el extremo posterior del cuerpo es curvado alrededor de 180 grados,

cola de forma conoide, con mucron terminal, por lo general alcanzan una longitud de 0,54 – 0,62 mm.

1.5.4.3.3. Ciclo de Vida

(Cavallini 1998), menciona que la etapa de supervivencia de *A. besseyi* es permanecer anhidrobiótico (Viven en ausencia de agua o son capaces de resistir la desecación viviendo con muy poca) en las semillas hasta la siembra. A medida que las plantas circundantes crecen, los nemátodos se activan y se alimentan de los tejidos meristemáticos. *A. besseyi* se reproduce anfimicticamente (es decir con intervención sexual), a medida que la planta comienza a alcanzar la madurez reproductiva el número de nemátodos aumenta dramáticamente. Los nemátodos migran para alimentarse de la estructura reproductiva que finalmente se asientan en la semilla de arroz en desarrollo, a medida que el grano se seca, el nemátodo se deseca lentamente y puede permanecer viable en el grano hasta por tres años. El ciclo de vida de *A. besseyi* es generalmente corto y consiste alrededor de 8 a 12 días.

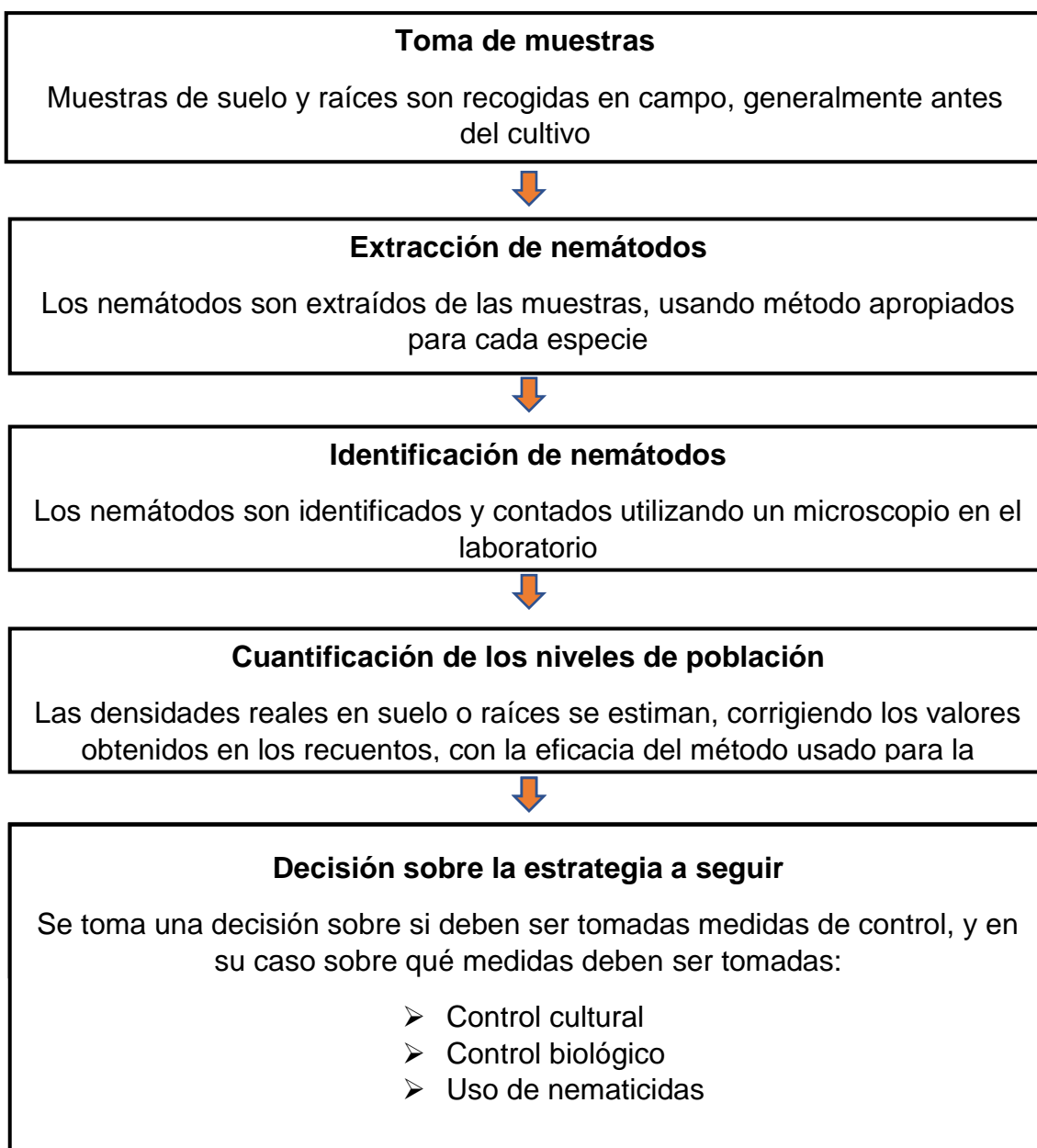
1.5.4.3.4. Síntomas

Las plantas de arroz susceptible a *A. besseyi* pueden presentar síntomas, pero la pérdida de rendimiento solo ocurre en las plantas que muestran algunos síntomas. Durante el desarrollo temprano, el síntoma más visible es la aparición de las puntas cloróticas de las hojas nuevas, estas puntas luego se secan y rizan mientras que el resto de la hoja puede parecer normal. Las hojas jóvenes de los macollos infectados pueden mancharse con un patrón de salpicaduras blancas o tener áreas cloróticas distintas. Los márgenes de las hojas pueden estar distorsionados y arrugados, pero la vaina de la hoja no presenta síntomas. La viabilidad de las semillas infectadas por *A. besseyi* se reduce y la germinación se retrasa y las plantas enfermas reducen el vigor y la altura, las panículas son más cortas, con menos espiguillas y una menor proporción de granos llenos (Anexo 5), (Wu et al. 2016).

