



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente Práctico del Examen de grado de carácter Complexivo
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias
Agropecuarias, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Presencia del nematodo lesionador de raíces (*Hirschmanniella
oryzae*) en el cultivo de arroz de regadío en el Ecuador”.

AUTOR:

Arom Alfredo Bardales Vera

TUTOR:

Ing. Agr. Joffre León Paredes. MBA

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2021

DEDICATORIA

Dedicó este trabajo investigativo en primer lugar a Jehová porque gracias a él he llegado hasta este momento de mi formación profesional. A mis padres por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, gracias a ellos hoy puedo decir que la educación ha sido una de sus mejores herencias que he recibido.

AGRADECIMIENTO

Agradezco mucho a Jehová por permitirme culminar mis estudios de tercer nivel y por brindarme su ayuda todo este tiempo en mis estudios universitarios.

A mis padres por esforzarse siempre, por darme lo mejor, por ayudarme a cumplir todas mis metas.

A mí querida esposa por su gran amor y ánimo los cuales han sido muy fundamentales para llegar a esta etapa de mi vida de ser un profesional.

RESUMEN

El arroz es una de las gramíneas de mayor importancia para la alimentación de más de la mitad de habitantes 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 hectárea proporcionan 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 la presente investigación se ha centrado en la búsqueda, agrupación y análisis de información y así dar a conocer cuáles son los daños que puede llegar a ocasionar el nematodo lesionador de raíz (*Hirschmanniella oryzae*) que afectan el arroz en condición de regadío.

(*Hirschmanniella oryzae*) es una de las plagas más devastadoras en los campos de arroz en todo el mundo. Debido a que *H. oryzae* está bien adaptado a las condiciones de inundación, es un problema importante en los ecosistemas de arroz inundados. Este nematodo migratorio penetra la raíz y migra a través del aerénquima, completando su ciclo de vida en unos 33 días.

Palabras claves: *Hirschmanniella oryzae*, síntomas, agricultura, enfermedad nematodos, arroz de regadío.

SUMMARY

Rice is one of the most important grasses for feeding more than half the inhabitants of the Ecuadorian population and worldwide, as well as one of the most important and extensive crops in the cultivated area in Ecuador. Nutritionally, it is the cereal that offers the most calories per hectare worldwide, in addition to the beneficial nutritional and nutritional aspects, it is a generator of employment for most of the rural population of Ecuador.

Rice production in Ecuador occurs in rainfed or winter rice cultivation and irrigation production that occurs in the summer season, the latter being considered the most important productive and that, like other crops, presents phytosanitary problems of pests including nematodes. That is why the present research has focused on the search, grouping and analysis of information and thus make known results are the damages that the root lesion nematode (*Hirschmanniella oryzae*) can cause that see the rice in irrigated condition.

(*Hirschmanniella oryzae*) is one of the most devastating pests in rice fields worldwide. Because *H. oryzae* is well adapted to flood conditions, it is a major problem in flooded rice ecosystems. This migratory nematode penetrates the root and migrates through the aerenchyma, completing its life cycle in about 33 days.

Keywords: *Hirschmanniella oryzae*, symptoms, agriculture, nematode disease, irrigated rice.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	IV
SUMMARY	V
ÍNDICE GENERAL	VI
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I.....	4
MARCO METODOLÓGICO	4
1.1. Definición del tema de estudio.	4
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.3. Preguntas orientadas	4
1.4. Justificación	5
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo general	5
1.5.2. Objetivos específicos	5
1.6. Fundamentación teórica.....	6
1.6.1. Origen del cultivo de arroz.....	6
1.6.2. Importancia del cultivo de arroz en el Ecuador	6
1.6.3. Cultivo de arroz por inundación o de regadío	7
1.6.4. Taxonomía del cultivo de arroz.....	8
1.6.5. Que son los nematodos?.....	¡Error! Marcador no definido.
1.6.6. Morfología de los nematodos.....	9
1.6.7. Características de los nematodos.....	10
1.6.8. Ciclo de vida y alimentación	10

1.6.9. Presencia de nemátodos en arroz de regadío en el Ecuador.....	11
1.6.10. Taxonomía del nematodo lesionador de raíz (<i>Hirschmanniella oryzae</i>).....	12
1.6.11. Características.....	12
1.6.12. Ciclo de vida	13
1.6.13. Síntomas y Daños	13
1.6.14. Manejo integrado.....	15
1.6.15. Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos.....	23
1.7. Hipótesis	24
1.8. Metodología de la investigación	24
1.8.1. Modalidad de estudio.....	24
1.8.2. Métodos.....	25
1.8.3. Factores de estudios	25
CAPITULO II.....	26
RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN	26
2.1. Desarrollo del caso	26
2.2. Situaciones detectadas.....	26
2.3. Situaciones planteadas.....	27
CONCLUSIONES	28
RECOMENDACIONES	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30

INTRODUCCIÓN

La producción de arroz (*Oryza sativa* L.) manipula una gran importancia económica a nivel mundial, ya que aporta cerca del 20 % de energía y el 15 % de proteínas en la alimentación humana (Cadena 2021).

En el año 2018 el número de hectáreas sembradas de arroz esta 370.406 hectáreas, siendo las provincia del Guayas, los Ríos y Manabí con mayor cantidad de hectáreas sembradas. En Ecuador, la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), revela que el cultivo de arroz se encuentra en el tercer lugar de los productos con mayor superficie entre los cultivos transitorios, consiguiendo el 15,35 % del total de área sembrada, sobresaliendo las provincias de Guayas con 63,86 % y Los Ríos con 28,19 %, las provincias de Manabí, El Oro y Loja manifiestan menor área cultivada (INEC 2014). El rendimiento promedio nacional de arroz es de 4,1 t/ha, obteniendo la mayor productividad la provincia de Loja con 8,7 t/ha, mientras tanto la provincia de Los Ríos reportó una producción media de 3,5 t/ha (Castro 2020).