1.5.5. Manejo Integrado de Nemátodos en el cultivo de arroz bajo condiciones de riego

Según (Talavera, 2010), Con el desarrollo del concepto de manejo integrado de plagas, el seguimiento de las plagas y enfermedades en el campo se ha convertido en un componente importante de la agricultura moderna. Mediante la toma de muestras periódicas se determinan los niveles de infestación en suelo, infección en planta y los modelos de distribución en campo. Esta información se usa para determinar la estrategia de protección del cultivo de forma que la población se mantenga a niveles que no causen pérdidas o bien que estas sean tolerables.

En general un programa de control integrado de nematodos sigue el siguiente esquema:



1.5.5.1. Toma de muestra para diagnóstico nematológico

Según (Talavera, 2003), Para la confirmación de un diagnóstico en campo, siempre será necesario el análisis de muestras de suelo, raíces o partes que se consideren afectadas en el laboratorio que nos permitan confirmar la presencia de los nemátodos sospechados, debido a que los nemátodos no pueden ser

observados directamente en el campo, deben ser extraídos del suelo o muestras vegetales y luego identificados y contados al microscopio.

Si el cultivo está en pie, deberá tomarse muestras de raíces y suelo, para confirmar que los nemátodos son la causa del problema. En tal caso, el mejor momento para hacer un muestreo de las poblaciones de nemátodos en campo es desde la mitad hasta el final de la estación de crecimiento del cultivo, cuando los nemátodos están más activos y las densidades son más elevadas, (Talavera 2003)

El mismo autor menciona que, Cuando el muestreo se realiza previo al cultivo, las muestras deben ser tomadas antes de la siembra y siempre antes de cualquier tratamiento con plaguicidas o fertilizantes. Las densidades de nemátodos obtenidas permitirán predecir si los niveles en suelo son suficientemente altas como para causar daño en el cultivo y si algunas medidas de control son necesarias.

1.5.5.2. Bases biológicas para aplicar un control

- Los principales nemátodos fitopatógenos son endoparásitos y de naturaleza polífaga (*Meloidogyne spp.*), con lo que pueden parasitar muchos de los cultivos establecidos en la rotación.
- La distribución de los nemátodos en el suelo es irregular formando rodales o focos.
- Su principal mecanismo de dispersión es pasivo (movimiento de tierra, herramientas o materiales vegetales infectados). No obstante, son capaces de desplazarse distancias cortas (0,5 – 1m) y colonizar nuevas áreas o escapar de condiciones ambientales no propicias, siguiendo gradientes de temperatura y/o humedad.
- Los principales factores que favorecen el desarrollo de las enfermedades causadas por nemátodos son las densidades de nemátodos en el suelo al inicio del cultivo, la susceptibilidad del cultivo y la temperatura de suelo

(temperatura por debajo de 15°C y superiores a los 35°C disminuyen las capacidades infectiva y reproductiva de los nemátodos) (Talavera 2018).

1.5.6. Principales Controles Nematológicos

Hasta hace poco las opciones disponibles para el control de nemátodos dependían de la intensidad y rendimiento del cultivo, ya que cuando el rendimiento se estimaba alto, se usaban rutinariamente desinfectaciones del suelo con nematicidas, mientras que, si el rendimiento económico del cultivo era bajo, se usaban programas de manejo integrado, incluyendo rotación y/o variedades resistentes. No obstante la preocupación entre consumidores y organizaciones por los riesgos ambientales de los nematicidas , así como el énfasis puesto en una agricultura sostenible por organismos internacionales ha cambiado drásticamente la situación y de la excesiva confianza en los nematicidas, se debe pasar urgentemente a otros sistemas que integren métodos alternativos de control compatibles con el respeto al medio ambiente, (Talavera, 2010)

Existen diversos métodos de control nematológicos alternativos al control químico, desde los tradicionales como el barbecho o la rotación de cultivo, todos ellos tienen ventajas e inconvenientes y ninguna estrategia por si sola parece ser satisfactoriamente efectiva, por lo que el acercamiento más productivo al control nematológico debería involucrar la integración de varios métodos, como prevención, medidas culturales, resistencia y control biológico, (Talavera y Verdejo, 2015).

1.5.6.1. Control Cultural

1.5.6.1.1. Barbecho y rotación de cultivo

Debido al énfasis actual sobre la protección del medio ambiente, salud humana y animal combinados con el uso extensivo de aplicación de agroquímicos, ha sido necesario implementar nuevas alternativas de control de

nemátodos. El barbecho y la rotación de cultivo, controlan eficientemente a la mayoría de los nemátodos. Un barbecho estricto por si solo de 1 – 2 años normalmente reducirá las poblaciones de nemátodos en un 80 – 90%. Este efecto puede lograrse en tan solo una estación introduciendo otras medidas culturales. sin embargo, barbechar puede ser inaceptable para el agricultor debido a la potencial pérdida de materia orgánica, peligro de erosión y pérdida de tiempo productivo, (Lezaun, 2016).

El mismo autor hace referencia que, en combinación, el barbecho como la rotación de cultivo, la mayoría de las especies de nemátodos fitoparásitos reducen sus poblaciones en 75 – 90% por año, en cualquier caso, las mala hierbas en especial las gramíneas, deben ser eliminadas para evitar que sirvan como hospedadores alternativos a los nemátodos, tanto durante el cultivo como en los períodos si cultivo.

Según (Triviño 2007), no se debe sembrar maíz o sorgo en campos infestados con nemátodos arroceros en especial de *M. graminícola*, lo más aconsejable es rotar durante dos o más ciclos continuos con plantas resistentes a estos nemátodos como soya, fréjol, melón, sandía, ajonjolí entre otras.

1.5.6.1.2. Solarización

Según (Gaur y Perry, 1991), La solarización del suelo es un método de control particularmente eficaz en las zonas de elevada radiación solar, consiste en un proceso hidrotérmico por el cual la temperatura del suelo, particularmente en las capas superficiales, resulta incrementada en varios grados durante parte del día.

La técnica consiste en poner 1 o 2 láminas de plástico transparente, donde se considere se encuentre la concentración de los nemátodos, a fin de incrementar su temperatura durante un período prolongado de tiempo. Para que sea más efectiva el suelo debe alcanzar temperaturas mayores a 45°C, en los

primeros 30 cm de profundidad y debe mantenerse durante un período de 6 a 12 semanas, (Talavera y Verdejo, 2015). En áreas extensas es considerable no usar lámina de plástico, en lo cual el suelo luego del arado se lo dejaría expuesto a la radiación solar, con lo que se lograría eliminar tanto huevos como juveniles de nemátodos.

La solarización es más efectiva si el suelo se mantiene húmedo, pues así se incrementa la conductividad térmica del suelo, al igual que a los nematodos la solarización inactiva o debilita muchos organismos del suelo (hongos, bacterias, artrópodos y semillas de malas hierbas) generalmente perjudiciales para el cultivo, mientras que otros microorganismos (de naturaleza saprofítica) sobreviven al proceso y colonizan el suelo evitando la fácil reinfestación, (Bello et al. 2001).

1.5.6.1.3. Plantas con productos alelopáticos

Según (Armendariz et al. 2015), en los últimos años en las nuevas investigaciones en el campo del control de nemátodos, se están empleando nuevas alternativas como lo son las sustancias químicas de extractos vegetales, que tienen un adecuado control de nemátodos fitoparásitos y que, a la vez, no causan trastornos a la salud humana y animal. Entre esas alternativas, están las plantas que liberan productos nematicidas al suelo, bien durante su crecimiento o bien como resultado de la descomposición de sus residuos, por ejemplo, las raíces de sorgo contienen un compuesto químico (dhurrin), que se degrada en cloruro de hidrógeno que es un nematicida poderoso

Otro ejemplo son los glucosinatos e isothiocinatos, resultado de la descomposición de las Brassicas. El cultivo previo de estas plantas disminuye el inóculo de nemátodos fitoparásitos presente en el suelo, la eficiencia del cultivo de plantas alelopáticas se ve incrementada si los residuos del cultivo se incorporan al suelo como enmiendas orgánicas por su actividad biofumigante, (Talavera y Verdejo, 2015).

1.5.6.1.4. Adición de Materia Orgánica y/o Biofumigación

Según, Rodríguez (1996), el aporte de materia orgánica al suelo para aumentar la fertilidad y manejar los patógenos es una que se ha venido realizando desde el comienzo de la agricultura, con efectos beneficiosos tanto sobre los parámetros físicos como químicos y biológicos. Se ha empleado una amplia gama de materiales para ser utilizados como enmiendas orgánicas en el manejo de nemátodos fitoparásitos.

En suelos infestados con nemátodos *Meloidogyne spp* la incorporación de materia orgánica en forma de abono, estiércol, gallinaza o residuos agroindustriales (melaza de caña de azúcar, remolacha) han mostrado ser un método de control satisfactorio, lo que parece deberse al incremento en las poblaciones de microorganismos antagonistas de los nemátodos y a los gases que se liberan durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, (Talavera y Verdejo 2015).

Generalmente, cualquier material orgánico puede actuar como biofumigante dependiendo su actividad principalmente de la dosis. Su práctica está limitada por la adición de grandes cantidades de materia orgánica al suelo (>50t/ha y 12.000l/ha), por la disponibilidad de la misma y los costos de transporte. El uso de la materia orgánica combinada con otras alternativas, como por ejemplo la solarización puede incrementar su eficiencia, pudiendo utilizarse cantidades menores de materia orgánica sin perder efectividad y reduciendo costos, (Lezaun 2016).

1.5.6.2. Control Biológico

En los últimos años ha surgido una preocupación por los riesgos ambientales del uso irracional de agroquímicos, en particular el uso de nematicidas. Esta preocupación a promovido el desarrollo de nuevas estrategias de protección del cultivo siendo el control biológico una de las más importantes. El control biológico es ahora una estrategia clave para el control de plagas en

todo el mundo y tiene como fundamento el uso de organismos para suprimir la densidad de poblaciones o impacto de nemátodos que afectan al cultivo de arroz, (INTAGRI, 2015)

El mismo autor menciona que los agentes de control biológico son numerosos organismos como hongos y bacterias, que se encuentran de forma natural en el suelo, entre los cuales destaca la bacteria *Pasteuria penetrans* y los hongos *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum*, pero en muchos casos las poblaciones son mínimas y no es posible pensar en un biocontrol efectivo.