El cultivo de arroz es una de las actividades agrícolas que frecuentemente presenta mayor número de problemas, los cuales en su dinámica de producción se manifiestan en efectos negativos económicos productivos (desarrollo y crecimiento, tamaño de área, sistema de producción, eficiencia de las labores, mantenimiento de la productividad, rentabilidad y competitividad), ecológicos ambientales (integridad, capacidad de carga, preservación de la biodiversidad y los recursos naturales) y socio culturales (equidad, empoderamiento, accesibilidad, participación de los cultivadores y mejoramiento de la comunidad) (Lesdasa 2018).

Hirschmanniella spp es un nematodo endoparásito obligado migratorio que pertenece a la familia *Pratylenchidae*, que está afectando a las raíces, mostrando su sintomatología en la parte aérea de la planta, y manifestando su presencia por

el amarillamiento y marchitez del área foliar. Es importante destacar que cuando el ataque del nematodo *Hirschmanniella spp.* Es intenso, el sistema radical infectado presenta un color amarillento que cambia a un color marrón, tornándose oscuro, producto del necrosamiento (Piedrahita et al. 2012).

Los nematodos lesionadores de raíces pueden causar daños de importancia económica en el cultivo del arroz (*Oryza sativa L*), lo que amerita realizar diferentes métodos de combate. A nivel mundial se estima que el 76% del área consagrada a este cultivo de arroz se halla infestadas con densidades dañinos de estos patógenos, aproximadamente más de 100 especies de nematodos fitoparásitos han sido encontrados en asociación, 2 con arroz, inundado y de secado; importancia es muy cambiante y en la mayoría de los casos la existencia de una relación dañina con el cultivo de arroz es probable pero no ha sido justificada (Blanco 2008).

Hirschmanniella oryzae es una de las plagas más devastadoras en los campos de arroz en todo el mundo. Debido a que *H. oryzae* está bien adaptado a las condiciones de inundación, es un problema importante en los ecosistemas de arroz inundados. Este nematodo migratorio penetra la raíz y migra a través del parénquima, completando su ciclo de vida en unos 33 días. Los nematodos parásitos de las plantas están equipados con un arsenal de proteínas modificadoras de la pared celular que se secretan a través del estilete en el tejido del huésped para hidrolizar las paredes celulares (Bauters et al. 2020).

En el Ecuador, el nematodo *Meloidogyne graminicola* constituye una de las principales plagas en las zonas arroceras de nuestro país, concentrándose en las provincias del Guayas y Los Ríos, siendo uno de los de mayor importancia económica y común en los campos arroceros. Le siguen en orden de importancia los lesionadores de raíces *Pratylenchus spp.* *Hirschmanniella oryzae* (Triviño & Velasco, 2013)

En la Provincia de Los Ríos se han encontrado poblaciones muy numerosas de nemátodos en los cultivos de arroz ubicadas en la zona Vinces – Mocache, Montalvo, Babahoyo. En la Provincia del Guayas, las zonas con mayor número de nematodos presentes son Yaguachi, Taura, Samborondón, Mariscal Sucre, Daule, Santa Lucía Puerto Inca, Naranjal, el Triunfo, Palestina, entre otros. Debido al daño directo que causa el nemátodo en las raíces, las plantas no logran asimilar los nutrientes naturales del suelo, ni aprovechar los fertilizantes que se aplican (Ramírez 2017).

CAPITULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema de estudio.

Este trabajo investigativo trata sobre la temática “Presencia del nematodo lesionador de raíces (*Hirschmanniella oryzae*) en el cultivo de arroz de regadío en el Ecuador”.

1.2. Planteamiento del problema

Los problemas en los sistemas de producción de cultivo de arroz de regadío en el Ecuador y porque no mencionarlo a nivel mundial, es debido a la falta de conocimientos sobre la presencia de nematodos lesionadores de las raíces y los daños que pueden ocasionar en la productividad del cultivo.

Por lo tanto, una de las principales problemáticas en el cultivo de arroz de regadío es la presencia del nematodo (*Hirschmanniella oryzae*), es una de las plagas que está afectando grandemente los campos de arroz a nivel global. Debido a que *H. oryzae* está bien adaptado a las condiciones de inundación, es un problema importante en los ecosistemas de arroz inundados. Este nematodo migratorio penetra la raíz y migra a través del parénquima, completando su ciclo de vida.

1.3. Preguntas orientadas

¿Cómo reconocer la presencia de los nematodos?

¿Cuáles son los daños que ocasionan los nematodos al cultivo de arroz de regadío?

¿Cuáles son las condiciones que favorecen el desarrollo de los nematodos en el cultivo?

1.4. Justificación

En la actualidad son escasos los estudios sobre la presencia del nematodo lesionador de raíces (*Hirschmanniella oryzae*) en el cultivo de arroz de regadío en Ecuador, por lo que es necesario generar información sobre la situación y los riesgos que puede llegar a ocasionar, sino es detectada a tiempo. Debido a esto se siguen sumando investigaciones acerca de las características del nematodo (*Hirschmanniella oryzae*) y los efectos que causan su ataque sobre el cultivo de arroz, la información recopilada en el internet nos demuestra que este fitonematodo se encuentra diseminado en la gran mayoría de plantación de arroz a nivel mundial.

La información recolectada formará parte de una plataforma fundamental para posteriores estudios en referencia a la presencia del nematodo lesionador de raíces (*Hirschmanniella oryzae*) en el cultivo de arroz de regadío.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Compilar información sobre la presencia del nematodo lesionador de raíces (*Hirschmanniella oryzae*) en el cultivo de arroz de regadío en el Ecuador.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la presencia del nematodo lesionador de raíces (*Hirschmanniella oryzae*) en el cultivo de arroz de regadío en el Ecuador.
- Identificar cuáles son los síntomas que causa el nematodo lesionador de raíces (*Hirschmanniella oryzae*) en el cultivo de arroz.