1.5.6.2.1. *Pasteuria penetrans*

En el suelo existen muchos enemigos naturales de los nemátodos fitoparásitos, entre ellos están nematodos depredadores, ácaros, bacterias y principalmente hongos que son los más comunes. La mayoría de ellos no han sido desarrollados como productos comerciales para el control biológico de nemátodos, sin embargo, con el uso de materia orgánica encuentran el medio apropiado para la multiplicación natural, (Lezaun, 2016).

En plantaciones de ciclo cortos se han encontrado a *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum* asociados con las masas de huevo del nemátodo agallador de raíces. Sin embargo, el principal enemigo natural de *Meloidogyne graminícola* que se ha aislado con frecuencia, es la bacteria *Pasteuria penetrans*, parásito obligado de este nemátodo, (Butt et al. 2000).

El desarrollo de la bacteria ocurre la mayoría de las veces en sincronía con el desarrollo del nemátodo agallador dentro de las raíces, las esporas diseminadas en el campo se multiplican en el interior del nemátodo, con 2 o 3 esporas que se adhieran al segundo estadio juvenil quedan parasitados y seis semanas después cada hembra podrá liberar al suelo aproximadamente 2 millones de esporas, algunas veces los machos también han sido encontrados completamente llenos de endosporas, los cuales después de su muerte, al igual

que las hembras, se descomponen y proporcionan la liberación de la bacteria al suelo, (Darban y Pembroke, 2003).

Por el movimiento lento de los nemátodos no es tan fácil la adhesión de las esporas, de allí que la reducción de la densidad poblacional del nemátodo en el campo es lenta pero progresiva. Resultados de eficacia en el país muestran que la incorporación de *P. penetrans* en campos de producción han reducido la población de *Meloidogyne* hasta más del 50%. No hay que olvidar que en campo hay mezclas de varios géneros de nemátodos y que *P. penetrans* solo afecta a *Meloidogyne*, de allí que es conveniente usarla en asociación con otros agentes biológicos como *Trichoderma* y *Paecilomyces lilacinus*, (Meyer y Roberts, 2002). Resultados de eficiencia efectuados en el país muestran que la incorporación de *P. penetrans* en campos de producción han reducido la población del nemátodo en la zona de Boliche, Babahoyo, Península de Santa Elena y los valles del Chota y Catamayo, (Navia y Triviño, 2003).

Pasteuria penetrans al ser un parasito obligado de *Meloidogyne*, debido a ello resulta fácil su multiplicación, inoculando los nemátodos del segundo estadio juvenil (J2) infectados con las esporas en plantas susceptibles al nemátodo, por ejemplo, en plantas de tomate, ya que por la abundante masa radicular que tiene y por ser una planta indicadora de varias especies de nemátodos, se la utiliza para multiplicación masiva de *P. penetrans*. Esta característica es lo que favorece al agricultor para que la bacteria se multiplique sola en el campo sin necesidad de realizar muchas aplicaciones, (Triviño, 2001).

Otra buena práctica para aprovechar las esporas naturales de *P. penetrans* y reducir los niveles de nemátodos, es extrayendo raíces del campo, con antecedentes de estar la bacteria, secarlas al sol, cortarlas en pedazos más pequeños e incorporarlas en los parches problemas o en los semilleros, tecnología que ha sido desarrollado en el INIAP para el control de *Meloidogyne spp* en hortalizas (Triviño, 2007)

1.5.6.2.2. *Paecilomyces lilacinus*

(Mendoza y Kiewnick, 2008), publican que. *P. lilacinus* es un hongo que controla fitonemátodos, este hongo parasita huevos, adultos y quistes de nemátodos. También puede afectar nemátodos móviles que estén fuera de las raíces, de modo que puede infectar cualquiera de estos estadios del nemátodo, causándoles la muerte o evitando que el nemátodo complete su ciclo de vida, disminuyendo de esa manera las poblaciones en el campo. En ausencia de nemátodos el hongo puede sobrevivir como saprofito en el suelo.

Plabi citado por (Intriago, 2010), Este hongo produce unas estructuras llamadas conidias las cuales son las que se encargan de realizar el efecto sobre los nemátodos. Estas conidias al hacer contacto con el cuerpo del nemátodo, se fijan en la pared externa del cuerpo del nemátodo, luego germina y produce unas estructuras especializadas, a través de las cuales penetran el cuerpo del nemátodo. En el interior del cuerpo del nemátodo el hongo toma sus nutrientes y se reproduce masivamente invadiendo totalmente el cuerpo del nemátodo, causándole finalmente la muerte. En condiciones favorables de humedad, después de la invasión, las estructuras del hongo salen del cuerpo del nemátodo y sobre este se producen nuevas conidias que pueden afectar a otros nemátodos.

En la naturaleza *P. lilacinus* es encontrado como habitante del suelo, este hongo tiene la habilidad de sobrevivir en materia orgánica y siempre se encuentra presente en el campo principalmente en zonas húmedas y donde hay bastante plagas. *P. lilacinus* es también patógeno de insectos, pero su mayor relevancia es como patógeno de fitonemátodos. también existen bioplaguicidas a base de *P. lilacinus* los cuales se usan de la misma forma que los plaguicidas, siendo la dosis recomendada 50 gramos por 100m², que equivale a 1 billón de conidias de *P. lilacinus*, que es la cantidad requerida para el control de nemátodos en el cultivo, (InfoAgro, 2019).

El mejor momento para aplicar *P. lilacinus* debe ser cuando se encuentra una considerable población de nemátodos, o cuando estos se encuentran no muy profundos en la zona afectada de las plantas. también puede realizarse aplicaciones de forma preventiva al momento o antes de la siembra, para controlar nemátodos que pudieran haber infectado a las semillas o plántulas, (FUNICA, 2008).

1.5.6.2. 3. *Trichoderma harzianum*

Es un hongo aeróbico facultativo y no patógeno de plantas, que se encuentra de manera natural en diferentes suelos agrícolas, especialmente en aquellos que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición. Su desarrollo es favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente, (Salazar et al. 2014).

Según, (Ezziyyani et al. 2003). *T. harzianum* es de fácil crecimiento, los propágulos presentan coloración verde, producen hifas, clamidosporas y espora, siendo estos los que actúan sobre los fitopatógenos en diferentes fases del ciclo de vida. El parasitismo puede ser observado a través de la penetración de hifas, producción de haustorios y desorganización celular. Se alimentan de los hongos y de materiales orgánicos ayudando a su descomposición, también requiere de humedad para poder germinar, la velocidad de este organismo es alta, por esto es capaz de establecerse en el suelo y controlar cualquier tipo de patógeno.

Trichoderma harzianum es un agente de biocontrol el cual actúa afectando a los nemátodos de varias formas: 1) Parasitando directamente sobre los estadios de huevo y juvenil. 2) Produce metabolitos que afecta la viabilidad de los huevos invadidos por este hongo, (Mendoza, 2014).

1.5.6.3. Control Químico

Los nematicidas son productos que se utilizan para el control eficiente de los nemátodos y eliminan gran parte de los organismos vivos, siendo estos muy costosos, generalmente fitotóxicos de efectos irreversibles por lo que deben aplicarse en pre-plantación, (Lezaun, 2016). En el cultivo de arroz pueden ser aplicados en semilleros y en el sitio definitivo de siembra, bajo las siguientes recomendaciones.

En semilleros aplicar sobre el suelo húmedo Rugby 10% (20g/m²) de semillero, también Vydate 24% (3ml/L) y preferible sembrar ocho días después. En el sitio definitivo, identificar las áreas con plantas cloróticas y amarillas, para que en la siguiente preparación del suelo se efectuó un manejo químico antes de la siembra, dirigido a los sitios más infectados Rugby, en dosis de 30 a 35 kg/ha o Vydate, 7 a 8 L/ha en suelo húmedo sin lámina de agua, (Triviño, 2007).

1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Método de Estudio

El método que se aplicara para el desarrollo de este trabajo el cual es el componente practico del examen complexivo, el modo de estudio se fundamenta en la investigación bibliográfica de diferentes autores y diferentes medios (físicos y virtuales), basados al tema de estudio. Otro método usado es el análisis de información lo cual ayudara a desarrollar los objetivos formulados.

1.6.2. Factores de estudio

El trabajo tiene como factor de estudio los siguientes puntos:

- Cultivo de Arroz bajo riego
- Nemátodos que atacan el cultivo de arroz bajo riego
- Métodos de control de los nemátodos

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Situaciones Detectadas

El 80 % de los productores y profesionales (técnicos) desconocen de la existencia de los nemátodos o de sus síntomas, lo que lleva a que asocien los síntomas de estos organismos a otros problemas e incluso inexistentes en la plantación y como consecuencia a la aplicación de productos químicos que en ocasiones por su toxicidad afectan la calidad del suelo y de la producción.

La mayor parte de los productores no realizan un análisis previo a establecer las plantaciones arroceras para detectar si existe o no la presencia de nemátodos en el suelo, en malezas o incluso en restos de cosechas y de esta manera se tomarían las medidas de control que corresponda al caso.

Existe etapas de desarrollo de la planta de arroz en la cual, si es afectada por los nemátodos le provocaría enanismo, poco macollamiento, granos vanos e incluso la muerte de la planta, lo cual le daría un giro negativo a la producción esperada.

Los nemátodos encuentran su habitat ideal para completar su ciclo de vida en las condiciones que ofrece el cultivo de arroz en condiciones de riego, es decir buena luminosidad, raíces y más órganos de fácil alcance y sobre todo la humedad que les facilita la movilidad y asegura la supervivencia por tiempo prolongado.

Los nemátodos son microorganismo no deseados en las plantaciones arroceras por que ocasionan daños a los principales órganos de la planta, y como consecuencia impide la absorción de elementos que son necesarios para el crecimiento y desarrollo del cultivo, reduciendo así el rendimiento y la calidad de

la cosecha, con lo cual provoca grandes pérdidas económicas a los productores y reduce la posibilidad a la población de obtener un producto de buena calidad.

2.2. Soluciones planteadas

Las soluciones planteadas para la solución del problema detectado, se recomienda las siguientes opciones.