1.6. Fundamentación teórica

1.6.1. Origen del cultivo de arroz

Su origen se dio a conocer hace casi 10.000 años aproximadamente, en muchas regiones acuosas de Asia tropical y subtropical. Probablemente sea la India el país donde se cultivó el arroz por primera vez, debido a que en ella se encontraba el mayor número de especies de arroces silvestres. Pero su progreso tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Seguramente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a diferente partes mundo (Infoagro 2018).

En Latinoamérica, se cree que llegó con la llegada de los españoles. Con el propio Cristóbal Colón quien en su segundo viaje se planteó numerosos intentos fallidos de introducirlo y reproducirlo (Menéndez 2018).

En el año 1512 dieron fruto los intentos de los españoles para conseguir su aclimatación. Desde entonces se expandió desde la isla de La Española (hoy actual República Dominicana y Haití) al resto de islas de alrededor y de ahí saltó al continente (Agrotendencia 2018).

1.6.2. Importancia del cultivo de arroz en el Ecuador

La importancia de cultivo de arroz en el Ecuador reside que este cultivo es uno de los principales productos de la canasta básica de los hogares ecuatorianos. En su organización productora, la mayor parte de la unidad de producción agropecuaria, pertenecen a los pequeños y medianos productores, aproximadamente el 87% de la producción del cultivo de arroz es producida por las Provincias de Guayas y Los Ríos. Su colaboración en el producto interno bruto (PIB) representa solo el 1,55% en promedio 2005 – 2009. La mayor parte de la producción del cultivo de arroz esta destina al dispendio interno en un 96%,

quedando muy poco producto para la exportación en un promedio 4%, (Lozano 2016).

El arroz es un cereal rico en calorías, considerado uno de productos de primera necesidad en nuestras familias ecuatorianas. Este cultivo es uno de los más extenso del Ecuador, ya que ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos momentáneos del país. En términos sociales y productivos, el cultivo del arroz es la producción más importante que presenta nuestro país (Soto 2019).

1.6.3. Cultivo de arroz por inundación o de regadío

Se considera el más ineficiente en el uso del agua de riego, que en algunas ocasiones se llegan a emplear 5.000 L de agua para producir 1 kg de arroz, lo que equivale a 30.000 m³ ha⁻¹ para obtener una producción media de unos 6.000 kg de arroz. Esta baja productividad del agua de riego no se debe a unas necesidades hídricas elevadas del cultivo, sino al propio sistema de cultivo del arroz inundado. . Este sistema demanda la aplicación de una gran cantidad de agua a la parcela para mantener una lámina de agua inundando la parcela a lo largo de su ciclo de cultivo (FAO 2017).

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 influyen canales de riego y drenaje y un alto grado de nivelación (Ordoñez 2020).

1.6.4. Taxonomía del cultivo de arroz

A continuación, se detalla la clasificación taxonómica del cultivo de arroz *Oryza sativa* (Quispe 2015).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Oryza*

Especie: *sativa*

Su sistema radicular de naturaleza fibrosa y comprende dos tipos de raíces; Las raíces seminales, primarias o temporales, de escasa ramificación, que sobreviven muy poco tiempo después de la germinación (Laya 2021).

Las raíces adventicias, secundarias o permanentes, que se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. En su periodo inicial estas raíces adquieren una coloración blanquecina, son relativamente gruesas y escasamente ramificadas, posteriormente se alargan y pasan a conformar el anclaje definitivo de la planta al ramificarse en forma abundante (Medina 2009).

1.6.5. ¿ Que son los nematodos?

Los nemátodos son gusanos microscópicos no segmentados que forman el grupo más abundante de animales multicelulares en la tierra, ocupando la

mayoría de hábitats. Existen nemátodos bacterívoros, fungívoros, predadores de otros nemátodos, parásitos de insectos y herbívoros o parásitos de plantas. Estos últimos causan importantes daños en los cultivos y a ellos nos referiremos principalmente en este documento (Rubia 2003).

Debido a su pequeño tamaño y a que viven en el suelo, no pueden verse a simple vista y su estudio eficaz sólo ha sido posible desde hace unas décadas, cuando la disponibilidad de microscopios de alta resolución y la puesta a punto de técnicas para extraerlos del suelo, permitió estudios cuantitativos sobre sus densidades de población y correlaciones con los daños producidos en los cultivos (Talavera 2020).

Dañan las raíces de multitud de plantas. Se introducen en ellas y absorben sus jugos. No hay suelo que no tenga Nematodos, aunque para producir daños su número tiene que ser elevado y las especies de plantas tienen que ser sensibles a ellos (Bongers y Esquivel 2015).

1.6.6. Morfología de los nematodos

Los nemátodos fitoparásitos suelen tener forma de Gusano, pueden llegar a medir una longitud entre 0,1 y 3 mm, aunque algunos géneros presentan estados adultos con formas globosas (Lezaun 2016).

Se pueden identificar otros nemátodos por la presencia del estilete una estructura en forma gusano lanza situado en la región anterior del cuerpo, con el cual perfora las células vegetales para alimentarse (Talavera et al. 2014).

Los nematodos fitoparásitos, según el género, tienen en la región anterior (cabeza) un estilete hueco (estomatoestilete u odontoestilete) también llamado “lanza”, pero hay algunos con estilete sólido modificado (onquioestilete). El

estilete es usado para perforar o penetrar las células de las plantas y a través de él extraer los nutrientes, causando enfermedades en diferentes cultivos (Guzmán et al, 2009).