Antes de iniciar con el cultivo de arroz, es recomendable realizar un análisis en laboratorio de suelo, restos de cosecha y si se cuenta con experiencia con nemátodos hasta un análisis visual del medio de rodea el área donde establecerá la plantación, también es recomendable asegurarse de utilizar semillas certificadas y si se desea emplear semillas de cosechas anteriores lo más aconsejable es someterlas a un respectivo análisis, con la finalidad de garantizarle un buen inicio al cultivo.

La oportuna preparación del suelo en combinación con la solarización del mismo de 6 a 12 semanas de anticipación nos aseguraría una disminución de la población de nemátodos ya que estos quedan expuestos a los rayos del sol, esta medida de control preventiva no solo afecta a nemátodos sino también a otros organismos patógenos del arroz como lo son hongos, bacterias e incluso semillas de malezas.

Una vez establecida la plantación los monitoreos deben ser constantes para asegurarse que no exista la presencia de *M. graminícola* o *H. oryzae*, en la fase vegetativa del cultivo ya estos al dañar las raíces de las plantas impidiendo un correcto macollamiento y desarrollo. En el caso de presentarse el ataque de *A. besseyi* en la fase de maduración este impediría el llenado del grano lo que provocaría los llamados granos vanos de las panículas, es por ello que cualquier medida de control deberá estar sujeta a estas fases de desarrollo del cultivo.

también se plantea optar por la modalidad de rotación de cultivo que se trata de intercalar cultivos, dichos cultivos deben ser resistentes al ataque de los nemátodos que habitualmente se desarrollan en el cultivo de arroz en condiciones de riego, lo más aconsejable es rotar durante dos o más ciclos con plantas como la soya, sandía, melón, fréjol, pimiento, entre otras.

Está comprobado que la intervención de agentes biológicos en el combate contra los nemátodos es una de las opciones más importante ya permite mantener una agricultura sustentable y sostenible en el tiempo, es por ello que la mayor recomendación es asegurarse de introducir esporas de *Pasteuria penetrans* a la plantación ya que parasita nemátodos de muchas especie, pero principalmente a los de la especie *Meloidogyne* llegándolo a controlarlos casi en su totalidad, otra medida sería agregar habitualmente materia orgánica al cultivo ya esta ayuda al desarrollo de los hongos *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum*, que son patógeno de nemátodos y que disminuyen sus poblaciones al punto de que no representar riesgos de pérdidas.

2.3. Conclusiones

Mediante la información obtenida se concluye que:

Es importante dar a conocer a los agricultores que se dedican a la producción de arroz en condiciones de riego, la magnitud de las pérdidas económicas que podrían ocasionar los nemátodos, también los síntomas que presentan las plantas afectadas, para de esta manera tomar las debidas medidas de control, ya que se han presentado casos donde los agricultores asocian los síntomas de nemátodos con otras plagas o déficit de algún nutriente, lo que ha llevado a realizar prácticas agrícolas erróneas con consecuencias drásticas.

Se determinó que existen etapas de desarrollo en la planta de arroz que, de verse afectadas por nemátodos, se tendrá repercusiones negativas en la producción.

La ejecución de medidas de control cultural y biológicas oportunas para el combate de nemátodos que afectan el cultivo de arroz en condiciones de riego, aseguran una disminución de las poblaciones de las especies existente el área de producción, y de esta manera la erradicación de nematicidas tóxicos tanto para el suelo, el cultivo y el ser humano.

2.4. Recomendaciones

Capacitar a los productores en cuanto al manejo de nemátodos se refiera, para que de esta manera adquieran los conocimientos técnicos para la detección y control de estos microorganismos patógeno del cultivo de arroz.

Realizar los respectivos análisis antes de implementar el cultivo, ya que este el método preventivo que no puede faltar.

Realizar constantes monitoreos al cultivo con el objetivo de detectar de manera oportuna la presencia de los nemátodos y poder ejecutar las medidas de control cultural y biológicas a tiempo ya que el control es lento pero persistente.

BIBLIOGRAFÍA

- Armendariz, I; Ríos, M; Landázuri, A; Quiña, D. 2015. (13) (PDF) nematodos fitopatógenos y sus estrategias de control (en línea, sitio web). Consultado 20 mar. 2020. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/284185706_nematodos_fitopatogenos_y_sus_estrategias_de_control.
- Bello, A; Lopez, J; Diaz, L. 2001. Biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo (en línea, sitio web). Consultado 12 feb. 2020. Disponible en:
<http://www.rapaluruaguay.org/organicos/articulos/solarizacion.html>.
- Butt, TM; Jackson, CW; Magan, N. 2000. (8) Fungi as Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential | Request PDF (en línea, sitio web). Consultado 27 feb. 2020. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/288951951_Fungi_as_Biocontrol_Agents_Progress_Problems_and_Potential.
- CABI. 2011. *Hirschmanniella oryzae* (rice root nematode) (en línea, sitio web). Consultado 12 mar. 2020. Disponible en
<https://www.cabi.org/isc/datasheet/27867>.
- Carmen Triviño. 2007. Manual Del Cultivo De Arroz. s.l., INIAP Archivo Historico. 178 p. Disponible en
<https://books.google.com.ec/books?id=IXozAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- Cavallini, LFA. 1998. Fitopatología: Un Enfoque Agroecológico (en línea). s.l., Editorial Universidad de Costa Rica. 478 p. Disponible en
https://books.google.com.ec/books?id=I6jDW5HI9BAC&pg=PA147&lpg=PA147&dq=ciclo+de+vida+de+aphelenchoide+besseyi&source=bl&ots=yAa8NVyUcL&sig=ACfU3U2kqXPakFPBc7WjswgfuVDb0H0uGg&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjL_snN8anoAhWymOAKHd5MAWEQ6AEwEHoECAkQAQ#v=onepage&q=ciclo%20de%20vida%20de%20aphelenchoide%20besseyi&f=false.
- Celi, R; Hurtado, J. 2007. Arroz – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP (en línea, sitio web). Consultado 30 dic. 2019. Disponible en <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/programa-1/>.