1.6.7. Características de los nematodos

Entre las principales características de los nematodos que destacan encontramos las siguientes (Roldan 2020):

- Viven de forma libre en suelos áridos y húmedos, en hábitats de agua dulce y salada, así como parasitando plantas y animales de los que se alimentan.
- Su tamaño es muy variado, desde pocos milímetros a más de medio metro.
- Su cuerpo es redondo y alargado, de forma cilíndrica y sin segmentos. Su simetría es bilateral.
- La boca de los nematodos cuenta con diferentes estructuras que les permiten unirse a tejidos y obtener alimento, tales como dientes, placas e incluso ganchos bucales.
- La superficie exterior de los nematodos adultos es muy resistente, cuentan con una cutícula y con varias capas musculares.
- Los nematodos han desarrollado diferentes estrategias, tales como: aspiración para la ingestión de sangre, absorción de tejidos destruidos, así como de contenido intestinal y de nutrientes presentes en diferentes líquidos corporales (en animales) o de la savia (en plantas).
- La reproducción de los nematodos puede ser tanto sexual como asexual, mediante partenogénesis, fragmentación o embriogénesis. Según las condiciones ambientales y de supervivencia en que se encuentren los adultos, optarán por un método reproductivo y otro (Roldan 2020).

1.6.8. Ciclo de vida y alimentación

El ciclo de vida que presentan los nematodos depende de manera muy particular de su hábitat o si son formas libres o parásitas. En las formas libres, regularmente perpetran unas cuatro mudas de piel a lo largo de su vida. Se

alimentan de materiales diversos, completando con algas, hongos, animales pequeños, materia fecal y restos de otros animales (Recio 2016).

1.6.9. Presencia de nemátodos en arroz de regadío en el Ecuador

Según investigaciones realizadas por el INIAP, hasta la actualidad todas las variedades comerciales e híbridos que se siembran en Ecuador y las líneas que mantiene el banco de germoplasma del Programa de Arroz de este Instituto de Investigación, son susceptibles a nematodos lesionadores de raíces (Información personal de la Dra. Triviño, 2019).

En el Ecuador los primordiales problemas de nematodos que se llegan a presentar en cultivo de arroz, en condiciones de regadío, están ubicados en la Provincia del Guayas y Los Ríos, jugando un papel muy importante y que sus pérdidas en el rendimiento podrían estar en un promedio del 90%, por lo que los nematodos presentan gran importancia económica y los más comunes se dan en los campos arroceros de regadío estos pueden ser: Los lesionadores de raíces, *Hirschmanniella oryzae* y *Meloidogyne graminícola*, seguido del lesionador de hojas y granos *Aphelenchoides besseyi* (Vera 2014).

Hirschmanniella oryzae es un nematodo lesionador de raíz se encuentra de manera más común en el arroz de regadío, precisamente en áreas con una larga historia del cultivo donde las plantas se inundan continuamente, este nemátodo se acomoda perfectamente a las constantes condiciones de inundación en las que a menudo se encuentra llevado el cultivo arroz, *Hirschmanniella oryzae* es una de las pocas especies de nemátodo lesionador de raíz de las plantas que puede sobrevivir a la ausencia completa o temporal de oxígeno elemental gaseoso o disuelto en un ambiente determinado. (Unknown 2016).

1.6.10. Taxonomía del nematodo lesionador de raíz (*Hirschmanniella oryzae*).

A continuación, se describe la clasificación taxonómica del nematodo lesionador de raíz (*Hirschmanniella oryzae*) (Bauters et al. 2020).

Nombre científico: *Hirschmanniella oryzae*

Nombre común: nematodo de la raíz del arroz

Dominio: Eucariota

Reino: Metazoa

Filo: Nematoda

Familia: Pratylenchidae

Género: *Hirschmanniella*

Hirschmanniella oryzae es un nemátodo parasitario de plantas, de manera más común en el arroz de regadío, especialmente en áreas que son inundadas 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 (Carvajal y Moya 2010).

1.6.11. Características

Es un endoparásito migratorio, las hembras, machos y juveniles tienen forma de lombriz, estos nemátodos oscilan de entre 0,9, 4,0 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 hallan en el tercio posterior de

la cola que son de tres a cinco veces más largo que el ancho del 12 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 (Bongers y Esquivel 2015).

1.6.12. Ciclo de vida

Hirschmanniella oryzae posee 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 se encuentran dentro de la raíz (Ordoñez 2020).

Durante su etapa de 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 (Coyne y Verdejo 2017).

1.6.13. Síntomas y Daños

Los síntomas de la infección no se identifican fácilmente en los tejidos por encima del suelo, de tal manera que los eventos durante una infección en el arroz han sido bien estudiados. Se ha demostrado que *Hirschmanniella oryzae* puede penetrar en cualquier lugar a lo largo de las raíces, excepto en las puntas o en las raíces laterales delgadas (Sen 2019).

Los nemátodos 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 *Hirschmanniella 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).

Las raíces enfermas pueden mostrar primero un color amarillento a marrón que luego se oscurecen, y las raíces muy infectadas se descomponen 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 (Icochea 2016).

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 (García et al. 2020).

Presentan menos macollas, deficiente llenado de granos, pudiendo causar una pérdida de rendimiento del 10-36%. *Hirschmanniella spp* sobrevive tanto en suelo húmedo como seco (Triviño y Col 2016).

Hirschmanniella oryzae siendo un endoparásito migratorio, en el momento que la raíz se necrosa, tiende a migrar buscando nuevas raíces de plantas vecinas e infectándolas; no obstante, su capacidad de permanecer inactivo en estado de huevos o juveniles en las raíces muertas de los rastrojos del arroz, lo vuelve mucho más peligroso (Paredes et al. 2021).

1.6.14. Manejo integrado

Según el concepto de manejo integrado de plagas y enfermedades en el campo se ha convertido en un mecanismo importante para la agricultura moderna (CropLife 2017).