- Cevallos, B; Rendon, J; Tulcan, W. 2007. Manual Del Cultivo De Arroz (en línea). s.l., INIAP Archivo Historico. 178 p. Disponible en <https://books.google.com.ec/books?id=IXozAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- CIAT. 2010. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. s.l., CIAT. 513 p. Disponible en <https://books.google.es/books?id=vdw-JYBkra8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- Darban, DA; Pembroke, B. 2003. (8) The relationships of time and temperature to body weight and numbers of endospores in *Pasteuria penetrans*-infected *Meloidogyne javanica* females | Request PDF (en línea, sitio web). Consultado 27 feb. 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/215472515_The_relationships_of_time_and_temperature_to_body_weight_and_numbers_of_endospores_in_Pasteuria_penetrans-infected_Meloidogyne_javanica_females.
- Dutta, TK; Ganguly, AK; Gaur, HS. 2011. Global status of rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola* (en línea). African Journal of Microbiology Research 6(31):6016-6021. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJMR12.707>.
- EPPO. 2004. *Aphelenchoides besseyi* (en línea). EPPO Bulletin 34(2):303-308. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2004.00733.x>.
- EPPO. 2016. *Meloidogyne graminicola* (en línea, sitio web). Consultado 2 feb. 2020. Disponible en: https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_nematodes/meloidogyne_graminicola.
- Ezziyyani, M; Sánchez, CP; Ahmed, AS; Requena, ME; Castillo, MEC. 2003. TRICHODERMA HARZIANUM COMO BIOFUNGICIDA PARA EL BIOCONTROL DE PHYTOPHTHORA CAPSICI EN PLANTAS DE PIMIENTO (en línea). Anales de Biología (26):35-45. Consultado 28 feb. 2020. Disponible en <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/30441>.
- FAO. 2005. Crecimiento, Desarrollo y Manejo del cultivo de arroz (en línea, sitio web). Consultado 5 mar. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/3/y2778s/y2778s02.htm#TopOfPage>.

FAO. 2015. (en línea, sitio web). Consultado 27 dic. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/y2778s/y2778s01.htm#TopOfPage>.

FUNICA. (2008). FUNICA (Fundación para el desarrollo tecnologico agropecuario y forestal de Nicaragua). Obtenido de Uso y manejo de *Paecilomyces lilacinus* para el control de nematodos: Disponible en: <https://funica.org.ni/index/biblioteca/resultados-de-investigacion/category/87Cafe.html?download=447:Guia%20Uso%20y%20manejo%20paecilomyces%20ES>

Golden, AM; Birchfield, W. 1968. Rice root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) as a new pest of rice. (en línea). *Plant Disease Reporter* 52(6). Consultado 8 dic. 2019. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19690806120>.

INEC, I. 2018. Presentacion de principales resultados.pdf (en línea, sitio web). Consultado 17 nov. 2019. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2018/Presentacion%20de%20principales%20resultados.pdf.

InfoAgro. 2019. Uso de *Paecilomyces lilacinus* para control de nematodos (en línea, sitio web). Consultado 23 mar. 2020. Disponible en: <https://infoagronomo.net/uso-de-paecilomyces-lilacinus-para-control-de-nematodos/>.

INIAP. 2014. Arroz (en línea, sitio web). Consultado 2 ene. 2020. Disponible en <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rarroz>.

INTAGRI, SC. 2015. Control Biológico de Nemátodos Fitopatógenos | Intagri S.C. (en línea, sitio web). Consultado 29 feb. 2020. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/control-biologico-de-nematodos-fitopatogenos>.

Intriago, D. 2010. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE AGENTES MICROBIALES NATIVOS COMO POTENCIALES BIOCONTROLADORES DE *Meloidogyne* spp, *Rotylenchulus reniformis* y *Pratylenchus* spp, EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill): DS9G-X3H-DBN2 (en línea). s.l., INIAP Archivo Historico. 116 p. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=7rkdAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR2&dq=related:IOU_faXIEjqpaM:scholar.google.com/&ots=qnJJip9qNv&sig=7VudiRhsZAVke7bDHizPky5tQzc&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.

- Karszen, G; Groza, M. 2018. First report of the plant-parasitic nematode *Aphelenchoides besseyi* (Nematoda: Aphelenchoididae) on rice in Romania (en línea). EPPO Bulletin 48(2):254-255. DOI: <https://doi.org/10.1111/epp.12467>.
- Lezaun, J. 2016. Nematodos Fitoparásitos (en línea, sitio web). Consultado 29 feb. 2020. Disponible en <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/nematodos-fitoparasitos>.
- Mauricio Talavera. 2018. (4) (PDF) Manejo integrado de nematodos fitoparásitos en cultivos (en línea, sitio web). Consultado 11 feb. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/322386867_Manejo_integrado_de_nematodos_fitoparasitos_en_cultivos_hortícolas.
- Mendoza, A; Kiewnick, S. 2008. (8) Influence of *Paecilomyces lilacinus* strain 251 on the biological control of the burrowing nematode *Radopholus similis* in banana | Request PDF (en línea, sitio web). Consultado 28 feb. 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287938085_Influence_of_Paecilomyces_lilacinus_strain_251_on_the_biological_control_of_the_burrowing_nematode_Radopholus_similis_in_banana.
- Mendoza, GAT. 2014. Efecto de *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* sobre huevos de *Meloidogyne* sp. en condiciones de laboratorio (en línea). Revista REBIOLEST 1(2):65-71. Consultado 28 feb. 2020. Disponible en: <http://www.revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/479>.
- Meyer, SLF; Roberts, DP. 2002. Combinations of Biocontrol Agents for Management of Plant-Parasitic Nematodes and Soilborne Plant-Pathogenic Fungi (en línea). Journal of Nematology 34(1):1-8. Consultado 27 feb. 2020. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2620533/>.
- Myint, YY; Lwin, T; Waele, D de. 2010. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1982-56762010000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=es (en línea). Tropical Plant Pathology 35(1):003-010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762010000100001>.

- Navia Santillan, D; Triviño Gilces, C. 2003. Población de pasteuria penetrans de amplia cobertura para infectar al nematodo Meloydogyne (en línea) (En accepted: 2015-09-03t15:02:22z). . Consultado 23 mar. 2020. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2043>.
- Nemaplex. 2018. Hirschmanniella oryzae (en línea, sitio web). Consultado 19 mar. 2020. Disponible en: <http://nemaplex.ucdavis.edu/Taxadata/G061s2.aspx>.
- Poveda, G; Andrade, C. 2018. Producción sostenible de arroz (en línea). Contribuciones a las Ciencias Sociales (marzo). Consultado 30 dic. 2019. Disponible en <https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html>.
- RIMISP. 2012. CONSULTORÍA SOBRE PRODUCTIVIDAD DEL SECTOR AGROPECUARIO ECUATORIANO CON ÉNFASIS EN BANANO, CACAO, ARROZ Y MAÍZ DURO - PDF Free Download (en línea, sitio web). Consultado 8 dic. 2019. Disponible en <https://docplayer.es/719734-Consultoria-sobre-productividad-del-sector-agropecuario-ecuatoriano-con-enfasis-en-banano-cacao-arroz-y-maiz-duro.html>.
- Romero Zarcos, C. 2003. Familia Gramíneas (en línea, sitio web). Consultado 30 dic. 2019. Disponible en: <http://asignatura.us.es/abotcam/familias/Gramineas.html>.
- Salazar, LA; Aponte, GY; Alcano, M de J; Sanabria, NH; Guzmán, JJ. 2014. Importancia de las especies de Trichoderma para el control de Macrophomina phaseolina en las áreas agrícolas del estado Aragua, Venezuela (en línea). Agronomía Tropical 62(1-4):007-016. Consultado 28 feb. 2020. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0002192X2012000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- Sharma, SB. 2006. Plant Parasitic Nematodes in Rice-Wheat Based Cropping Systems in South Asia (en línea). Journal of Crop Production 4(1):227-247. DOI: https://doi.org/10.1300/J144v04n01_06.
- Singh, P. 2010. (13) (PDF) The Rice Root-Knot Nematode, Meloidogyne graminicola: An Emerging Problem in Rice-Wheat Cropping System (en línea, sitio web). Consultado 19 mar. 2020. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/256199309_The_Rice_Root-Knot_Nematode_Meloidogyne_graminicola_An_Emerging_Problem_in_Rice-Wheat_Cropping_System.

Talavera, M. 2003. Manuel de Nematología Agrícola (en línea, sitio web). Consultado 23 mar. 2020. Disponible en: <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=CNTSP722ZI4569&id=4569>.

Talavera, M. 2010. (13) (PDF) Detección, extracción y diagnóstico de nematodos fitoparásitos (en línea, sitio web). Consultado 20 mar. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/233932606_Deteccion_extraccion_y_diagnostico_de_nematodos_fitoparasitos.

Talavera, M; Verdejo, S. 2015. Gestión de nematodos fitoparásitos (en línea, sitio web). Consultado 12 feb. 2020. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/133376-Gestion-de-nematodos-fitoparasitos.html>.

Triviño, C. 1993. Los nematodos del Arroz y su control. Yaguachi, EC, Estacion Experimental, INIAP (Instituto Nacional Autonomo de Investigacion Agropecuarias, EC). 10p. (Boliche Boletin Divulgado No. 241). s.l., INIAP Archivo Historico. 178 p. Disponible en <https://books.google.com.ec/books?id=IXozAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Triviño Gilces, C. 2001. *Pasteuria penetrans* el enemigo más promisorio del nematodo agallador de raíces *Meloidogyne* (en línea) (En accepted: 2015-09-01t16:20:10z). Consultado 23 mar. 2020. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1981>.

Wu, G-L; Kuo, T-H; Tsay, T-T; Tsai, IJ; Chen, PJ. 2016. Glycoside Hydrolase (GH) 45 and 5 Candidate Cellulases in *Aphelenchoides besseyi* Isolated from Bird's-Nest Fern (en línea). PLoS ONE 11(7). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158663>.

ANEXOS