El control de los nematodos y el daño que causan se puede llevar a cabo previniendo la infestación, suprimiendo las poblaciones, mitigando sus efectos o por la combinación de todas estas acciones de control que mencionaremos a continuación (Alvarado 2019).

1.6.14.1. Control cultural

En el control cultural de nematodos lesionadores de raíces podemos encontrar varios métodos de los cuales mencionare los más comunes:

Barbecho y rotación de cultivo

Debido a 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 nematodos (Mancilla 2017).

El barbecho y la rotación de cultivo, controlan de manera eficiente 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, (Talavera 2020).

Solarización

La solarización del suelo es un método de control particularmente eficaz en las zonas de elevada radiación solar, radica en un proceso hidrotérmico por el cual la temperatura del suelo, especialmente en las capas superficiales, resulta incrementada en varios grados durante parte del día (Elmore et al. 1995).

La técnica reside en poner 1 o 2 láminas de plástico transparente, donde se encuentren 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 (Smith 2017).

La solarización es más segura 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) totalmente perjudiciales para el cultivo, mientras que otros microorganismos (de naturaleza saprofita) sobreviven al proceso y colonizan el suelo evitando la fácil re infestación (Talavera 2020).

Plantas con productos alelopáticos

Según (Armendariz et al. 2015), en las nuevas investigaciones sobre el 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, 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.

Adición de Materia Orgánica y/o Biofumigación

La contribución de materia orgánica al suelo para incrementar la fertilidad y manejar los patógenos, se ha venido realizando desde el inicio 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 (Paredes et al. 2021).

Generalmente, cualquier material orgánico puede actuar como biofumigante dependiendo su actividad especialmente 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).

1.6.14.2. 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 ha promovido el desarrollo de nuevas estrategias de protección del cultivo siendo el control biológico una de las más importantes (INTAGRI 2015).

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, (Viera et al. 2020).

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).

El crecimiento 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 reproducen 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 et al. 2004).

Paecilomyces lilacinus

Es un hongo que controla fitonemátodos, este hongo parasita huevos, adultos y quistes de nemátodos. Además 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 (Abraham 2021).

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 (INTRIAGO 2010).

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 bastantes plagas. También son patógenos de insectos, 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 2020).

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, (Toro 2015).

T. harzianum es de fácil crecimiento, sus propágulos muestran coloración verde, producen hifas, clamidosporas y espora, 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 (Bauters et al. 2020).

Trichoderma harzianum es un agente de biocontrol el cual actúa afectando a los nemátodos de varias formas (Infante et al. 2009):

- 1) Parasitando directamente sobre los estadios de huevo y juvenil.
- 2) Produce metabolitos que afecta la viabilidad de los huevos invadidos por este hongo.

1.6.14.3. 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. En el cultivo de arroz pueden ser aplicados en semilleros y en el sitio definitivo de siembra, bajo las siguientes recomendaciones (Lezaun 2016).

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).

1.6.14.4. Nematicidas químicos

Metam sodio.

En el suelo este producto da principio al gas metil isotiocianato (MIT), gas que actúa en los organismos del suelo. Temperaturas entre 10 y 25 °C en el suelo permiten lograr un buen efecto fumigante. Suelos con pH neutro o ligeramente alcalino, obtienen mayor cantidad de MIT que suelos ácidos. Por otro lado, se efectúa un riego a capacidad de campo para estimular la actividad de los patógenos en el suelo. Las dosis del producto van de 300 a 600 L/ha, considerado un periodo de exposición de 18 a 21 días previo al trasplante (Intagri 2017).

Fostiazato.

Se puede emplear en la fumigación de 3-6 días antes del trasplante a razón de 10 L/ha. Es necesario mantener la humedad del suelo hasta el trasplante, con riegos cortos de ser necesario para que se mantenga la solución acuosa del suelo donde está diluido el producto.

Fluensulfone.

Emplear un riego de 10 m³ de agua/ha 48 horas antes de aplicar el producto. Posteriormente realizar la aplicación del producto en el sistema de riego por goteo 11 días antes del trasplante en aproximadamente 30 m³ de agua/ha. De este modo el producto actuará de contacto, al cabo de una hora los nematodos dejan de alimentarse y rápidamente se paralizan, obteniendo de 24 a 48 horas su mortalidad (Intagri 2017).

Se recomienda de 2 a 4 días después de la aplicación realizar un riego de 10 m³ de agua/ha como parte de la preparación del suelo previo al trasplante. Es importante no realizar aplicaciones posteriores al trasplante. La dosis del producto es de 2 L/ha.

1.6.14.5. Nematicidas orgánicos

Tirosina + fenilalanina.

Se localizan involucradas en la síntesis de la lignina, responsable de la lignificación de los tejidos de la raíz. También influyen en la síntesis de ácido salicílico, que participa en mecanismos de resistencia de la planta (SAR).

Quitosano + extractos vegetales.

Altera la permeabilidad de la membrana del nematodo provocando un desequilibrio en el metabolismo interno del mismo. De igual forma, bloquea el suministro de sustancias involucradas en su crecimiento (Infoagro 2018).

Extracto de gluten + saponinas.

Una fracción derivada de las saponinas produce efectos tóxicos a los nematodos, inquietando el sistema neurotransmisor a nivel del aparato digestivo. Debido al efecto anterior, el nematodo no se alimenta y reproduce, y llega a morir dentro del periodo de exposición.

Extracto de Quillay.

Compuesto por saponinas, polifenoles, sales y azúcares. Las saponinas de este extracto inducen cambios en la permeabilidad celular y conservan propiedades antifúngicas y antibacterianas. Las saponinas en sinergia con los polifenoles destruyen los lípidos importantes para el metabolismo de los nematodos (Intagri 2017).

1.6.15. Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos

Varios autores citados por Jiménez (1991) expresan que las poblaciones de nematodos tienden a aumentar y a disminuir a través del tiempo y son afectados tanto en número como en comportamiento por una serie de factores. Entre los factores que afectan las poblaciones de nematodos están:

- Las condiciones de clima y de Suelo.
- La fisiología de la planta.
- La presencia de otros organismos y las variaciones patogénicas del nematodo.

1.6.15.1. Las condiciones de Suelo

Según Jiménez (1991) los principales factores del medio ambiente (suelo) que afectan a los nematodos son, humedad, temperatura, textura y constitución del suelo,(Blanco 2008).

1.6.15.2. Humedad en el suelo

Cuando el contenido de agua en el suelo se restringe a una película envolvente de las partículas de este, es cuando se producen las mejores condiciones de humedad para la vida de los nematodos (Equivel 2015).

La extensa sequia puede aplacar o incluso matar al nematodo. De tal manera ocurre en el encharcamiento prolongado que por falta de oxígeno en el suelo se afecta el desarrollo de este organismo. Posiblemente el contenido de humedad óptimo de este se encuentre entre el 40 y 80 por ciento de la capacidad de retención del suelo (Blanco 2008).

1.6.15.3. Temperatura

La temperatura en el suelo tiene un significativo impacto sobre los nematodos. Se encarga de realizar afectaciones en las actividades como la puesta, reproducción, movimiento, desarrollo y supervivencia (Coyne y Verdejo 2017).

1.7. Hipótesis

Al realizar un estudio sobre la presencia del nematodo lesionador de raíces *Hirschmanniella oryzae* en el cultivo de arroz de regadío en el Ecuador, nos permitirá conocer cuáles son sus síntomas, su habitad, lo que servirá de gran ayuda para realizar posteriores métodos de control.

1.8. Metodología de la investigación

1.8.1. Modalidad de estudio

El método de investigativo de este documento práctico se realizara en la compilación bibliográfica de información obtenida de textos como revistas, artículos científicos, tesinas, tesis, páginas web e enciclopedia.

La información conseguida será sometida a técnicas de análisis y síntesis, con la finalidad de conocer sobre la presencia del nematodo lesionador de raíces *Hirschmanniella oryzae* en el cultivo de arroz de regadío en el Ecuador.

1.8.2. Métodos

Los métodos de estudio que serán aplicados en el presente trabajo de investigación son los siguientes:

- Deductivo: Este método nos permite explorar o deducir lógicamente los resultados de los problemas
- Inductivo: Por medio de este método se logran conclusiones generales a partir de hipótesis o antecedentes en particular que presente la investigación.

1.8.3. Factores de estudios

En la presente investigación tenemos como factores de estudio los siguientes parámetros:

- Cultivo de arroz
- *Hirschmanniella oryzae*
- Síntomas
- Control

CAPITULO II

RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente trabajo investigativo tiene como propósito compilar información sobre la presencia del nematodo lesionador de raíces *Hirschmanniella oryzae* en el cultivo de arroz de regadío en el Ecuador.

El nematodo lesionador de raíz *Hirschmanniella oryzae* son capaces de adaptarse en diferentes habitad pero con mayor frecuencia en los cultivos de arroz de regadío, debido a esto es necesario conocer sobre la presencia del nematodo para mitigar los daños que pueda ocasionar en la producción del cultivo.

2.2. Situaciones detectadas

Durante el periodo del trabajo investigativo se pudo detectar que son escasos los estudios realizados sobre la presencia del nematodo lesionador de raíz *Hirschmanniella oryzae* en el cultivo de arroz en el Ecuador.

Hirschmanniella oryzae es un nemátodo parasitario de plantas, de modo más común en el arroz de regadío, específicamente en áreas que son inundadas 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.

Se puede realizar varios métodos de control para nematodos lesionadores de raíces en el cultivo de arroz entre ellos los más comunes controles químicos, biológicos y culturales.

2.3. Situaciones planteadas

Es de suma importancia dar a conocer a los pequeños y medianos agricultores del Ecuador sobre la presencia del nematodo lesionador de raíz *Hirschmanniella oryzae* en el cultivo de arroz ya que podemos realizar un control y así minimizar los daños que pueda causar al rendimiento del cultivo.

Concientizar a los agricultores para que realicen buenas técnicas agrícolas, para mejorar la rentabilidad del cultivo de arroz.

Realizar estudios sobre la presencia de nematodos lesionadores de raíz en el Ecuador en los cultivos de arroz de regadío para dar a conocer los daños que pueden llegar a ocasionar la presencia del mismo en la producción agrícola.

CONCLUSIONES

Por la presente información recopilada en la siguiente investigación se concluye:

Es de suma importancia brindarles información a los agricultores que se dedican a la producción de arroz en condiciones de riego, la extensión de las pérdidas económicas que puede llegar ocasionar el nematodo lesionador de raíz *Hirschmanniella oryzae* en el cultivo de arroz, también los síntomas que presentan en las plantas afectadas y así realizar un método de control acorde a la sintomatología.

Se ha presentado casos donde los pequeños y medianos agricultores relacionan los síntomas de nematodos lesionadores de raíz con otras plagas o deficiencia de nutrientes, lo que ha permitido llevar a cabo estudios agrícolas erróneos con resultados drásticas en los cultivos de arroz.

Se estableció que existen etapas de desarrollo de las plantas de arroz de regadío, que de ser afectadas por *Hirschmanniella oryzae*, se obtendrá consecuencias negativas en la producción.

La realización de métodos de control químico, cultural y biológicos forman parte de un combate oportuno para los nematodos lesionadores de raíces en el

cultivo de arroz de regadío en el Ecuador, permitiendo una disminución de *Hirschmanniella oryzae* en las áreas de producción.

RECOMENDACIONES

Por las conclusiones anteriormente mencionadas se recomienda:

Capacitar a todos los pequeños y medianos agricultores, de manera especial los productores de arroz de regadío sobre la presencia del nematodo lesionador de raíz *Hirschmanniella oryzae* en el cultivo de arroz para el mejoramiento de la producción en el Ecuador.

Ejecutar los respectivos estudios antes de implementar el cultivo, debido a que es un método preventivo que no debería faltar al momento de realizar un cultivo.

Realizar la rotación de los cultivos para evitar que se desarrolle una resistencia del nematodo lesionador de raíz que pueda afectar la producción del cultivo.

Efectuar constantes monitoreos al cultivo con la finalidad de detectar de manera eficaz la presencia de nematodo lesionador de raíz *Hirschmanniella oryzae* y poder realizar los debidos métodos de control cultural, químico y biológico a tiempo.

Ejecutar estudios más específicos sobre la presencia de los nematodos lesionadores de raíz en el Ecuador en el cultivo de arroz, y así brindar información a los pequeños y medianos agricultores.

BIBLIOGRAFÍA

Abraham. 2021. Nematodos (en línea, sitio web). Consultado 24 sep. 2021. Disponible en <https://www.innovakglobal.com/nematodos/>.

Agrotendencia. 2018. Cultivo de arroz (en línea, sitio web). Consultado 14 sep. 2021. Disponible en <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-arroz/>.

Alvarado, Á. 2019. Cómo combatir los nemátodos (en línea, sitio web). Consultado 24 sep. 2021. Disponible en <https://www.fertibox.net/single-post/como-combatir-los-nematodos>.

Bauters, L; Kyndt, T; Meyer, TD; Morreel, K; Boerjan, W; Lefevere, H; Gheysen, G. 2020. Chorismate mutase and isochorismatase, two potential effectors of the migratory nematode *Hirschmanniella oryzae*, increase host susceptibility by manipulating secondary metabolite content of rice (en línea). *Molecular Plant Pathology* 21(12):1634-1646. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.13003>.

Blanco, EA. 2008. AL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L) EN LA REGIÓN (en línea). :108.

Bongers, DT; Esquivel, MA. 2015. MORFOLOGÍA DE LOS NEMATODOS (en línea). :42. Disponible en <http://nemaplex.ucdavis.edu/Courseinfo/Curso%20en%20Español/Costa%20Rica%20Course/Esquivel%20ManualIdentif%202015.pdf>.

Cadena, D. 2021. Sustentabilidad de fincas productoras de arroz bajo riego en el cantón Babahoyo, Ecuador. (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2021. Disponible en <http://190.119.243.88/bitstream/handle/UNALM/4878/cadena-piedrahita-dalton-leonardo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

Carvajal; Moya, J. 2010. Nematodos asociados con cultivos de arroz en Huila y Tolima (en línea). :4. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v28n3/v28n3a26.pdf>.

Castro. 2020. Presentacion de los principales resultados ESPAC 2019.pdf (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2021. Disponible en https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf.

Coyne, DL; Verdejo. 2017. Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio (en línea). Integrated Pest Management :93. Disponible en http://www.bioquிரama.com/pdf/_MANUAL.pdf.

CropLife. 2017. Manejo Integrado de Plagas: Enfoque de responsabilidad en la producción (en línea, sitio web). Consultado 24 sep. 2021. Disponible en <https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/manejo-integrado-de-plagas-enfoque-de-responsabilidad-en-la-produccion>.

Darban, DA; Pembroke, B; GOWEN, S. 2004. The relationships of time and temperature to body weight and numbers of endospores in *Pasteuria penetrans*-infected *Meloidogyne javanica* females. *Nematology* 6:33-36. DOI: <https://doi.org/10.1163/156854104323072892>.

Elmore, C; Fernández, E; Munro, D. 1995. SOIL SOLARIZATION, A NON-PESTICIDAL METHOD FOR CONTROLLING DISEASES, NEMATODES AND WEEDS 23 (en línea). :53. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Methyl_Bromide/sol_al.pdf.

Equivel, A. 2015. Influencia del suelo sobre las poblaciones de nematos (en línea, sitio web). Consultado 24 sep. 2021. Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_X/a50-2388-III_057.pdf.

FAO. 2017. Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. :530.

García, EL; Litardo, RM; Moran, EH; Mora, FC. 2020. Incidencia de Meloidogyne graminicola en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) en la provincia de Los Ríos (en línea). Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación. ISSN 2528-8083 5(CININGEC):110-121. Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1001>.

Icochea, TA de. 2016. Enfermedades fungosas y bacterianas de raíces y tubérculos andinos. Lima, Peru, Centro Internacional de la Papa.

Infante, D; Martínez, B; González, N; Reyes, Y. 2009. MECANISMOS DE ACCIÓN DE Trichoderma FRENTE A HONGOS FITOPATÓGENOS (en línea). Revista de Protección Vegetal 24(1):14-21. Consultado 24 sep. 2021. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1010-27522009000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

Infoagro. 2018. Agricultura. El cultivo del arroz. 1ª parte. (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2021. Disponible en <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>.

_____. 2020. Uso de Paecilomyces lilacinus para control de nematodos - InfoAgronomo (en línea, sitio web). Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <https://infoagronomo.net/uso-de-paecilomyces-lilacinus-para-control-de-nematodos/>.

INTAGRI. 2015. Control Biológico de Nemátodos Fitopatógenos | Intagri S.C. (en línea, sitio web). Consultado 18 sep. 2021. Disponible en

<https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/control-biologico-de-nematodos-fitopatogenos>.

Intagri. 2017. Control de Nematodos desde una Perspectiva Integral | Intagri S.C. (en línea, sitio web). Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/control-de-nematodos-desde-una-perspectiva-integral>.

INTRIAGO, DAM. 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. s.l., INIAP Archivo Historico. 116 p.

Laya, V. 2021. Arroz: Morfología y partes de la planta (en línea, sitio web). Consultado 14 sep. 2021. Disponible en <https://agroeps.com.ve/blog/conceptos/arroz-morfologia-y-partes-de-la-planta/>.

Lesdasa. 2018. ECUADOR (en línea, sitio web). Consultado 31 ago. 2021. Disponible en <https://www.lesdasa.com/produccion-de-arroz/>.

Lezaun, J. 2016. Nematodos Fitoparásitos (en línea, sitio web). Consultado 24 sep. 2021. Disponible en <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/nematodos-fitoparasitos>.

_____. 2016. Nematodos Fitoparásitos (en línea, sitio web). Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/nematodos-fitoparasitos>.

Lozano, EMM. 2016. La producción de arroz en el Ecuador. :85.

Mancilla, C. 2017. Impacto ambiental de la aplicación de plaguicidas (en línea, sitio web). Consultado 24 sep. 2021. Disponible en https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/9752/tesis-irnr-mansilla-ferro-carolina-2017.pdf.

Medina, N. 2009. Morfología de la Planta de Arroz (en línea). :16. Disponible en https://betuco.be/rijst/Morfologia_planta_arroz.pdf.

Menendez, I. 2018. El arroz, origen, propiedades y beneficios (I) | Clínica Internacional Siboney (en línea, sitio web). Consultado 21 sep. 2021. Disponible en <https://instituciones.sld.cu/cis/2018/01/30/el-arroz-origen-propiedades-y-beneficios-i/>.

Ordoñez, J. 2020. "Control integrado de nemátodos en el cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.), bajo condiciones de riego en el Ecuador" (en línea, sitio web). Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8027/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000079.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Paredes, JEL; Gilces, CGT; Soto, MEM; Padrón, AMC. 2021. Diagrama causal del efecto biocontrolador de la bacteria *Pasteuria* sp. sobre el nematodo fitoparásito *Hirschmanniella* spp. en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) (en línea). Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación 5(38):70-85. DOI: <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol5iss38.2021pp70-85>.

Piedrahita, ÓAG; Zapata, JC; Estrada, BV. 2012. PRINCIPALES NEMATODOS FITOPARÁSITOS Y SÍNTOMAS OCASIONADOS EN CULTIVOS DE IMPORTANCIA ECONÓMICA. :13.

Quispe, I. 2015. Taxonomía del arroz (en línea). s.l., s.e. Consultado 24 sep. 2021. Disponible en <https://es.slideshare.net/IngridUsca/taxonoma-del-arroz>.

Ramirez, L. 2017. "Evaluación de la capacidad hospedera de la Chía (*Salvia hispanica*) a los nematodos *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne graminicola* y *Pratylenchus* sp", bajo condiciones controladas (en línea, sitio web). Consultado 24 sep. 2021. Disponible en <https://docplayer.es/131361342-Universidad-tecnica-de-babahoyo.html>.

Recio, G. 2016. Nematodos, características y ejemplos (en línea, sitio web). Consultado 21 sep. 2021. Disponible en <https://invertebrados.paradisisphynx.com/nematodos/nematodos-caracteristicas.htm>.

Roldan, L. 2020. Qué son los NEMATODOS: Características, Clasificación y Ejemplos (en línea, sitio web). Consultado 21 sep. 2021. Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-nematodos-caracteristicas-clasificacion-y-ejemplos-2556.html>.

Rubia, M. 2003. Manual de Nematología Agrícola (en línea, sitio web). Consultado 21 sep. 2021. Disponible en <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=CNTSP722ZI4569&id=4569>.

Sen, D. 2019. One new and two known species of tylenchida (Nematoda) from West Bengal, India. JOURNAL OF ENTOMOLOGY AND ZOOLOGY STUDIES 7:1059-1066.

Smith, G. 2017. Código de Agricultura Sostenible (en línea, sitio web). Consultado 24 sep. 2021. Disponible en https://www.unilever.com/Images/implementation-guide-sac-2017---spanish_tcm244-525056_1_en.pdf.

Soto, J. 2019. "Manejo del nitrógeno en el cultivo de arroz, basado en la sostenibilidad". (en línea, sitio web). Consultado 24 sep. 2021. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6013/E-UTB-FACIAGING%20AGRON-000129.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Talavera, M. 2020. s.l., s.e. Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=CNTSP722ZI4569&id=4569>.

Talavera, M; Salmerón, T; Chiroso-Ríos, M; Fernández, MM; Verdejo-Lucas, S. 2014. Nematodos fitoparásitos en cultivos hortícolas. s.l., s.e.

Toro, OAA. 2015. COMPORTAMIENTO DE Trichoderma sp. BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE LABORATORIO (en línea). :64. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24264/1/Tesis-139%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20434.pdf>.

Unknown. 2016. DAÑOS EN LOS CULTIVOS OCASIONADOS POR NEMATODOS FITOPARÁSITOS: SINTOMAS CAUSADOS POR NEMATODOS FITOPARASITOS (en línea, sitio web). Consultado 24 sep. 2021. Disponible en <http://escarlingomez.blogspot.com/2016/10/sintomas-causados-por-nematodos.html>.

Vera, MA. 2014. Eficacia de Nematon y Paecilomyces lilacinus en el desarrollo vegetativo de la planta de arroz y manejo de Meloidogyne graminicola en condición de invernadero. :82.

Viera, WF; Tello-Torres, CM; Martínez-Salinas, AA; Navia-Santillán, DF; Medina-Rivera, LA; Delgado-Párraga, AG; Perdomo-Quispe, CE; Pincay-Verdezoto, AK; Báez-Cevallos, FJ; Vásquez-Castillo, WA; Jackson, T. 2020. Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador (en línea). *Journal of the Selva Andina Biosphere* 8(2):128-149. Consultado 24 sep. 2021. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2308-38592020000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es.